

Научный обзор

УДК 616.12-008.1

DOI: 10.17816/pmj40674-89

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ В РАННЕМ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ПОРОКА У ДЕТЕЙ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ С ДЕФЕКТОМ МЕЖЖЕЛУДОЧКОВОЙ ПЕРЕГОРОДКИ

*П.В. Лазарьков<sup>1,2\*</sup>, Е.Н. Орехова<sup>1</sup>, Я.Б. Ховаева<sup>1</sup>, В.А. Белов<sup>1,2</sup>, О.В. Соловьев<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера,

<sup>2</sup> Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии имени С.Г. Суханова, г. Пермь,

<sup>3</sup> Кировский государственный медицинский университет, Российская Федерация

## POSSIBILITIES OF PREDICTING EARLY POSTOPERATIVE COMPLICATIONS AFTER SURGICAL CORRECTION IN INFANTS OF THE FIRST YEAR OF LIFE WITH VENTRICULAR SEPTAL DEFECT

*P.V. Lazarkov<sup>1,2\*</sup>, E.N. Orekhova<sup>1</sup>, Ya.B. Khovaeva<sup>1</sup>, V.A. Belov<sup>1,2</sup>, O.V. Soloviev<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>E.A. Vagner Perm State Medical University,

<sup>2</sup>S.G. Sukhanov Federal Center for Cardiovascular Surgery, Perm,

<sup>3</sup>Kirov State Medical University, Russian Federation

---

**Цель.** Изучить эхокардиографические показатели у детей первого года жизни с дефектом межжелудочковой перегородки (ДМЖП) в раннем послеоперационном периоде после хирургической коррекции порока.

**Материалы и методы.** Обследовано 205 детей с ДМЖП. Проведено комплексное обследование до операции, через 6, 24 ч и на 10-е сут после операции. Группа контроля – 125 здоровых детей.

---

© Лазарьков П.В., Орехова Е.Н., Ховаева Я.Б., Белов В.А., Соловьев О.В., 2023

тел. +7 963 872 62 93

e-mail: pvlazarkov@gmail.com

[Лазарьков П.В. (\*контактное лицо) – аспирант кафедры госпитальной терапии и кардиологии, сердечно-сосудистый хирург; Орехова Е.Н. – доктор медицинских наук, доцент кафедры госпитальной терапии и кардиологии; Ховаева Я.Б. – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой внутренних болезней и семейной медицины; Белов В.А. – главный врач; Соловьев О.В. – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой факультетской терапии].

© Lazarkov P.V., Orekhova E.N., Khovaeva Ya.B., Belov V.A., Soloviev O.V., 2023

tel. +7 963 872 62 93

e-mail: pvlazarkov@gmail.com

[Lazarkov P.V. (\*contact person) – postgraduate student of the Department of Hospital Therapy and Cardiology, cardiovascular surgeon; Orekhova E.N. – MD, PhD, Associate Professor, Department of Hospital Therapy and Cardiology; Khovaeva Ya.B. – MD, PhD, Professor, Head of the Department of Internal Diseases and Family Medicine; Belov V.A. – Chief Physician; Soloviev O.V. – MD, PhD, Professor, Head of the Department of Faculty Therapy].

**Результаты.** В раннем послеоперационном периоде миокардиальная дисфункция была выявлена в 30,2 % случаев ( $n = 62$ ). Пациенты дольше находились на искусственной вентиляции лёгких ( $p = 0,04$ ), более длительно пребывали в отделении интенсивной терапии ( $p = 0,002$ ) и стационаре ( $p = 0,004$ ). Выявлены переменные, прогнозирующие послеоперационную миокардиальную дисфункцию: индекс площади ДМЖП (ОШ = 2,7;  $p = 0,00001$ ), продольная деформация левого желудочка ( $S_{LV}$ ; ОШ = 2,69;  $p = 0,00001$ ), продольная деформация свободной стенки правого желудочка ( $S_{RV}$ ; ОШ = 1,04;  $p = 0,0001$ ) и среднее расчётное давление в лёгочной артерии (ОШ = 1,6;  $p = 0,0001$ ).

**Выводы.** После операции миокардиальная дисфункция выявлена в 30,2 % случаев.  $S_{LV}$  и  $S_{RV}$  у детей с миокардиальной дисфункцией демонстрируют ухудшение контрактильности желудочков раньше, чем традиционные показатели систолической функции. Дооперационные  $S_{LV} > \leftarrow$  12 %,  $S_{RV} > \leftarrow$  6 %, индекс площади ДМЖП  $> 100,5 \text{ мм}^2/\text{м}^2$ , среднее расчётное давление в лёгочной артерии  $> 38 \text{ мм рт. ст.}$  являются независимыми предикторами осложнений, сопровождающихся миокардиальной дисфункцией в первые сутки после закрытия ДМЖП. 4. Осложнения, связанные с миокардиальной дисфункцией, ассоциированы с более длительной ИВЛ, продолжительностью пребывания в отделении интенсивной терапии и стационаре.

**Ключевые слова.** Дефект межжелудочковой перегородки, хирургическая коррекция, миокардиальная дисфункция, послеоперационные осложнения, прогностические ЭКГ-критерии.

**Objective.** To study the echocardiographic (Echo-CG) indicators in infants of the first year of life with ventricular septal defect (VSD) in the early postoperative period after surgical correction of the defect.

**Materials and methods.** Examination of 205 infants with VSD was carried out. Complex examination before the surgery, 6, 24 hours and the day 10<sup>th</sup> after the surgery was fulfilled.

**Results.** In the early postoperative period, myocardial dysfunction (MD) was detected in 30.2 % of cases ( $n = 62$ ). The patients were longer subjected to artificial lung ventilation ( $p = 0.04$ ), had a longer period of staying in the intensive care unit ( $p = 0.002$ ) and hospital ( $p = 0.004$ ). The data, predicting the postoperative MD were revealed including VSD area index (OR 2.7;  $p = 0.00001$ ), longitudinal deformation of the left ventricle ( $S_{LV}$ ; OR 2.69;  $p = 0.00001$ ), longitudinal deformation of the free wall of the right ventricle ( $S_{RV}$ ; OR 1.04;  $p = 0.0001$ ) and the average estimated pressure in the lung artery (OR 1.6;  $p = 0.0001$ ).

**Conclusions.** 1. After the surgery, MD was detected in 30.2 % of cases. 2.  $S_{LV}$  and  $S_{RV}$  in infants with MD demonstrate the aggravation of ventricular contractility earlier than traditional indicators of the systolic function. 3. Preoperative  $S_{LV} > \leftarrow$  12 %,  $S_{RV} > \leftarrow$  6 %, VSD area index  $> 100,5 \text{ мм}^2/\text{м}^2$ , average estimated pressure in the lung artery  $> 38 \text{ мм Hg}$  are independent predictors of complications accompanied by MD during the first day after the VSD closure. 4. Complications, connected with longer ALV, are associated with duration of staying in the intensive care unit and hospital.

**Keywords.** Ventricular septal defect, surgical correction, myocardial dysfunction, postoperative complications, prognostic ECG-criteria.

## ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на оптимистичные результаты хирургической коррекции дефекта межжелудочковой перегородки (ДМЖП), развитие миокардиальной дисфункции может осложнить течение раннего послеоперационного периода [1–15]. В литературе описано множество клинических сценариев миокардиальной дисфункции, развивающихся непосредственно после закрытия ДМЖП: синдром низкого сердечного выброса (СНСВ), синдром

правожелудочковой дисфункции (СПЖД), синдром миокардиального повреждения (МП), аритмический синдром [1; 3; 12–14]. Послеоперационная дисфункция миокарда имеет широкий спектр установленных причин и патогенетических механизмов, но факторы риска и предикторы её развития остаются до конца не изученными [1; 15; 16]. Данные исследователей показывают, что сохраняющаяся в ряде случаев миокардиальная дисфункция, особенно правого желудочка (ПЖ), в отдаленном периоде может стать ве-

душей причиной субоптимального результата коррекции порока [3; 17]. Следовательно, тщательная динамическая оценка функции левого желудочка (ЛЖ) и ПЖ у детей с ДМЖП в до- и послеоперационном периоде является актуальной клинической задачей.

В повседневной клинической практике эхокардиография (ЭхоКГ) остаётся методом первой линии [6; 8]. Однако использование конвенциональных ЭхоКГ-показателей у детей с ДМЖП может предоставлять неполную функциональную информацию, так как гемодинамика порока, связанная с изменёнными условиями пред- и постнагрузки, может маскировать имеющуюся желудочковую дисфункцию [15; 17]. Ультразвуковые параметры продольной деформации (*strain* и *strain rate*) все чаще используются как универсальные маркёры нарушений контрактильности миокарда обоих желудочков у детей [4; 6; 8; 17]. Но насколько дооперационные значения ЭхоКГ-показателей связаны с риском развития миокардиальной дисфункции у детей первого года жизни с ДМЖП, как меняются эти переменные после хирургической коррекции порока и какова их предсказательная ценность для развития синдромов, связанных с миокардиальной дисфункцией, – остаётся не выясненным.

*Цель исследования* – изучить эхокардиографические (ЭхоКГ) показатели как возможные прогностические критерии развития осложнений, связанных с миокардиальной дисфункцией у детей первого года жизни с дефектом межжелудочковой перегородки (ДМЖП), в раннем послеоперационном периоде после хирургической коррекции порока.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование выполнено на базе ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой

хирургии имени С.Г. Суханова» МЗ РФ (г. Пермь). Протокол исследования и форма информированного согласия на участие в исследовании одобрены локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера Минздрава РФ (протокол № 3). Письменное добровольное информированное согласие на участие в исследовании получено от родителей всех детей. Все данные получены проспективно. Последовательно включались поступающие в стационар дети от одного месяца до года с изолированным перимембранозным ДМЖП при наличии следующих критериев: отношение легочного к системному кровотоку ( $Qp/Qs$ )  $\geq 1,5$ ; 1, отсутствие сопутствующей патологии, согласие на участие в исследовании. Критерии исключения: предшествующий паллиативный этап коррекции; другие ВПС; вес при рождении менее 2 кг; гестационный возраст при рождении менее 36 недель. Группа сравнения – 125 клинически здоровых детей, сопоставимых с обследованными пациентами по полу, возрасту, весу, росту, площади поверхности тела (ППТ, базовые характеристики детей представлены в табл. 1). Пациенты обследовались в соответствии с клиническими рекомендациями [5]. Для оценки миокардиального повреждения определяли плазменный уровень тропонина I (TN-I) (норматив 0,034–0,120 нг/мл). Трансторакальную ЭхоКГ выполняли на ультразвуковом сканере Acuson SC 2000 в соответствии с принятыми стандартами и протоколами [4; 6–9; 11; 18]. Все параметры оценивались в динамике: до операции, через 6 ч, через сутки и через 10 дней после операции. Закрытие ДМЖП выполнялось в условиях искусственного кровообращения и кардиоплегической остановки сердца. Для защиты миокарда и остановки сердца использовались два типа растворов: официальный «Кустодиол» (в 50,2 % случаев,  $n = 103$ ) и кровяная тепловая кардиopleгия («Дель Нидо», 49,7 % случаев,  $n = 102$ ). Изучались

Таблица 1

## Клинические и ЭхоКГ характеристики пациентов в группах сравнения

Показатель, единицы измерения	Пациенты с ДМЖП ( <i>n</i> = 206), <i>Me</i> [25; 75-й процентиля]	Клинически здоровые дети ( <i>n</i> = 125), <i>Me</i> [25; 75-й процентиля]	Результат Mann – Whitney <i>U</i> Test: <i>Z</i> ( <i>p</i> ) или <i>p</i> (chi-square)
Возраст, мес.	5 [3; 7]	5,9 [3; 9]	<i>U</i> = 11300,5; <i>Z</i> = -1,7 ( <i>p</i> = 0,07)
Вес, кг	5,8 [5; 7]	6,3 [4,2; 8]	<i>U</i> = 12446; <i>Z</i> = -0,4 ( <i>p</i> = 0,66)
ППТ, м <sup>2</sup>	0,31 [0,27; 0,34]	0,33 [0,2; 0,37]	<i>U</i> = 33326,5; <i>Z</i> = -0,7 ( <i>p</i> = 0,47)
Пол, % / <i>n</i> мальчиков	57,07 % / 117	56,8 % / 71	<i>P</i> = 0,97
ЧСС, мин	133 [128; 141]	124 [111; 135]	<i>U</i> = 7417; <i>Z</i> = 6,4 ( <i>p</i> = 0,0001) *
<i>P</i> <sub>тр</sub> ЛА, мм рт. ст.	34 [29,9; 38,7]	11,4 [10; 13,8]	<i>U</i> = 126; <i>Z</i> = 15 ( <i>p</i> = 0,00001) *
Ф.к. СН, Ross % ( <i>n</i> )	I ф.к. – 7,8 % ( <i>n</i> = 16) II ф.к. – 61,4 % ( <i>n</i> = 126) III ф.к. – 30,7 % ( <i>n</i> = 63)	–	–
Индекс площади ДМЖП, мм <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	89 [60; 121,5]	–	–
Соотношение размера ДМЖП к ФК АК	0,9 [0,7; 1,1]	–	–
<i>Qp/Qs</i>	3 [2,4; 3,8]	–	–
Пиковый межжелудоч- ковый градиент, мм рт. ст.	19 [14; 23]	–	–
Индекс КСО ЛЖ, мл/м <sup>2</sup>	27,06 [20,8; 34]	28,7 [20,2; 35]	<i>U</i> = 12601; <i>Z</i> = -0,26 ( <i>p</i> = 0,8)
Индекс КДО ЛЖ, мл/м <sup>2</sup>	46,2 [37,8; 53,2]	63 [55; 73]	<i>U</i> = 4546; <i>Z</i> = -9,8 ( <i>p</i> = 0,00001) *
ФВ ЛЖ, %	66 [61; 69]	65 [63; 70]	<i>U</i> = 12620; <i>Z</i> = -0,2 ( <i>p</i> = 0,81)
УИ, мл/м <sup>2</sup>	20,7 [17; 25,8]	41,2 [36,9; 47,4]	<i>U</i> = 1098; <i>Z</i> = -13 ( <i>p</i> = 0,00001) *
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	2,39 [1,95; 2,85]	4,63 [3,8; 5,3]	<i>U</i> = 1002; <i>Z</i> = -14 ( <i>p</i> = 0,00001) *
<i>S</i> <sub>LV</sub> , %	↔ 14,6 [↔ 17,9; ↔ 11,6]	↔ 20,3 [↔ 16; ↔ 21]	<i>U</i> = 2544; <i>Z</i> = 12,2 ( <i>p</i> = 0,00001) *
<i>SR</i> <sub>LV</sub> , с <sup>-1</sup>	↔ 0,87 [↔ 1,03; ↔ 0,61]	↔ 0,96 [↔ 1,12; ↔ 0,86]	<i>U</i> = 8550; <i>Z</i> = 5,07 ( <i>p</i> = 0,00001) *
Е/А ЛЖ	1,1 [1–1,3]	1,05 [1; 1,1]	<i>U</i> = 9261; <i>Z</i> = 4,2 ( <i>p</i> = 0,002) *
Е/е <sub>м</sub>	8,1 [5; 12,8]	3,9 [3,4; 4,5]	<i>U</i> = 3890; <i>Z</i> = 10,6 ( <i>p</i> = 0,000001) *
Е/А ПЖ	0,9 [0,8; 1]	0,96 [0,9; 1]	<i>U</i> = 8981; <i>Z</i> = -5,5 ( <i>p</i> = 0,012) *
Е/е <sub>п</sub>	9 [7; 10]	3,1 [2,3; 3,7]	<i>U</i> = 860; <i>Z</i> = 14,2 ( <i>p</i> = 0,001) *
Диаметр ПЖ, мм	16 [15; 16]	11 [10; 12]	<i>U</i> = 304; <i>Z</i> = 14,9 ( <i>p</i> = 0,001) *
TAPSE, мм	7 [5; 8]	12 [11; 13]	<i>U</i> = 1200; <i>Z</i> = 13,8 ( <i>p</i> = 0,001) *
ФИП ПЖ, %	35 [31; 40]	53 (49; 55)	<i>U</i> = 384,5; <i>Z</i> = 14,8 ( <i>p</i> = 0,001) *
<i>S</i> <sub>RV</sub> , %	↔ 7,32 [↔ 9; ↔ 5]	↔ 20,3 [↔ 21,5; ↔ 8,3]	<i>U</i> = 10; <i>Z</i> = 15,22 ( <i>p</i> = 0,001) *
<i>SR</i> <sub>RV</sub> , с <sup>-1</sup>	↔ 0,65 [↔ 0,92; ↔ 0,48]	↔ 1,5 [↔ 1,95; ↔ 1,1]	<i>U</i> = 2508; <i>Z</i> = 12,2 ( <i>p</i> = 0,001) *

Примечание: \* – различия между группами статистически значимы; ППТ – площадь поверхности тела; ДМЖП – дефект межжелудочковой перегородки; ф.к. – функциональный класс; СН – сердечная недостаточность; ФК АК – диаметр фиброзного кольца аортального клапана; *P*<sub>тр</sub> ЛА – среднее расчетное давление в лёгочной артерии; ЧСС – частота сердечных сокращений; индекс КСО ЛЖ – индекс конечно-систолического объёма левого желудочка; индекс КДО ЛЖ – индекс конечно-диастолического объёма ЛЖ; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка; УИ – ударный индекс; СИ – сердечный индекс; *S*<sub>LV</sub> – продольная деформация ЛЖ; *SR*<sub>LV</sub>, с<sup>-1</sup> – скорость продольной деформации ЛЖ; Е/А ЛЖ – соотношение пиков трансмитрального кровотока в фазу раннего и позднего диастолического наполнения ЛЖ; Е/е<sub>м</sub> – соотношение пиковой скорости раннего диастолического трансмитрального кровотока к пиковой скорости движения латеральной части фиброзного митрального кольца; Е/е<sub>п</sub> – соотношение пиковой скорости раннего диастолического трансмитрального кровотока к пиковой скорости движения латеральной части фиброзного трикуспидального кольца; ПЖ – правый желудочек; TAPSE – систолическая экскурсия фиброзного кольца трикуспидального клапана; ФИП ПЖ – фракционное измерение ПЖ; *S*<sub>RV</sub> – продольная деформация свободной стенки ПЖ; *SR*<sub>RV</sub> – скорость продольной деформации свободной стенки ПЖ.

интраоперационные переменные: вариант кардиоплегии, время искусственного кровообращения (ВИК, медиана (*Me*) 43 мин [38; 52]), длительность пережатия аорты (ДПА, *Me* 25 мин [21; 32]). Для характеристики осложнений, сопровождавшихся миокардиальной дисфункцией в раннем послеоперационном периоде у детей с ДМЖП, были оценены следующие синдромы: СНСВ (стойкое снижение СИ < 2 л/мин/м<sup>2</sup> в течение первых суток, сохраняющееся на фоне проводимой терапии, +/- признаки тканевой гипоперфузии, олигурия, метаболический ацидоз, инотропная поддержка или экстракорпоральная мембранная оксигенация, ЭКМО); СПЖД (гипотония, повышение ЦВД > 15 мм рт. ст. при отсутствии рентгенологических признаков застоя в легких, низкое давление наполнения ЛЖ, снижение TAPSE и/или ФИП ПЖ ниже исходных значений); синдром МП (стойкое повышение уровня TN-I, сохраняющее максимальные значения через 24 ч после операции, сопровождающееся изменениями на ЭКГ в виде элевации или депрессии сегмента ST более 1 мм в 2 и более смежных отведениях, снижение ФВ ЛЖ < 50 %); аритмический синдром (наджелудочковые или желудочковые нарушения ритма сердца, требующие кардиоверсии) [1; 12–16]. Анализировались: продолжительность искусственной вентиляции лёгких (ИВЛ), потребность в кардиотонической поддержке (инотропный индекс (ИИ) и вазоактивный инотропный индекс (ВИЗ) за 1-е сут после операции), продолжительность пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) и в стационаре, смерть.

Статистическую обработку результатов проводили в программе Statistica (версия 10) и MedCalc (версия 11.5.0.0). Непрерывные данные проверены с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. Количественные данные представлены как медиана (*Me*) и

межквартильный размах (25-й и 75-й процентиля [ $Q_{25}; Q_{75}$ ]). Описательный анализ был выполнен с использованием таблиц частот для категориальных переменных (chi-square, с поправкой Yates). Сравнение исходных количественных показателей исследуемой группы и здоровых детей с учетом распределения, проводилось с помощью *U*-критерия Манна – Уитни. Множественные сравнения количественных параметров проведены с использованием *H*-критерия Краскела – Уоллиса, а апостериорные сравнения – с применением теста Тьюки (Tukey HDS test). Корреляционный тест Спирмена использовался для оценки тесноты и направления связи между показателями (ранговый коэффициент корреляции –  $S_r$ ). Значения  $p < 0,05$  считались статистически значимыми. Проведен унивариантный регрессионный анализ для выявления значимых переменных (при  $p < 0,05$ ). Многофакторная логистическая регрессия для определения значимых предикторов. В качестве дихотомической зависимой переменной в логистической регрессии было выбрано наличие или отсутствие любого синдрома с миокардиальной дисфункцией. ROC-анализ для определения чувствительности, специфичности, точек разделения дооперационных ЭхоКГ-показателей, обнаруживших предиктивное значение для послеоперационной миокардиальной дисфункции.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Пациенты с ДМЖП до операции закономерно различались, по сравнению со здоровыми обследованными, по следующим параметрам (см. табл. 1): частоте сердечных сокращений, расчётному среднему давлению в ЛА, диаметру ПЖ, КДО и ЛЖ, УИ и СИ. Различий в показателях ФВ ЛЖ у детей с ДМЖП и здоровых не было, но продольная механика ЛЖ была значимо снижена у пациентов

с ДМЖП. У детей с ДМЖП выявлены более высокие показатели соотношений Е/А ЛЖ. Продольная механика свободной стенки ПЖ имели статистически значимые различия. Соотношения Е/А ПЖ и Е/е<sub>1</sub> были значимо выше, чем у здоровых обследованных. Значения TN-I (*Me* 0,03 нг/мл [0,02; 0,05]) у детей с ДМЖП не превышали до операции нормативный диапазон. Госпитальной летальности не было. Герметичное закрытие дефекта было достигнуто в 97,01 % случаев ( $n = 199$ ). Медиана продолжительности ИВЛ составила 20 ч, а ИВЛ более 24 ч потребовалась в 19 % случаев ( $n = 39$ ). За первые сутки после операции *Me* ИИ и *Me* ВИЗ не различались и составили 3. Медиана продолжительности пребывания в отделении интенсивной терапии составила 2 дня, потребность находиться в ОРИТ более 5 дней обнаружилась в 13 % случаев ( $n = 27$ ). Медиана длительности госпитализации составила 14 дней, необходимость в пребывании в стационаре более 18 дней была выявлена в 23,9 % случаев ( $n = 49$ ).

Динамика ФВ ЛЖ характеризовалась максимальным снижением через 24 ч (*Me* по сравнению с дооперационными значениями составила 27 %,  $p = 0,0001$ ) с достижением дооперационных значений к 10-м сут после операции (табл. 2). СИ снижался раньше, чем ФВ ЛЖ, максимально через 6 ч (*Me* снижения СИ по сравнению с дооперационными показателями составила 36 %,  $p = 0,00001$ ) и также нормализовался к 10-м послеоперационным суткам, даже превышая дооперационные значения. Продольная механика ЛЖ, как и СИ, демонстрировали самые низкие значения раньше, чем снизилась ФВ ЛЖ: уже через 6 ч после операции (по сравнению с дооперационными данными)  $S_{LV}$  снизился на 51 % ( $p = 0,0001$ ) а  $SR_{LV}$  на 38 % ( $p = 0,001$ ) с оптимизацией до предоперационных значений к 10-м сут после операции. TN-I статистически значимо возрос через 6 ч после операции с последующей нормализацией к 10-му дню

после операции. Концентрация тропонина через 6 ч после операции коррелировала с вариантом кардиopleгии ( $R_s = 0,38$ ;  $p = 0,04$ ), длительностью ИВЛ ( $R_s = 0,15$ ;  $p = 0,03$ ), продолжительностью пребывания в ОРИТ ( $R_s = 0,16$ ;  $p = 0,04$ ), индексом площади ДМЖП ( $R_s = 0,14$ ;  $p = 0,02$ ), а через сутки – с ВИК ( $R_s = 0,13$ ;  $p = 0,03$ ) и с ДПА ( $R_s = 0,25$ ;  $p = 0,02$ ). Параметры продольной механики свободной стенки ПЖ ( $S_{RV}$  снизился на 39 %, а  $SR_{RV}$  – на 22 % через 6 ч). Пиковое снижение TAPSE и ФИП ПЖ обнаружилось позже, через 24 ч (TAPSE снизился на 24 %, а ФИП ПЖ – на 26 %). Несмотря на тенденцию к улучшению, на 10-е послеоперационные сутки ФИП ПЖ и TAPSE не достигли исходного диапазона значений. В раннем послеоперационном периоде СНСВ выявлен у 6,3 % пациентов ( $n = 13$ ), в 1,46 % случаев ( $n = 3$ ) была использована ЭКМО (с последующим успешным отлучением через 96, 144, 168 ч). СИ через 24 ч после операции у пациентов с СНСВ составлял 1,4 против 2,66 л/мин/м<sup>2</sup> у детей без СНСВ ( $U = 211$ ;  $Z = 5$ ;  $p = 0,000001$ ). Следует также отметить, что снижение СИ по сравнению с дооперационными значениями обнаружено у 80,4 % пациентов ( $n = 165$ ), а снижение СИ менее 2 л/мин/м<sup>2</sup> выявлено у 34,6 % ( $n = 71$ ) через 6 ч после операции, однако лишь у 6,3 % из 205 пациентов были признаки тканевой гипоперфузии, гиперлактатемии, нестабильности гемодинамики, у остальных же – только ЭхоКГ-маркёры, отражающие снижение функции ЛЖ, и уже через сутки у них отмечена нормализация или повышение СИ выше 2 л/мин/м<sup>2</sup>. У пациентов с СНСВ ИИ в 1-е сут составил *Me* 5,9, а ВИЗ – 20,5, что существенно отличалось от потребности в инотропной и вазоактивной поддержке у детей без СНСВ. Пациенты с СНСВ и без него также значимо различались по концентрации лактата сыворотки в первые послеоперационные сутки: у пациентов с СНСВ *Me* составила 5,8, без СНСВ – 1,5 ммоль/л

Таблица 2

**Основные ЭхОКГ показатели и тропонин I у детей с дефектом межжелудочковой перегородки до операции и в раннем послеоперационном периоде**

Показатель, ед. измерения	До операции (I, n = 205)	Через 6 ч (II, n = 205)	Через 24 ч (III, n = 205)	Через 10 дней (IV, n = 205)	Kruskal – Wallis test, p (n = 820)	Tukey HSD test; Between MS
TN-I, нг/мл	0,03 [0,02; 0,05]	6 [5,4; 7,1]	4,3 [3,4; 5,7]	0,1 [0,1; 0,2]	H (3) = 703, p = 0,0001*	1,8, df = 816
Попарные сравнения	I–II p = 0,00008*	I–III p = 0,00008*	I–IV p = 0,25	II–III p = 0,00008*	II–IV p = 0,00008*	III–IV p = 0,00009*
ФВ ЛЖ, %	66 [61; 69]	55 [45; 60]	48 [40; 55]	52 [44; 58]	H (3) = 344, p = 0,0001*	84,8, df = 816
Попарные сравнения	I–II p = 0,00008*	I–III p = 0,00008*	I–IV p = 0,00008*	II–III p = 0,00008*	II–IV p = 0,8	III–IV p = 0,00009*
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	2,39 [1,95; 2,85]	1,52 [1,06; 2,08]	2,3 [1,7; 3,1]	3,01 [2,55; 3,6]	H (3) = 244, p = 0,0001*	7, df = 816
Попарные сравнения	I–II p = 0,00008*	I–III p = 0,63	I–IV p = 0,00008*	II–III p = 0,00008*	II–IV p = 0,00008*	III–IV p = 0,00008*
S <sub>дл</sub> , %	↔ 14,6 [↔ 17,9; ↔ 11,6]	↔ 3,5 [↔ 8; ↔ 2,5]	↔ 12,1 [↔ 16,1; ↔ 7,5]	↔ 15 [↔ 17,9; ↔ 12,4]	H (3) = 311, p = 0,0001*	17,9, df = 816
Попарные сравнения	I–II p = 0,00008*	I–III p = 0,00008*	I–IV p = 0,9	II–III p = 0,00008*	II–IV p = 0,00008*	III–IV p = 0,00008*
SR <sub>дл</sub> , с <sup>-1</sup>	↔ 0,87 [↔ 1,03; ↔ 0,61]	↔ 0,44 [↔ 1; ↔ 0,3]	↔ 0,65 [↔ 0,85; ↔ 0,48]	↔ 0,82 [↔ 1; ↔ 0,68]	H (3) = 121, p = 0,0001*	1, df = 816
Попарные сравнения	I–II p = 0,00008*	I–III p = 0,63	I–IV p = 0,7	II–III p = 0,18	II–IV p = 0,00008*	III–IV p = 0,00008*
S <sub>кв</sub> , %	↔ 7,32 [↔ 9; ↔ 5]	↔ 4 [↔ 8; ↔ 3]	↔ 5 [↔ 6; ↔ 4]	↔ 9 [↔ 12; ↔ 6]	H (3) = 190, p = 0,0001*	1, df = 816
Попарные сравнения	I–II p = 0,00008*	I–III p = 0,00008*	I–IV p = 0,00008*	II–III p = 0,84	II–IV p = 0,00008*	III–IV p = 0,00008*
SR <sub>кв</sub> , с <sup>-1</sup>	↔ 0,65 [↔ 0,92; ↔ 0,48]	↔ 0,44 [↔ 0,8; ↔ 0,26]	↔ 0,41 [↔ 0,54; ↔ 0,31]	↔ 0,55 [↔ 0,77; ↔ 0,32]	H (3) = 93,3 p = 0,0001*	1, df = 816
SR <sub>кв</sub> попарные сравнения	I–II p = 0,00008*	I–III p = 0,00008*	I–IV p = 0,0005*	II–III p = 0,1	II–IV p = 0,009*	III–IV p = 0,00008*
ФИП ПЖ, %	35 [31; 40]	30 [26; 33]	25 [20; 29]	29 [26; 32]	H (3) = 226,9, p = 0,0001*	43, df = 816
Попарные сравнения	I–II p = 0,00008*	I–III p = 0,00008*	I–IV p = 0,00008*	II–III p = 0,00008*	II–IV p = 0,9	III–IV p = 0,00008*
TAPSE, мм	7 [5; 8]	4,2 [3,6; 5,5]	4 [3; 4,5]	6 [5; 8]	H (3) = 261, p = 0,0001*	3,4, df = 816
Попарные сравнения	I–II p = 0,00008*	I–III p = 0,00008*	I–IV p = 0,08	II–III p = 0,05	II–IV p = 0,00008*	III–IV p = 0,00008*
Е/А ПЖ	0,9 [0,8; 1]	0,75 [0,79; 0,9]	0,9 [0,72; 1]	0,74 [0,65; 0,9]	H (3) = 55,4, p = 0,00001*	0,1, df = 816
Попарные сравнения	I–II p = 0,7	I–III p = 0,3	I–IV p = 0,04*	II–III p = 0,03*	II–IV p = 0,37	III–IV p = 0,0001*
E/e <sub>i</sub>	9 [7; 10]	9,8 [8; 11]	10 [8,5; 11]	10 [8; 12]	H (3) = 30,1, p = 0,00001*	7,8, df = 816
Попарные сравнения	I–II p = 0,03*	I–III p = 0,0003*	I–IV p = 0,00009*	II–III p = 0,54	II–IV p = 0,36	III–IV p = 0,9

Примечание: \* – различия статистически значимы; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка; СИ – сердечный индекс; S<sub>дл</sub> – продольная деформация ЛЖ; SR<sub>дл</sub>, с<sup>-1</sup> – скорость продольной деформации ЛЖ; Е/А ПЖ – соотношение пиков трансстрикуспидального кровотока в фазу раннего и позднего диастолического наполнения ПЖ; E/e<sub>i</sub> – соотношение пиковой скорости раннего диастолического трансстрикуспидального кровотока к пиковой скорости движения латеральной части фиброзного трикуспидального кольца; ПЖ – правый желудочек; TAPSE – систолическая экскурсия фиброзного кольца трикуспидального клапана; ФИП ПЖ – фракционное измерение ПЖ; S<sub>кв</sub> – продольная деформация свободной стенки ПЖ; SR<sub>кв</sub> – скорость продольной деформации свободной стенки ПЖ; «↔» здесь и далее знак «минус».

( $U = 12$ ;  $Z = 5,9$ ;  $p = 0,00001$ ). Выявлены корреляции таких дооперационных показателей и интраоперационных факторов с развитием СНСВ у обследованных детей в раннем послеоперационном периоде, как:  $S_{LV}$  ( $S_R = 0,72$ ;  $p = 0,02$ ),  $S_{RV}$  ( $S_R = 0,48$ ;  $p = 0,01$ ), индекс площади ДМЖП ( $S_R = 0,62$ ;  $p = 0,01$ ), ДПА ( $S_R = 0,49$ ;  $p = 0,03$ ), УИ ( $S_R = -0,14$ ;  $p = 0,01$ ), ФИП ПЖ ( $SR = -0,31$ ;  $p = 0,04$ ), вес пациента ( $S_R = -0,47$ ;  $p = 0,001$ ), возраст ( $S_R = -0,5$ ;  $p = 0,001$ ).

СПЖД обнаружен у 3,14 % ( $n = 7$ ) пациентов в первые послеоперационные сутки. Выявлена существенная разница в показателях  $S_{RV}$  и  $SR_{RV}$  на 1-е сут после операции у пациентов с СПЖД ( $Me S_{RV} - 1\%$ ;  $Me SR_{RV} - 0,12 \text{ c}^{-1}$ ) ( $Me S_{RV} - 5\%$ ;  $U = 2$ ;  $Z = 4$ ;  $p = 0,00008$ ;  $Me SR_{RV} - 0,46 \text{ c}^{-1}$ ;  $U = 49$ ;  $Z = -4,2$ ;  $p = 0,00003$ ). Обращает на себя внимание значимое угнетение параметров  $S_{RV}$  и  $SR_{RV}$  у 50,7 % пациентов ( $n = 104$ ) через 6 ч после операции, однако у 47,3 % детей выявленные ЭхоКГ-изменения не сопровождались клиническими проявлениями ПЖ недостаточности и имели тенденцию к улучшению к концу первых суток после операции. Кроме того, у больных с СПЖД выявлены более низкие значения СИ ( $Me 2,06 \text{ л/мин/м}^2$ ) по сравнению с пациентами без СПЖД ( $Me 2,3 \text{ л/мин/м}^2$ ;  $U = 316$ ;  $Z = 4,5$ ;  $p = 0,007$ ). Некоторые дооперационные ЭхоКГ-параметры обнаружили статистически значимую связь с СПЖД после операции:  $S_{RV}$  ( $S_R = 0,51$ ;  $p = 0,001$ ),  $SR_{RV}$  ( $S_R = 0,27$ ;  $p = 0,001$ ), индекс площади ДМЖП ( $S_R = 0,23$ ;  $p = 0,01$ ),  $Qp/Qs$  ( $S_R = 0,24$ ;  $p = 0,002$ ), среднее расчётное давление в ЛА ( $S_R = 0,45$ ;  $p = 0,001$ ).

Синдром МП через сутки после операции выявлен в 10,7 % случаев ( $n = 22$ ). Концентрация TN-I (см. табл. 2) у пациентов с синдромом МП на 1-е сут после операции существенно отличалась от таковой у пациентов без него. ФВ ЛЖ у пациентов с синдромом МП была статистически значимо ниже, чем

у пациентов без МП. Следует указать, что через сутки после операции ФВ ЛЖ снизилась, по сравнению с дооперационными значениями, в 82,9 % случаев ( $n = 170$ ), но в 72 % случаев не была ассоциирована с синдромом МП. Пациенты с синдромом МП и без него также достоверно различались по СИ. Параметры  $S_{LV}$  и  $SR_{LV}$  в первые послеоперационные сутки также существенно различались: у пациентов с синдромом МП:  $Me S_{LV}$  составила « $\rightarrow$ » 5,1 %,  $Me SR_{LV}$  – « $\rightarrow$ »  $0,38 \text{ c}^{-1}$ , тогда как у детей без синдрома МП  $Me S_{LV}$  составила « $\rightarrow$ » 10,4 %,  $Me SR_{LV}$  – « $\rightarrow$ »  $0,5 \text{ c}^{-1}$  ( $U = 9$ ;  $Z = -4,4$ ;  $p = 0,001$  и  $U = 61$ ;  $Z = -2,5$ ;  $p = 0,008$  соответственно). Обнаружены корреляции таких дооперационных показателей и интраоперационных факторов с развитием синдрома МП, как возраст пациента ( $S_R = -0,34$ ;  $p = 0,001$ ), ППТ ( $S_R = -0,42$ ;  $p = 0,01$ ), ВИК ( $S_R = 0,39$ ;  $p = 0,02$ ), ДПА ( $S_R = 0,34$ ;  $p = 0,02$ ),  $S_{LV}$  ( $S_R = 0,21$ ;  $p = 0,02$ ), индекс площади ДМЖП ( $S_R = 0,19$ ;  $p = 0,02$ ).

Аритмический синдром выявлен в 4,87 % ( $n = 10$ ) случаев у пациентов в первые послеоперационные сутки. У детей с аритмическим синдромом отмечен существенно сниженный  $S_{LV}$ ,  $Me$  которого в первые послеоперационные сутки составила « $\rightarrow$ » 6,05 %, тогда как у детей без нарушений ритма  $Me S_{LV}$  составила « $\rightarrow$ » 12,4 % ( $U = 614$ ;  $Z = -1,9$ ;  $p = 0,04$ ). ФВ ЛЖ у пациентов с аритмическим синдромом была статистически значимо ниже ( $Me 29,5\%$ ) по сравнению с пациентами без аритмий ( $Me 48\%$ ;  $U = 504$ ;  $Z = -2,5$ ;  $p = 0,01$ ). Отмечена достоверная разница в концентрации лактата сыворотки в первые послеоперационные сутки: у пациентов с аритмическим синдромом  $Me$  лактата составила 2,5, без нарушений ритма –  $Me 1,4 \text{ ммоль/л}$  ( $U = 204$ ;  $Z = -2,5$ ;  $p = 0,01$ ). Обнаружена существенная разница в ЭхоКГ-параметре, отражающем давление наполнения ПЖ у пациентов с аритмическим синдромом и без него ( $Me E/e_i$  11 против  $Me 8,4$



соответственно;  $U = 586$ ;  $Z = -2,1$ ;  $p = 0,03$ ). Выявлены корреляции таких дооперационных переменных и интраоперационных факторов с развитием аритмического синдрома в раннем послеоперационном периоде, как ФВ ЛЖ ( $S_R = -0,24$ ;  $p = 0,01$ ),  $S_{RV}$  ( $S_R = 0,13$ ;  $p = 0,01$ ), индекс площади ДМЖП ( $S_R = 0,15$ ;  $p = 0,02$ ), ДПА ( $S_R = 0,4$ ;  $p = 0,01$ ), ППТ ( $S_R = -0,16$ ;  $p = 0,03$ ). Таким образом, в раннем послеоперационном периоде осложнения, сопровождавшиеся проявлениями миокардиальной дисфункции, выявлены в 30,2 % случаев ( $n = 62$ ). Пациенты с синдромами, ассоциированными с миокардиальной дисфункцией, и без таковой существенно различались по длительности ИВЛ (с дисфункцией  $Me$  30 ч, без дисфункции  $Me$  20,9 ч;  $U = 3690$ ;  $Z = 2,9$ ;  $p = 0,04$ ), длительности пребывания в ОРИТ (с дисфункцией  $Me$  3 дня, без дисфункции  $Me$  1,3 дня;  $U = 3321$ ;  $Z = 2,8$ ;  $p = 0,002$ ) и продолжительности госпитализации (с дисфункцией  $Me$  18 дней, без дисфункции  $Me$  12 дней,  $U = 4432$ ,  $Z = 2,5$ ,  $p = 0,004$ ). Значимые по результатам корреляционного анализа ЭхоКГ-переменные были

включены в одномерный, затем в многомерный логистический регрессионный анализ, где определены дооперационные предикторы развития синдромов, связанных с миокардиальной дисфункцией в раннем послеоперационном периоде:  $S_{LV}$ ,  $S_{RV}$ , ФИП ПЖ, среднее расчётное давление в ЛА, индекс площади ДМЖП (табл. 3). Выполнен ROC-анализ с изучением чувствительности, специфичности и точек разделения для  $S_{LV}$ ,  $S_{RV}$ , ФИП ПЖ, среднего расчётного давления в ЛА, индекса площади ДМЖП в отношении способности предсказать развитие синдромов, связанных с миокардиальной дисфункцией в раннем послеоперационном периоде. Обнаружено, что индекс площади ДМЖП обладал максимальной чувствительностью (85 %,  $AUC$  0,89) с точкой разделения  $> 100,5 \text{ мм}^2/\text{м}^2$ , а максимальной специфичностью – такие параметры, как  $S_{LV}$  (97 %,  $AUC$  0,95) с точкой разделения  $> \leftarrow$  12 % и среднее расчётное давление в ЛА (87,4 %,  $AUC$  0,78) с точкой разделения  $> 38 \text{ мм рт. ст.}$  (рисунок, табл. 4).

Таблица 3

**Результаты многомерного логистического регрессионного анализа ЭхоКГ-переменных для прогноза синдромов, связанных с миокардиальной дисфункцией**

Показатель, ед. измерения	<i>B</i>	<i>SE</i>	Хи квадрат Вальда	Отношение шансов	95 % ДИ	<i>P</i>
$S_{LV}$ , %	-11,3	1,8	40,8	2,69	1,6–30	0,00001*
$S_{RV}$ , %	-2,4	0,5	18,3	1,04	0,5–11,8	0,0001*
ФВ ЛЖ, %	0,38	0,9	0,15	–	–	0,08
ФИП ПЖ, %	2,69	0,6	1,61	0,9	0,25–2	0,04*
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	-3,4	4,2	0,5	–	–	0,06
$P_{cp}$ ЛА	7,16	1,1	26,7	1,6	0,9–13	0,0001*
Qp/Qs	-4,9	5,7	0,7	–	–	0,09
Индекс площади ДМЖП мм <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	6,98	0,9	50,1	2,7	1,7–40,8	0,00001*

Примечание: \* – различия статистически значимы; *B* – коэффициент регрессии, *SE* – стандартная ошибка; ОШ – отношение шансов, ДИ – доверительный интервал; ДМЖП – дефект межжелудочковой перегородки;  $P_{cp}$  ЛА – среднее расчетное давление в лёгочной артерии; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка; СИ – сердечный индекс;  $S_{LV}$  – продольная деформация ЛЖ;  $SR_{LV}$ , с<sup>-1</sup> – скорость продольной деформации ЛЖ; ФИП ПЖ – фракционное измерение ПЖ;  $S_{RV}$  – продольная деформация свободной стенки ПЖ;  $SR_{RV}$  – скорость продольной деформации свободной стенки ПЖ.

Таблица 4

**Сравнительная характеристика чувствительности, специфичности, площади под кривой дооперационных ЭхоКГ-предикторов для прогноза синдромов, связанных с миокардиальной дисфункцией в раннем послеоперационном периоде**

Показатель, ед. измерения	Se	Sp	cut-off value	AUC	SE	Z статистика	95 % ДИ	P
$S_{LV}$ %	79	97	> «←» 12	0,95	0,01	30,9	0,91–0,97	0,0001*
$S_{RV}$ %	66,1	79	> «←» 6	0,8	0,03	8,9	0,74–0,85	0,0001*
Индекс площади ДМЖП, мм <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	85,5	84,6	100,5	0,89	0,02	16	0,8–0,9	0,0001*
ФИП ПЖ, %	41,9	69,9	< 32	0,52	0,04	0,35	0,4–0,58	0,7
$P_{cp}$ ЛА, мм рт. ст.	58,1	87,4	> 38	0,78	0,03	7,79	0,72–0,83	0,0001*

Примечание: \* – различия статистически значимы; Se (Sensitivity) – чувствительность параметра, Sp (Specificity) – специфичность параметра; cut-off value – точка разделения; AUC (Area Under Curve) – численный показатель площади под кривой; SE – стандартная ошибка; ДИ – доверительный интервал, ДМЖП – дефект межжелудочковой перегородки;  $P_{cp}$  ЛА – среднее расчётное давление в лёгочной артерии;  $S_{LV}$  – продольная деформация ЛЖ;  $S_{RV}$ , с<sup>-1</sup> – скорость продольной деформации ЛЖ; ФИП ПЖ – фракционное измерение ПЖ;  $S_{RV}$  – продольная деформация свободной стенки ПЖ.

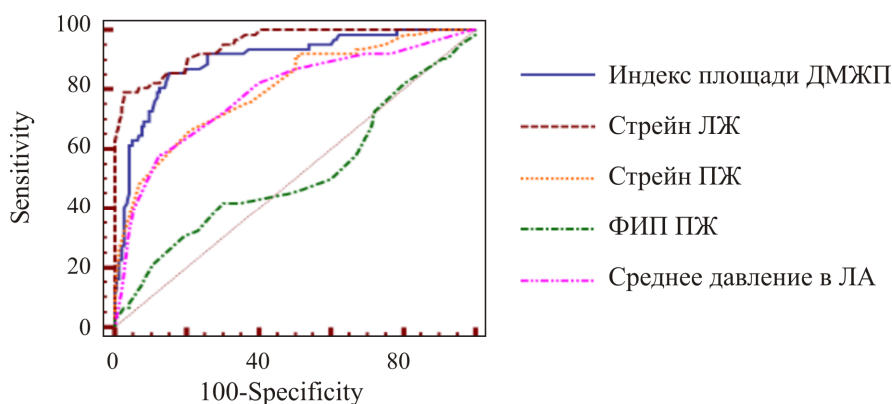


Рис. ROC-кривые дооперационных ЭхоКГ-параметров для прогноза синдромов, связанных с миокардиальной дисфункцией в раннем послеоперационном периоде: ДМЖП – дефект межжелудочковой перегородки, ЛЖ – левый желудочек, ПЖ – правый желудочек, ФИП ПЖ – фракционное изменение площади ПЖ, ЛА – лёгочная артерия

Миокардиальная дисфункция после хирургического лечения ДМЖП у детей первого года жизни остаётся значимой проблемой [12; 15]. Диагностические критерии синдромов, существенно варьируются, но они всегда ассоциируются с осложнённым послеоперационным периодом и негативно влияют на ближайший и отдалённый прогноз [1; 2; 12–15; 17]. В нашей работе показано,

что ЭхоКГ-показатели, на которые полагаются клиницисты в оценке функции миокарда и ЛЖ и ПЖ, снижались в раннем послеоперационном периоде с временными закономерностями. Так, СИ, параметры продольной механики желудочков продемонстрировали максимальное ухудшение через 6 ч, а ФВ ЛЖ, TAPSE и ФИП ПЖ – через сутки после операции. Однако снижение ЭхоКГ-

показателей, отражающих миокардиальную дисфункцию, не всегда сопровождалось какими-то клиническими проявлениями. Так, СНСВ выявлен только у 6,3 % пациентов, хотя СИ снижался в 80,4 % случаев, а СПЖД обнаружен у 3,14 % детей, тогда как ЭхоКГ-маркеры сниженной функции ПЖ (TAPSE, ФИП ПЖ) выявлялись в 50,7 % случаев. По сравнению с исходными данными, ФВ ЛЖ снижалась через сутки после операции в 82,9 % случаев, однако только в 10,7 % случаев угнетение ФВ ЛЖ было ассоциировано с синдромом МП и в 4,87 % случаев с аритмическим синдромом. Данные особенности практически облигатного снижения функциональных ЭхоКГ-показателей без клинических проявлений можно объяснить, прежде всего, особенностями гемодинамики, развивающимися тотчас после закрытия ДМЖП: изменениями условий пред- и постнагрузки. И, как показывают исследования и результаты, полученные нами, у таких пациентов, как правило, происходит быстрая нормализация показателей систолической функции – уже к 24 ч после операции [1; 12; 19]. Но в 30,2 % случаях ЭхоКГ-признаки нарушенной функции желудочков сопровождалась клиническими проявлениями острой ЛЖ, ПЖ или бивентрикулярной недостаточности, требовавшей продленной ИВЛ, инотропной и даже (в 3 случаях) механической поддержки кровообращения. В таком случае возможны два патогенетических сценария: исходная субклиническая дисфункция миокарда, недооцененная традиционными ЭхоКГ-переменными или возникшая на фоне операционной травмы или других особенностей интраоперационного периода (повреждение миокарда во время кардиоплегической остановки сердца, в ходе хирургического вмешательства, длительные ВИК и ДПА) миокардиальная дисфункция. В проведенном анализе определены наиболее чувстви-

тельные и специфичные дооперационные ЭхоКГ-переменные, связанные с синдромами, сопровождающимися послеоперационной дисфункцией миокарда. Было выявлено, что у детей с послеоперационной дисфункцией миокарда до операции определялись больший индекс площади ДМЖП, более высокие значения среднего расчетного давления в лёгочной артерии, более низкие параметры продольной деформации обоих желудочков. Во многих научных работах показана корреляция линейных размеров ДМЖП и послеоперационной дисфункции миокарда, что связано как с отсутствием сократительного вклада части межжелудочковой перегородки вследствие заплаты, так и с появлением внутри- и межжелудочковой десинхронии [13; 15; 17]. В нашей работе установлено, что именно индекс площади ДМЖП  $> 100,5 \text{ мм}^2/\text{м}^2$  был независимо связан с появлением миокардиальной дисфункции после операции (отношение шансов 2,7; 95%-ный доверительный интервал 1,7–40,8;  $P = 0,00001$ ). Дополнить традиционные ЭхоКГ-измерения ДМЖП именно этим параметром кажется целесообразным, поскольку стандартно оцениваемые в практике показатели, такие как линейные размеры дефекта, отношение одного из размеров к фиброзному кольцу аортального клапана и доплерографические гемодинамические критерии (трансвентрикулярный межжелудочковый градиент и  $Qp/Qs$ ), не показали предиктивной значимости для развития синдромов, связанных с послеоперационной миокардиальной дисфункцией. Дооперационным ЭхоКГ-предиктором синдромов послеоперационной дисфункции миокарда с высокой специфичностью (87,4 %,  $AUC 0,78$ ;  $p = 0,0001$ ) оказалось среднее расчётное давление в ЛА  $> 38 \text{ мм рт. ст.}$  Обнаружение предсказательной способности повышенного давления в ЛА у детей с ДМЖП в отноше-

нии послеоперационной дисфункции миокарда согласуется с подтвержденными ранее данными о связи лёгочной гипертензии с повышенной ПЖ постнагрузкой, нарушенным вентрикулоартериальным сопряжением ПЖ и ЛА, что приводит к ПЖ недостаточности, а затем к ЛЖ и бивентрикулярной дисфункции [1; 6]. Также ЭхоКГ-предиктором послеоперационной дисфункции миокарда с чувствительностью 66,1 % и специфичностью 79 % ( $AUC$  0,8;  $p = 0,0001$ ) показал себя  $S_{RV} > \leftarrow$  6 %. Как известно, продольная деформация свободной стенки ПЖ является одним из ЭхоКГ-маркёров его контрактильной способности, так как именно эта часть желудочка обеспечивает до 80 % его ударного объёма. Также  $S_{RV}$  относительно независим от условий пред- и постнагрузки и является первым параметром, который уменьшается по мере прогрессирования перегрузки объёмом и сопротивлением ПЖ [1–3]. В противоположность перечисленным характеристикам  $S_{RV}$ , TAPSE лишь отражает движение аннулярной плоскости, то есть функцию в продольном направлении только базальных отделов ПЖ; он значительно зависим от многих факторов гемодинамики, прежде всего от преднагрузки, что в условиях лево-правого шунта может привести к переоценке функции ПЖ. Поэтому дооперационный TAPSE не был связан с послеоперационной миокардиальной дисфункцией. Возможно, по тем же причинам ФИП ПЖ показал себя как «беспользительный классификатор» ( $AUC$  0,52;  $p = 0,7$ ). Дооперационным параметром, продемонстрировавшим самую высокую специфичность (97 %  $AUC$  0,95;  $p = 0,0001$ ) в отношении развития синдромов с послеоперационной дисфункцией миокарда, в обследованной когорте детей с ДМЖП был  $S_{LV}$  с точкой разделения  $> \leftarrow$  12 %. Полученные данные относительно информативности показателей

дооперационной продольной механики в отношении послеоперационного прогноза функции желудочков согласуются с большим количеством накопленных в настоящее время данных о способности показателей деформации выявлять субклиническую дисфункцию миокарда [16; 17; 19]. Дети с синдромами, ассоциированными с послеоперационной дисфункцией миокарда, дольше находились на ИВЛ, в ОРИТ и стационаре. Дополнение стандартного дооперационного ЭхоКГ-протокола показателями, продемонстрировавшими предикторную ценность для ранней послеоперационной миокардиальной дисфункции с учетом полученных точек разделения переменных, должно способствовать оптимизации тактики ведения пациента, а значит снижению рисков неблагоприятных исходов. Безусловно, требуется тщательный анализ динамики функции ЛЖ и ПЖ у этой уязвимой группы пациентов в отдаленные сроки наблюдения.

## Выводы

1. После операции миокардиальная дисфункция (МД) выявлена в 30,2 % случаев.
2.  $S_{LV}$  и  $S_{RV}$  у детей с МД демонстрируют ухудшение контрактильности желудочков раньше, чем традиционные показатели систолической функции.
3. Дооперационные  $S_{LV} > \leftarrow$  12 %,  $S_{RV} > \leftarrow$  6 %, индекс площади ДМЖП  $> 100,5 \text{ мм}^2/\text{м}^2$ , среднее расчётное давление в лёгочной артерии  $> 38$  мм рт. ст. являются независимыми предикторами осложнений, сопровождающихся МД в первые сутки после закрытия ДМЖП.
4. Осложнения, связанные с МД, ассоциированы с более длительной ИВЛ, продолжительностью пребывания в отделении интенсивной терапии и стационаре.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Estrada V.H., Franco D.L., Moreno A.A., Gambasica J.A., Nunez C.C. Postoperative Right Ventricular Failure in Cardiac Surgery. *Cardiol Res.* 2016; 7 (6): 185–195. DOI: 10.14740/cr500e. Epub 2016 Dec 31. PMID: 28197291; PMCID: PMC5295509.
2. Liselotte M. Klitsie and others, Disparity in right vs left ventricular recovery during follow-up after ventricular septal defect correction in children. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 2013; 44 (2): 269–274. DOI: 10.1093/ejcts/ezt003
3. Mertens L.L. What is wrong with the right ventricle after surgical closure of a ventricular septal defect? *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging.* 2015; 16 (5): 473–474. DOI: 10.1093/ehjci/jeu305.
4. Mab K., Mertens L. Echocardiographic Assessment of Right Ventricular Function in Paediatric Heart Disease: A Practical Clinical Approach. *CJC Pediatric and Congenital Heart Disease.* 2023; 2 (3): 162–165.
5. Дефект межжелудочковой перегородки: клинические рекомендации. Ассоциация сердечно-сосудистых хирургов России, Ассоциация детских кардиологов России, Российское кардиологическое общество, Российское научное общество специалистов по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению, Национальная курортная ассоциация. М. 2021, available at: <https://racvs.ru/clinic/klinicheskie-rekomendatsii-2021/Defekt%20mezhzheludochkovo%20peregorodki.pdf>.
6. Levy D., Laghnam D., Estagnasie P., Brusset A., Squara P., Nguyen L.S. Post-operative Right Ventricular Failure After Cardiac Surgery: A Cohort Study. *Front Cardiovasc Med.* 2021; 8: 667328. DOI: 10.3389/fcvm.2021.667328.
7. Campbell R.M., Douglas P.S., Eidem B.W., Lai W.W., Lopez L. et al. Writing Group for Echocardiography in Outpatient Pediatric Cardiology. ACC/AAP/AHA/ASE/HRS/SCAI/SCCT/SCMR/SOPE 2014 appropriate use criteria for initial transthoracic echocardiography in outpatient pediatric cardiology: a report of the American College of Cardiology Appropriate Use Criteria Task Force, American Academy of Pediatrics, American Heart Association, American Society of Echocardiography, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, and Society of Pediatric Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2014; 27: 1247–66.
8. Levy P.T., Sanchez Mejia A.A., Machefsky A., Fowler S., Holland M.R., Singh G.K. Normal ranges of right ventricular systolic and diastolic strain measures in children: a systematic review and meta-analysis. *J Am Soc Echocardiogr.* 2014; 27 (5): 549–560, e3. DOI: 10.1016/j.echo.2014.01.015. Epub 2014 Feb 26.
9. Lopez L., Colan S.D., Frommelt P.C., Ensing G.J., Kendall K., Younoszai A.K., Lai W.W., Geva T. 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 (5): 465–495. DOI: 10.1016/j.echo.2010.03.019.
10. Khan U., Omdal T.R., Matre K., Greve G. What is Left Ventricular Strain in Healthy Neonates? A Systematic Review and Meta-analysis. *Pediatr Cardiol.* 2020; 41 (1): 1–11. DOI: 10.1007/s00246-019-02219-8. Epub 2019 Oct 30. PMID: 31673733.
11. Hansmann G., Koestenberger M., Alastalo T.P., Apitz C., Austin E.D., Bonnet D. et al. 2019 updated consensus statement on the diagnosis and treatment of pediatric pulmonary hypertension: The European Pediatric Pulmonary Vascular Disease Network (EPPVDN), endorsed by AEPC, ESPR and ISHLT. *J Heart Lung Transplant.* 2019; 38 (9): 879–901. DOI: 10.1016/j.healun.2019.06.022.

12. Schoonen A, van Klei W.A, van Wolfswinkel L, van Loon K. Definitions of low cardiac output syndrome after cardiac surgery and their effect on the incidence of intraoperative LCOS: A literature review and cohort study. *Front Cardiovasc Med.* 2022; 9: 926957. DOI: 10.3389/fcvm.2022.926957. PMID: 36247457; PMCID: PMC9558721.

13. Su J.A, Kumar S.R, Mahmoud H, Bowdish M.E, Toubat O, Wood J.C, Kung G.C. Postoperative Serum Troponin Trends in Infants Undergoing Cardiac Surgery. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2019; 31 (2): 244–251.

14. Sabu M.K., Das A., Siddharth B., Talwar S., Singh S.P., Abraham A., Choudhury A. Arrhythmias in Children in Early Postoperative Period After Cardiac Surgery. *World J Pediatr Congenit Heart Surg.* 2018; 9 (1): 38–46. DOI: 10.1177/2150135117737687. PMID: 29310559.

15. Adamson G.T., Arunamata A., Tacy T.A., Silverman N.H., Ma M., Maskatia S.A., Punn R. Postoperative Recovery of Left Ventricular Function following Repair of Large Ventricular Septal Defects in Infants. *J Am Soc Echocardiogr.* 2020; 33 (3): 368–377. DOI: 10.1016/j.echo.2019.10.003.

16. Kotby A.A., Abd Al Aziz M.M., Hussein A.H., Al-Fabbam M.M. Detection of Early Myocardial Injury in Children with Ventricular Septal Defect Using Cardiac Troponin I and Two-Dimensional Speckle Tracking Echocardiography. *Pediatr Cardiol.* 2020; 41 (8): 1548–1558. DOI: 10.1007/s00246-020-02410-2.

17. Cantinotti M., Marchese P., Scalese M., Medino P., Jani V., Franchi E., Vitali P., Santoro G., Viacava C., Assanta N., Kutty S., Koestenberger M., Giordano R. Left Ventricular Systolic Impairment after Pediatric Cardiac Surgery Assessed by STE Analysis. *Healthcare (Basel)* 2021; 9 (10): 1338. DOI: 10.3390/healthcare9101338.

18. Cox K, Algaze-Yojay C, Punn R, Silverman N. The Natural and Unnatural History of Ventricular Septal Defects Presenting in Infancy: An Echocardiography-Based Review. *J Am*

*Soc Echocardiogr.* 2020; 33 (6): 763–770. DOI: 10.1016/j.echo.2020.01.013.

## REFERENCES

1. Estrada V.H., Franco D.L., Moreno A.A., Gambasica J.A., Nunez C.C. Postoperative Right Ventricular Failure in Cardiac Surgery. *Cardiol Res.* 2016; 7 (6): 185–195. DOI: 10.14740/cr500e. Epub 2016 Dec 31. PMID: 28197291; PMCID: PMC5295509.

2. Liselotte M. Klitsie and others, Disparity in right vs left ventricular recovery during follow-up after ventricular septal defect correction in children. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 2013; 44 (2): 269–274. DOI: 10.1093/ejcts/ezt003

3. Mertens L.L. What is wrong with the right ventricle after surgical closure of a ventricular septal defect? *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging.* 2015; 16 (5): 473–474, DOI: 10.1093/ehjci/jeu305.

4. Mab K., Mertens L. Echocardiographic Assessment of Right Ventricular Function in *Paediatric Heart Disease: A Practical Clinical Approach.* *CJC Pediatric and Congenital Heart Disease.* 2023; 2 (3): 162–165.

5. Ventricular septal defect: clinical guidelines. Association of Cardiovascular Surgeons of Russia, Association of Pediatric Cardiologists of Russia, Russian Society of Cardiology, Russian Scientific Society of Specialists in X-ray Endovascular Diagnosis and Treatment, National Resort Association. Moscow 2021, available at: <https://racvs.ru/clinic/klinicheskie-rekomendatsii-2021/Defekt%20mezhheludochkovoj%20peregorodki.pdf> (in Russian).

6. Levy D., Lagblam D., Estagnasie P., Brusset A., Squara P., Nguyen L.S. Post-operative Right Ventricular Failure After Cardiac Surgery: A Cohort Study. *Front Cardiovasc Med.* 2021; 14; 8: 667328. DOI: 10.3389/fcvm.2021.667328.

7. Campbell R.M., Douglas P.S., Eidem B.W., Lai W.W., Lopez L. et al. Writing Group for Echo-

cardiography in Outpatient Pediatric Cardiology. ACC/AAP/AHA/ASE/HRS/SCAI/SCCT/SCMR/SOPE 2014 appropriate use criteria for initial transthoracic echocardiography in outpatient pediatric cardiology: a report of the American College of Cardiology Appropriate Use Criteria Task Force, American Academy of Pediatrics, American Heart Association, American Society of Echocardiography, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, and Society of Pediatric Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2014; 27: 1247–66.

8. Levy P.T., Sanchez Mejia A.A., Machefsky A., Fowler S., Holland M.R., Singh G.K. Normal ranges of right ventricular systolic and diastolic strain measures in children: a systematic review and meta-analysis. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014; 27 (5): 549–560, e3. DOI: 10.1016/j.echo.2014.01.015. Epub 2014 Feb 26.

9. Lopez L., Colan S.D., Frommelt P.C., Ensing G.J., Kendall K., Younoszai A.K., Lai W.W., Geva T. 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 (5): 465–495. DOI: 10.1016/j.echo.2010.03.019.

10. Khan U., Omdal T.R., Matre K., Greve G. What is Left Ventricular Strain in Healthy Neonates? A Systematic Review and Meta-analysis. *Pediatr Cardiol*. 2020; 41 (1): 1–11. DOI: 10.1007/s00246-019-02219-8. Epub 2019 Oct 30. PMID: 31673733.

11. Hansmann G., Koestenberger M., Alastalo T.P., Aplitz C., Austin E.D., Bonnet D. et al. 2019 updated consensus statement on the diagnosis and treatment of pediatric pulmonary hypertension: The European Pediatric Pulmonary Vascular Disease Network (EPPVDN), en-

dorsed by AEPC, ESPR and ISHLT. *J Heart Lung Transplant*. 2019; 38 (9): 879–901. DOI: 10.1016/j.healun.2019.06.022.

12. Schoonen A., van Klei W.A., van Wolfswinkel L., van Loon K. Definitions of low cardiac output syndrome after cardiac surgery and their effect on the incidence of intraoperative LCOS: A literature review and cohort study. *Front Cardiovasc Med*. 2022; 29; 9: 926957. DOI: 10.3389/fcvm.2022.926957. PMID: 36247457; PMCID: PMC9558721.

13. Su J.A., Kumar S.R., Mahmoud H., Bowdish M.E., Toubat O., Wood J.C., Kung G.C. Postoperative Serum Troponin Trends in Infants Undergoing Cardiac Surgery. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2019; 31 (2): 244–251.

14. Sabu M.K., Das A., Siddharth B., Talwar S., Singh S.P., Abraham A., Choudhury A. Arrhythmias in Children in Early Postoperative Period After Cardiac Surgery. *World J Pediatr Congenit Heart Surg*. 2018; 9 (1): 38–46. DOI: 10.1177/2150135117737687. PMID: 29310559.

15. Adamson G.T., Arunamata A., Tacy T.A., Silverman N.H., Ma M., Maskatia S.A., Punn R. Postoperative Recovery of Left Ventricular Function following Repair of Large Ventricular Septal Defects in Infants. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020; 33 (3): 368–377. DOI: 10.1016/j.echo.2019.10.003.

16. Kotby A.A., Abd Al Aziz M.M., Hussein A.H., Al-Fabbam M.M. Detection of Early Myocardial Injury in Children with Ventricular Septal Defect Using Cardiac Troponin I and Two-Dimensional Speckle Tracking Echocardiography. *Pediatr Cardiol*. 2020; 41 (8): 1548–1558. DOI: 10.1007/s00246-020-02410-2.

17. Cantinotti M., Marchese P., Scalese M., Medino P., Jani V., Franchi E., Vitali P., Santoro G., Viacava C., Assanta N., Kutty S., Koestenberger M., Giordano R. Left Ventricular Systolic Impairment after Pediatric Cardiac Surgery

Assessed by STE Analysis. *Healthcare (Basel)*. 2021; 9 (10): 1338. DOI: 10.3390/healthcare9101338.

18. Cox K., Algaze-Yojay C., Punm R., Silverman N. The Natural and Unnatural History of Ventricular Septal Defects Presenting in Infancy: An Echocardiography-Based Review. *J Am Soc Echocardiogr.* 2020; 33 (6): 763–770. DOI: 10.1016/j.echo.2020.01.013.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Вклад авторов** равноценен.

Поступила: 23.08.2023

Одобрена: 27.09.2023

Принята к публикации: 16.10.2023

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Возможности прогнозирования осложнений в раннем послеоперационном периоде после хирургической коррекции порока у детей первого года жизни с дефектом межжелудочковой перегородки / П.В. Лазарков, Е.Н. Орехова, Я.Б. Ховаева, В.А. Белов, О.В. Соловьев // Пермский медицинский журнал. – 2023. – Т. 40, № 6. – С. 74–89. DOI: 10.17816/pmj40674-89

Please cite this article in English as: Lazarkov P.V., Orekhova E.N., Khovaeva Ya.B., Belov V.A., Soloviev O.V. Possibilities of predicting early postoperative complications after surgical correction in infants of the first year of life with ventricular septal defect. *Perm Medical Journal*, 2023, vol. 40, no. 6, pp. 74-89. DOI: 10.17816/pmj40674-89