



<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-1-69-76>  
УДК 616.124.3-073.43-053.2

# Амплитуда систолического смещения плоскости фиброзного кольца трикуспидального клапана в оценке сократимости правого желудочка у детей

А.В. Сморгон, А.А. Соколов, М.В. Солдатенко

Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук (НИИ кардиологии Томского НИМЦ), 634012, Российская Федерация, Томск, ул. Киевская, 111а

## Аннотация

Эхокардиографическая оценка сократимости правого желудочка (ПЖ) является сложной задачей из-за его особой формы. Чаще всего для определения сократимости ПЖ используются два показателя: амплитуда систолического смещения плоскости фиброзного кольца трикуспидального клапана (tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE) и изменение площади фракции (fractional area change, FAC) ПЖ. Корректность использования TAPSE в последнее время все чаще подвергается сомнению.

**Цель исследования:** изучить связь TAPSE с сократимостью ПЖ, изменением объемов правых камер у детей с дефектом межпредсердной перегородки (ДМПП) в процессе хирургического лечения, а также оценить взаимосвязь TAPSE с показателями антропометрии.

**Материал и методы.** Исследование выполнено на основании ретроспективного анализа двумерных (2D) эхокардиографических данных. Референтным методом для оценки сократимости ПЖ была трехмерная эхокардиография (3D-эхо).

**Результаты.** По результатам ретроспективного корреляционного анализа данных эхокардиографии у 729 здоровых детей в возрасте 1–17 лет и 120 детей с ДМПП того же возраста установлена максимальная взаимосвязь TAPSE с возрастом ( $r = 0,54$ ) и антропометрическими данными ( $r = 0,59$ ). Отмечена достаточно высокая корреляция между линейными размерами правого предсердия (ПП) и ПЖ ( $r = 0,59$ ). Корреляция TAPSE и фракции выброса (ФВ) ПЖ, по данным 3D-эхо, отсутствовала в контрольной группе и у детей с ДМПП. Показатель был оценен в ближайшем будущем (6 дней) и в отдаленный период (1–3 года) после хирургической коррекции у 60 детей с ДМПП и у 30 детей с коарктацией аорты (КоА). На всех этапах после операции значение TAPSE снижалось у всех прооперированных пациентов, не восстанавливалось через 1 год и не имело корреляционной связи с ФВ ПЖ, согласно данным 3D-эхо.

**Выводы.** У детей без структурной патологии сердца показатель TAPSE не отражает сократимость ПЖ и зависит от антропометрических данных, линейных размеров правых камер. У детей с ДМПП TAPSE в большей мере характеризует объемную перегрузку правых камер, чем сократимость ПЖ. Сократимость ПЖ у детей после кардиохирургических операций не может быть корректно оценена с использованием TAPSE.

<b>Ключевые слова:</b>	TAPSE; дефекты межпредсердной перегородки; коарктация аорты; правый желудочек; 3D-эхокардиография; дети.
<b>Финансирование:</b>	исследование выполнено без финансовой поддержки грантов, общественных, некоммерческих, коммерческих организаций и структур.
<b>Соответствие принципам этики:</b>	информированное согласие было получено от всех пациентов.
<b>Для цитирования:</b>	Сморгон А.В., Соколов А.А., Солдатенко М.В. Амплитуда систолического смещения плоскости фиброзного кольца трикуспидального клапана в оценке сократимости правого желудочка у детей. <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины.</i> 2025;40(1):69–76. <a href="https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-1-69-76">https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-1-69-76</a> .

# The use of tricuspid annular plane systolic excursion in assessment of right ventricular contractility in children

Andrey V. Smorgon, Alexander A. Sokolov, Michail V. Soldatenko

Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences (Cardiology Research Institute, Tomsk NRMС),  
111a, Kievskaya str., Tomsk, 634012, Russian Federation

## Abstract

Echocardiographic assessment of the contractility of the right ventricle (RV) is a difficult task due to its special shape. Two indicators are most often used to assess pancreatic contractility: the amplitude of the systolic displacement of the plane of the fibrous ring of the tricuspid valve and right ventricular fractional area change (FAC) due to good reproducibility and ease of measurement. The correctness of using TAPSE has been increasingly questioned lately.

**Aim:** To study the association of tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) with pancreatic contractility, changes in the volume of the right chambers in children with atrial septal defect (ASD) during surgical treatment. To evaluate the relationship of TAPSE with the indicators of anthropometry.

**Material and Methods.** The examination was performed on the basis of a retrospective analysis of two-dimensional echocardiographic data. Three-dimensional echocardiography (3D echo) was the reference method for assessing RV contractility.

**Results.** Based on a retrospective correlation analysis of echocardiography data in 729 healthy children aged 1–17 years and 120 children with ASD of the same age, it was found that the maximum relationship between TAPSE was observed with age ( $r = 0.54$ ) and anthropometric data ( $r = 0.59$ ). There was a fairly high correlation between the linear dimensions of the right atrium and the right ventricle ( $r = 0.59$ ). The correlation of TAPSE and RV ejection fraction (EF) according to 3D echo data was absent in the control group and in children with ASD. The indicator was evaluated in the near future (6 days) and in the long term (1–3 years) after surgical correction in 60 children with ASD and 30 with coarctation of the aorta. At all stages after surgery, the indicator decreased in all operated patients, did not recover after 1 year and had no correlation with the pancreatic ejection fraction according to 3D echo data.

**Conclusions.** In children without structural pathology of the heart, the TAPSE indicator does not reflect the contractility of the right ventricle and depends on anthropometric data and the linear dimensions of the right chambers. TAPSE in ASD children was more depended by volumetric overload of the right chambers than by contractility of the right ventricle. Contractility of the right ventricle in children after cardiac surgery cannot be correctly assessed using TAPSE.

<b>Keywords:</b>	tricuspid annular plane systolic excursion; TAPSE; atrial septal defects; coarctation of the aorta; 3D transthoracic echocardiography, right ventricle.
<b>Funding:</b>	the study was carried out without financial support from grants, public, non-profit, commercial organizations and structures.
<b>Compliance with ethical standards:</b>	informed consent was obtained from all patients.
<b>For citation:</b>	Smorgon A.V., Sokolov A.A., Soldatenko M.V. The use of tricuspid annular plane systolic excursion in assessment of right ventricular contractility in children. <i>Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine</i> . 2025;40(1):69–76. <a href="https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-1-69-76">https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-1-69-76</a> .

## Введение

Эхокардиографическая оценка объемов и функции правого желудочка (ПЖ) является трудной задачей, что обусловлено его сложной анатомией. Существует несколько подходов к оценке ПЖ. Самым простым и распространенным способом оценки является двумерная (2D) трансторакальная эхокардиография, измеряющая суррогатные показатели, такие как систолическое движение фиброзного кольца трехстворчатого клапана (TAPSE), изменение площади фракции ПЖ (FACпж) и тканевая доплеровская скорость латеральной стороны плоскости трехстворчатого клапана. Однако как объемы, так и функции лучше оцениваются с помощью 3D-эхокардиографии (3D-эхо) и магнитно-резонансной томографии сердца (МРТ). Эхокардиографическими способами оцен-

ки контрактильности ПЖ являются визуально полуколичественное и относительно количественное измерение (FAC), метод тканевого доплера, смещение плоскости трикуспидального клапана, оценка глобального стрейна ПЖ, 3D-эхо.

Дополнительным способом считается полуколичественный анализ из апикальной 4-камерной позиции. ПЖ считается нормальных размеров, когда он меньше 2/3 размера левого желудочка (ЛЖ), при условии, что ЛЖ нормального размера. ПЖ немного увеличен, когда он превышает 2/3 ЛЖ; умеренно увеличен – в случае сопоставимых размеров с ЛЖ; резко расширен – в ситуации преобладания над ЛЖ [1, 2].

Измерение скорости систолического движения (S') фиброзного кольца трикуспидального клапана является одним из наиболее надежных и воспроизводимых мето-

дов оценки систолической функции ПЖ.  $S'$  положительно коррелирует с фракцией выброса (ФВ) ПЖ, рассчитанной методом MPT [3]. Следует учитывать, что  $S'$  является величиной, зависящей от нагрузки, и требует коррекции, когда частота сердечных сокращений (ЧСС) составляет менее 70 или более 100.

Систолическая экскурсия плоскости трехстворчатого кольца (TAPSE) коррелирует с ФВ ПЖ, оцененной с помощью радионуклидной вентрикулографии или MPT [4]. TAPSE зависит от нагрузки и угла наклона, и расчет этого параметра не всегда возможен. Показатель может оказаться в ситуации псевдонормализации при снижении времени изоволюмического сокращения, связанного с резким повышением диастолического давления в ПЖ, что может иметь место при тяжелом инфаркте миокарда ПЖ. Использование TAPSE привлекает простотой применения, требует малых временных затрат.

Показатель  $dp/dt$  ПЖ отражает скорость повышения давления в желудочке и может быть использован для оценки систолической функции ПЖ. По сравнению с  $dp/dt$  ЛЖ данных о  $dp/dt$  ПЖ значительно меньше; вследствие чего измерение  $dp/dt$  ПЖ в повседневной практике используется не часто. Показано, что величина не коррелирует с ФВ ПЖ и функциональным классом [5].

Предлагается провести дополнительное исследование ПЖ по длинной оси с оптимальной визуализацией верхушки. В этом случае алгоритм «площадь × длина» (фактически FAC) соответствует способу измерения ФВ ПЖ с помощью 3D-эхо [6].

В исследовании гетерогенной группы пациентов, направленном на оценку функции ПЖ, сравнивались TAPSE, FAC, трикуспидальный пик  $S'$ , продольная деформация и их корреляция с ФВ ПЖ, измеренная методом MPT [6]. Обнаружено, что все тестируемые параметры связаны со снижением ФВ ПЖ (< 45%). Наиболее сильная корреляция наблюдалась для продольной деформации свободной стенки ПЖ.

Таким образом, из доступных вариантов эхокардиографической оценки функции ПЖ можно выделить TAPSE и FAC. [7]. Вместе с тем некоторых исследователей насторожил факт снижения TAPSE у всех детей в первые дни после операций, проведенных по поводу различных врожденных пороков сердца. При этом не отмечено клинических признаков снижения насосной функции ПЖ. Сопоставив данные TAPSE с FACпж, исследователи высказали мнение, что измерение TAPSE у детей для мониторинга функции ПЖ в послеоперационный период неоднозначно по информационной ценности [8]. Тем не менее, показатель остается широко используемым критерием оценки контрактильной функции ПЖ у пациентов с различной патологией. Таким образом, исследование, направленное на изучение TAPSE у пациентов, прооперированных по поводу врожденных пороков сердца, является актуальным.

Цель исследования: изучить связь TAPSE с сократимостью, изменением объемов правых камер у детей с дефектом межпредсердной перегородки (ДМПП) в процессе хирургического лечения, а также оценить взаимосвязь TAPSE с показателями антропометрии.

## Материал и методы

Настоящее исследование основано на ретроспективном анализе цифровых эхокардиографических данных и постобработке видеоизображений. Эхокардио-

графию выполняли с использованием ультразвуковых систем iE33 X-Matrix и Epiq 7 (Philips, США). Применяли матричные датчики с частотами 3–8 и 1–5 мГц, использовали двухмерную, трехмерную, M-режимную эхокардиографию, проводили тканевое доплеровское импульсно-волновое исследование. Объемы камер в систолу и диастолу объем ПЖ и его контрактильность определяли с помощью 3D-эхо по стандартным методикам [9]. Результаты измерений вносили в электронную базу данных, все видеоизображения сохраняли на цифровых носителях для последующей обработки. Статистическую обработку цифрового материала осуществляли с помощью прикладного пакета программ STATISTICA 8. Распределение количественных показателей в группах было нормальным. Сравнение количественных показателей в двух независимых группах выполняли по t-критерию Стьюдента. Для анализа количественных показателей в динамике использовали дисперсионный анализ повторных измерений. Для оценки взаимосвязи показателей применяли коэффициент корреляции Пирсона.

Трехмерное исследование ПЖ выполнили выборочно у 60 детей с ДМПП и у 30 детей с коарктацией аорты (КоА) на этапах хирургической коррекции: исходно, через 6 дней и через 1 год после операции. В контрольной группе 3D-эхо оценку ПЖ провели у 60 обследуемых лиц.

Определяли следующие эхокардиографические показатели:

- вертикальный размер (длина) ПЖ (ПЖдл), измеряемый в стандартной четырехкамерной позиции;
- конечный диастолический объем правого желудочка (КДОпж);
- ФВ ПЖ, оцениваемая с использованием 3D-эхо;
- конечный диастолический индексированный объем левого желудочка (КДИлж);
- индексированный конечный диастолический объем правого желудочка (КДИпж), измеряемый с использованием 3D-эхо;
- ФВ ЛЖ в В-режиме (Simpson)
- индекс объема правого предсердия (ППИ);
- индекс массы миокарда ЛЖ (ИММлж);
- систолическое давление в ПЖ (СДПЖ);
- амплитуда смещения плоскости трикуспидального клапана в систолу, мм (TAPSE);
- вертикальный размер ПП в 4-камерной позиции, мм (высота ПП);
- изменение площади ПЖ от диастолы к систоле, % (FAC);
- соотношение объемов кровотока в малом и большом кругах кровообращения ( $Q_p/Q_s$ ) как отношение ударного объема ПЖ к ударному объему ЛЖ.

Объем и ФВ ПЖ рассчитывали по обычному алгоритму стандартной программы Q-lab Ver 15 [10]. Для оценки взаимосвязи TAPSE с физиологическими характеристиками внутрисердечной гемодинамики в клинических условиях изучили ряд общепринятых показателей эхокардиографии в различных условиях: в физиологических и при изменяющейся преднагрузке ПЖ (операция с искусственным кровообращением). Всего проанализировано 879 проведенных эхокардиографических исследований у детей.

Для оценки корреляции TAPSE с возрастом и антропометрией пациенты были разделены на две группы: здоровые дети (контрольная группа, КГ 1) в возрасте 1–17 лет ( $n = 729$ ) и пациенты с ДМПП (ДМПП 1) в возрасте 1–17

лет ( $n = 120$ ). Из пациентов данных групп были сформированы две подгруппы, сопоставимые по возрасту, полу и антропометрическим данным: группа здоровых детей (КГ 2) в возрасте 3–6 лет ( $n = 60$ ) и группа пациентов с ДМПП (ДМПП 2) ( $n = 60$ ) в возрасте 3–6 лет. Исследование в группе ДМПП 2 проводилось до и после операции (6-й день, 1 год). Также сформирована группа детей с КоА в возрасте 1–8 лет ( $n = 30$ ), в которой эхокардиография также выполнялась до и после операции (6-й день, 1 год).

### Алгоритм исследования

Последовательность анализа представлена на рисунке 1. На первом этапе исследования были оценены значения и корреляция показателей в выборке у 729 детей без врожденных пороков сердца в возрасте 1–17 лет и у 120 детей с ДМПП того же возраста.

Группы были сопоставимы как по средним и медианым значениям возраста и по распределению возраста в выборках.

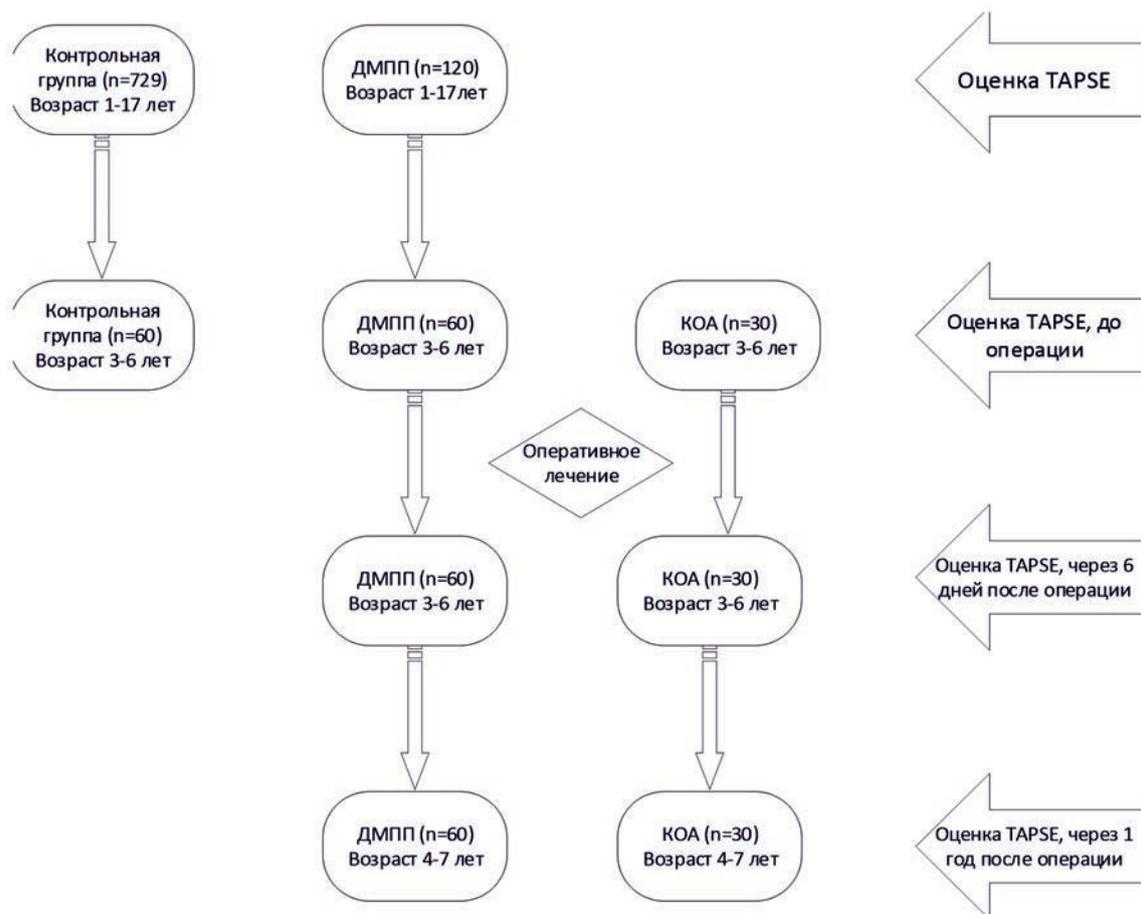


Рис. 1. Дизайн исследования  
Fig. 1. Study design

Вторым этапом была оценка взаимосвязи показателя TAPSE с антропометрическими и эхокардиографическими параметрами у детей с ДМПП и КоА на этапах хирургической коррекции. В выборке из 60 больных с ДМПП (ДМПП 2) и 30 детей с КоА удалось оценить показатели исходно, через 6 дней и через год после операции. Все пациенты ко второму этапу исследования были в возрасте 3–6 лет. Из 60 детей того же возраста была сформирована контрольная группа (КГ 2).

### Результаты

Определялась широкая вариабельность показателя TAPSE в популяции здоровых детей различного возраста и детей с ДМПП (рис. 2, 3). В контрольной группе средние и медианные значения TAPSE у детей с ДМПП в возрасте 1–17 лет не различались, у 95% обследуемых с ДМПП показатель превышал 18 мм (минимальное значение в выборке – 13 мм, максимальное – 39 мм), а у 95% детей контрольной группы – более 17 мм (минимальное – 13 мм, максимальное – 32 мм (табл. 1).

Таблица 1. TAPSE у здоровых детей и пациентов с дефектом межпредсердной перегородки в возрасте 1–17 лет

Table 1. TAPSE in healthy children and patients with atrial septal defects aged 1–17 years

Группа	$n$	Mean	Median	Min	Max	Q1	Q3	Var	SD
ДМПП 1	120	24,68	24,00	13,00	39,0	21,0	28,0	26,21	5,11
КГ 1	729	20,70	21,00	13,00	32,0	–	22,0	8,80	2,96

Примечание: ДМПП 1 – дефект межпредсердной перегородки, КГ 1 – контрольная группа.

В контрольной группе величина TAPSE имела высокую и статистически значимую корреляцию как с антропометрическими, так и с некоторыми показателями линейных размеров эхокардиографии (табл. 2).

**Таблица 2.** Коэффициенты корреляции Пирсона показателя TAPSE с данными антропометрии и некоторыми эхокардиографическими параметрами у детей контрольной группы (КГ 1, n = 729)

**Table 2.** Pearson correlations of TAPSE with anthropometry data and some echocardiographic parameters in children of the control group (КГ 1, n = 729)

Показатели	r	p
Возраст, лет	0,54	0,001
Рост, см	0,59	0,001
ППТ, м <sup>2</sup>	0,59	0,001
Высота ПП, мм	0,59	0,001
ПЖдл, мм	0,56	0,001
ЧСС, уд/мин	-0,46	0,001
ФВ ЛЖ, %	0,03	0,21
ППИ, мл/м <sup>2</sup>	0,26	0,0001
ПЖ 3Дфв*	-0,11	0,1
КДИлж	0,46	0,001
КДИпж *	0,017	0,52
УИ	0,40	0,002
ИММлж	0,37	0,01
СДПЖ, мм рт. ст.	-0,11	0,151
ФАСпж, %	-0,1	0,12

Примечание: ППТ – площадь поверхности тела, ЧСС – частота сердечных сокращений, ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка в В-режиме (Simpson), ППИ – индекс объема правого предсердия, ПЖ 3Дфв – фракция выброса правого желудочка в 3D, КДИлж – конечный диастолический индексированный объем левого желудочка, КДИпж – индексированный конечный диастолический объем правого желудочка (3D-эхо), УИ – ударный индекс, ИММлж – индекс массы миокарда левого желудочка, СДПЖ – систолическое давление в правом желудочке. \* – выборка 60 пациентов.

Кроме того, значение TAPSE было тесно связана с возрастом и вертикальным размером ПП. Следует отметить, что корреляция TAPSE с ФВ ПЖ, по данным 3D-эхо, была отрицательная и статистически незначимая (см. табл. 2). Обратную и статистически значимую корреляцию показатель имел с ЧСС.

Отдельный интерес представляло изучение TAPSE в клинических группах. Мы оценили взаимосвязь показателя у детей с межпредсердными дефектами до и после операции с искусственным кровообращением.

На рисунке 2 представлены значения ФВ ПЖ, согласно данным 3D-эхо, и TAPSE. У детей с ДМПП ФВ ПЖ была выше, чем в контрольной группе. В то же время в группах значения TAPSE не различались.

У 60 детей с ДМПП оценили корреляцию TAPSE с некоторыми эхокардиографическими показателями и данными антропометрии на этапах хирургической коррекции порока. Исследование выполнено перед операцией, на 6-й день после операции и через 1 год (табл. 3).

Необходимо подчеркнуть, что у детей с ДМПП корреляция ФАС (%) и ФВ ПЖ, по данным 3D-эхо, составила до операции 0,82 (p = 0,001), у детей с КоА – 0,75 (p = 0,001), в контрольной группе – 0,80 (p = 0,001). Для определения значимости показателя в оценке сократимости ПЖ мы изучили динамику показателя у 30 детей с КоА до и после операции. В данной группе не было какого-либо хирургического воздействия на правые камеры сердца, способного повлиять на сократимость ПЖ. До операции значение TAPSE в группах с ДМПП 2 и КоА не различа-

лось, при этом умеренно, но статистически значимо превышало таковое в контрольной группе (табл. 4).

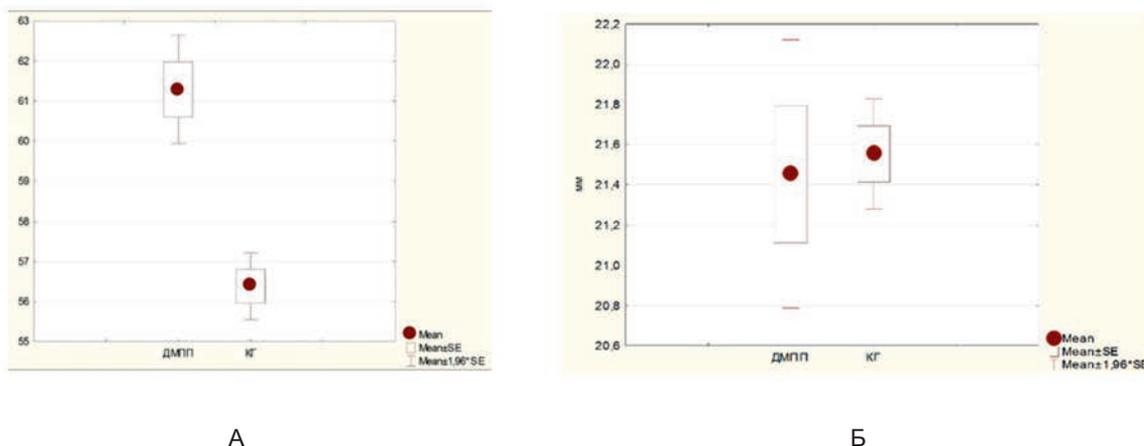
Динамика показателя TAPSE на этапах хирургической коррекции порока имела сходные изменения при ДМПП и при КоА. В таблице 4 представлены изучаемые показатели в клинических группах на этапах наблюдения. В группе ДМПП 2 ФВ ЛЖ снижалась через 6 дней после операции с  $60,1 \pm 7,5$  до  $49,2 \pm 8,8\%$  (p = 0,01) и через год составляла  $53,3 \pm 7,3\%$ . Показатель статистически значимо не отличался от контрольной группы (КГ 2) и составлял  $56,2 \pm 8,4\%$ . У больных с КоА ФВ ПЖ снижалась с  $55,6 \pm 6,6$  до  $49,6 \pm 9,6\%$  через 6 дней и возрастала до  $50,2 \pm 7,8$  через год. Исходные значения TAPSE в группах больных статистически значимо не различались между собой, а также по сравнению с контрольной группой. В ранний послеоперационный период показатель снижался практически в два раза по сравнению с исходными значениями и не восстанавливался через 1 год после операции у детей с ДМПП и КоА (группы ДМПП 2 и КоА). Следует отметить, что если в группе ДМПП 2 показатель TAPSE до операции имел умеренную, но достоверную корреляцию с ФВ ПЖ (см. табл. 3), то после операции корреляция отсутствовала.

## Обсуждение

Оценка контрактильности ПЖ является непростой задачей при повышении преднагрузки ПЖ, повышении давления в малом круге, при проблемах, связанных с коронарным кровообращением, при аритмогенной кардиомиопатии и в других ситуациях [11, 12]. Наиболее популярным ультразвуковым суррогатным маркером сократимости ПЖ является TAPSE [13]. Показатель «подкупает» малыми временными затратами, простотой методики и воспроизводимостью. Развитие других способов и методов оценки сократимости ПЖ, таких как 3D-эхо, МРТ, способствовало переосмыслению и переоценке значения данного показателя для определения функции ПЖ [14].

Мы сопоставили данные 3D-эхо, рутинные показатели 2D-эхокардиографии, антропометрические параметры с TAPSE у здоровых детей, у лиц с межпредсердными дефектами и КоА в исходном состоянии и при хирургической коррекции данных врожденных пороков. Ранее было показано, что значения TAPSE в выборке здоровых детей в возрасте от новорожденности до 17 лет составляли  $17,09 \pm 5,09$  мм [15]. Авторы продемонстрировали, что данный показатель имел высокую корреляцию с ППТ – 0,81. Мы также установили у здоровых детей высокую корреляцию как с ППТ, так и с возрастом, ростом, высотой ПП (см. табл. 2). Обращает на себя внимание и наличие статистически значимой обратной корреляции с ЧСС (-0,46). Прямую корреляцию показатель имел с длинником ПЖ, индексированным диастолическим объемом ЛЖ. Однако, согласно данным 3D-эхо, не было корреляции с индексированным объемом ПЖ и с ФВ ПЖ (см. табл. 2). Все это указывает на то, что для оценки сократимости ПЖ у здоровых лиц данный показатель не имеет большого значения.

Особый интерес представляла оценка прикладного клинического значения TAPSE при различной патологии. Показатели TAPSE в группе лиц контрольной группы и детей с ДМПП статистически значимо не различались как по средним, так и по медианным значениям (группы ДМПП 1 и КГ 1, см. табл. 1). Вместе с тем вариабельность показателя у детей с ДМПП была в два раза выше, чем



А

Б

Рис. 2. Диаграммы размаха среднего значения фракции выброса правого желудочка (А) и TAPSE (Б) у пациентов с дефектом межпредсердной перегородки и в контрольной группе (%)  
Примечание: SE – стандартная ошибка.

Fig. 2. Boxplots of RV EF (%) means (A) and TAPSE (B) in ASD patients and in the control group  
Note: SE – standard error.

**Таблица 3.** Динамика корреляции эхокардиографических показателей с TAPSE у детей с дефектом межпредсердной перегородки на этапах хирургического лечения (ДМПП 2)  
**Table 3.** Dynamics of the correlation of echocardiographic parameters with TAPSE in children with atrial septal defects at the stages of surgical treatment (ASD 2)

Показатели	Исходно		6-й день после операции		1 год после операции	
	r	p	r	p	r	p
Возраст, лет	0,31	0,001	0,42	0,001	-0,07	0,69
Рост, см	0,30	0,001	0,42	0,001	-0,12	0,51
ППТ, м <sup>2</sup>	0,28	0,001	0,42	0,001	0,11	0,54
Высота ПП, мм	0,56	0,001	0,42	0,001	-0,06	0,76
ПЖдл, мм	0,56	0,001	0,45	0,001	0,72	0,001
ЧСС, уд/мин	-0,14	0,04	-0,36	0,001	-0,02	0,8
ФВ ЛЖ, %	0,07	0,25	0,04	0,41	0,27	0,06
ППИ, мл/м <sup>2</sup>	0,39	0,0001	0,21	0,02	0,25	0,07
ПЖ 3Дфв, % (n = 60)	0,37	0,001	-0,03	0,73	-0,17	0,91
КДИлж, мл/м <sup>2</sup>	0,05	0,7	0,50	0,001	-0,07	0,7
КДИпж, мл/м <sup>2</sup>	0,47	0,001	0,25	0,02	0,03	0,88
УИ, мл/м <sup>2</sup>	0,07	0,27	0,47	0,001	0,09	0,62
ИММлж, г/м <sup>2</sup>	0,05	0,44	0,38	0,001	-0,19	0,3
Qp/Qs	0,34	0,001	-	-	-	-
СДПЖ, мм рт. ст.	0,35	0,001	0,05	0,76	0,16	0,468
ФАС, %	0,38	0,001	0,12	0,22	-0,15	0,391

Примечание: ППТ – площадь поверхности тела, ЧСС – частота сердечных сокращений, ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка в В-режиме (Simpson), ППИ – индекс объема правого предсердия, ПЖ 3Дфв – фракция выброса правого желудочка в 3D, КДИлж – конечный диастолический индексированный объем левого желудочка, КДИпж – индексированный конечный диастолический объем правого желудочка (3D), УИ – ударный индекс, ИММлж – индекс массы миокарда левого желудочка, Qp/Qs – соотношение легочного и системного кровотока, СДПЖ – систолическое давление в правом желудочке.

**Таблица 4.** Изменение фракции выброса правого желудочка и TAPSE у детей с дефектом межпредсердной перегородки и коарктацией аорты после хирургического лечения (M ± SD)

**Table 4.** Changes in the right ventricular ejection fraction and TAPSE in children with atrial septal defects and coarctation after surgical treatment (M ± SD)

Группы	ФВ ПЖ, %			TAPSE, мм		
	Исх.	6 дней	1 год	Исх.	6 дней	1 год
ДМПП 2 (n = 60)	60,2 ± 8,5	49,9 ± 8,9*	53,0 ± 7,3*	23,1 ± 3,91	10,1 ± 5,02*	13,5 ± 4,95*
КоА (n = 30)	55,5 ± 6,6	47,6 ± 9,6*	49,9 ± 8,2*	24,1 ± 4,10	12,3 ± 5,27*	15,6 ± 5,31*
КГ 2 (n = 60)	56,2 ± 8,4			20,7 ± 2,96		

Примечание: ДМПП – дефект межпредсердной перегородки, КоА – коарктация аорты, \* – значимые динамические различия с исходным показателем.

в контрольной группе. В ранее проведенных исследованиях установлено как снижение TAPSE при ДМПП [16], так и увеличение TAPSE и скорости движения фиброзного кольца трикуспидального клапана, которые нормализовались после коррекции [17]. Данные факты указывали на неоднозначность использования и интерпретации TAPSE как показателя, характеризующего глобальную контрактильность ПЖ.

В отдельной группе больных с ДМПП в возрасте 3–6 лет и сопоставимой по возрасту выборке контрольной группы (группы ДМПП 2 и КГ 2) изучали взаимосвязь TAPSE с эхокардиографическими показателями, включая 3D-эхо как в исходном состоянии, так и на этапах хирургической коррекции порока. Перед операцией ФВ ПЖ у детей с ДМПП была выше, чем в контрольной группе (см. табл. 4), в то время как значения TAPSE достоверно не различались. В отсутствие легочной гипертензии увеличение сократимости ПЖ при ДМПП объясняется его закономерной дилатацией и сохранностью механизма Старлинга [18].

В нашем исследовании на это указывало то, что в группе детей с ДМПП КДИПж составил  $79,6 \pm 17,2$ , а в контрольной группе –  $65,5 \pm 14$  мл/м<sup>2</sup> ( $p = 0,03$ ). При этом величина TAPSE статистически значимо коррелировала с индексированным объемом ПЖ в большей мере ( $r = 0,47$ ; см. табл. 3), чем с ФВ ( $r = 0,37$ ). В ранний послеоперационный период (6-й день) у всех детей с ДМПП и КоА наблюдали резкое снижение TAPSE. В ранний послеоперационный период у детей с ДМПП сохранялась небольшая, но статистически значимая корреляция между TAPSE и индексированным объемом ПЖ (см. табл. 3). Оценка TAPSE и ФВ ПЖ в послеоперационный период показала их однонаправленные изменения через 6 дней и через год наблюдения. Вместе с тем выраженность редукции TAPSE в ранний послеоперационный период была более значительной, чем снижение ФВ ПЖ: если TAPSE снижалась в 2 раза в обеих группах, то ФВ ПЖ лишь на 14% в группе с КоА и на 19% в группе с ДМПП (см. табл. 4). Наличие умеренно значимой корреляции между показателями TAPSE и ФВ ПЖ в предоперационный период и ее отсутствие после операции (см. табл. 3) дают основание утверждать, что TAPSE не позволяет количественно характеризовать сократимость ПЖ. В пользу данного положения свидетельствует более высокая статистически значимая корреляция TAPSE с данными антропометрии и линейными размерами правых камер сердца. Сомнительность значения TAPSE в оценке сократимости ПЖ подчеркивает аналогичная динамика данного показателя в послеоперационный период у детей с изменяющейся и стабильной преднагрузкой ПЖ – при ДМПП, без изменения преднагрузки ПЖ – при КоА. При изучении динамики TAPSE у детей на этапах коррекции врожденных пороков (ДМПП, дефект межжелудочковой перегородки, тетрада Фалло) было продемонстрировано, что данный показатель в послеоперационный период снижался, так же как и амплитуда смещения фиброзного кольца митрального клапана. Выявлено снижение данного показателя по сравнению с исходными значениями. Вместе с тем значение ФАСпж, более точно характеризующее сократимость ПЖ, не уменьшалось [8]. Данные результаты согласуются с нашими данными, указывающими на снижение TAPSE в послеоперационный период.

Можно считать, что причиной снижения TAPSE после операции является не изменение объемных характери-

стик ПЖ и сократимости, а собственно хирургическое вмешательство. Следует отметить, что снижение TAPSE обнаруживали не после рассечения перикарда, а после отключения аппарата искусственного кровообращения и закрытия грудины [19]. Одним из механизмов уменьшения TAPSE после кардиохирургических вмешательств является трансформация сокращения ПЖ из доминирования продольного движения в поперечное, что связано с рассечением перикарда [20]. Описано влияние легочной гипертензии на снижение продольного движения миокарда [20]. В нашем исследовании значение показателя TAPSE у детей с ДМПП имело прямую, статистически значимую корреляцию с СДПЖ (см. табл. 3). После операции корреляция не регистрировалась. Данный факт в определенной мере может свидетельствовать о сомнительном влиянии повышенного давления в ПЖ на продольное движение миокарда ПЖ, а также и на TAPSE.

### Выводы

У детей без структурной патологии сердца показатель TAPSE не отражает сократимость ПЖ и зависит от антропометрических данных и линейных размеров правых камер.

TAPSE у детей с ДМПП в большей мере характеризует объемную перегрузку правых камер, чем сократимость ПЖ.

Сократимость ПЖ у детей после кардиохирургических операций не может быть корректно оценена с использованием TAPSE.

### Литература / References

1. Rudski L.G., Lai W.W., Afialo J., Hua L., Handschumacher M.D., Chandrasekaran K. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2010;23(7):685–713; quiz 786–788. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2010.05.010>
2. James A.T., Corcoran J.D., Franklin O., El-Khuffash A.F. Clinical utility of right ventricular fractional area change in preterm infants. *Early Hum. Dev.* 2016;92:19–23. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2015.10.015>
3. Focardi M., Cameli M., Carbone S.F., Massoni A., De Vito R., Lisi M., Mondillo S. Traditional and innovative echocardiographic parameters for the analysis of right ventricular performance in comparison with cardiac magnetic resonance. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2015;16(1):47–52. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeu156>
4. Koestenberger M., Nagel B., Avian A., Ravekes W., Sorantin E., Cvirn G. et al. Systolic right ventricular function in children and young adults with pulmonary artery hypertension secondary to congenital heart disease and tetralogy of Fallot: tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) and magnetic resonance imaging data. *Congenit. Heart Dis.* 2012;7(3):250–258. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0803.2012.00655.x>
5. Kanzaki H., Nakatani S., Kawada T., Yamagishi M., Sunagawa K., Miyatake K. Right ventricular dP/dt/P(max), not dP/dt(max), noninvasively derived from tricuspid regurgitation velocity is a useful index of right ventricular contractility. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2002;15(2):136–142. <https://doi.org/10.1067/mje.2002.115773>
6. Соколов А.А., Марцинкевич Г.И. Трехмерные, двухмерные и неволюметрические эхокардиографические методы оценки контрактильности правого желудочка. *Кардиология в Беларуси.* 2016;8(1):98–107. Sokolov A.A., Martsinkevich G.I. The evaluation of contractility of the right ventricle by three and two-dimensional echocardiography and with using non volumetric methods. *Kardiologiya v Belarusi.* 2016;8(1):98–107.
7. Martha J.W., Pranata R., Wibowo A., Lim M.A. Tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) measured by echocardiography and mortality in COVID-19: A systematic review and meta-analysis. *Int. J. Infect. Dis.* 2021;105:351–356. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2021.02.029>
8. Mađry W., Karolczak M.A., Myszkowski M. Critical appraisal of MAPSE and TAPSE usefulness in the postoperative assessment of ventricular

- contractile function after congenital heart defect surgery in infants. *J. Ultraso.* 2019;19(76):9–16. <https://doi.org/10.15557/JoU.2019.0002>
9. Sokolov A.A., Varvarenko V.I., Egunov O.A., Smorgon A.V. Left atrial shape and function after endovascular and surgery atrial septal defects correction in children. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine.* 2024;39(4):162–170. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-4-162-170>
  10. Valle C., Ujvari A., Elia E., Lu M., Gauthier N., Hoganson D. et al. Right ventricular contraction patterns in healthy children using three-dimensional echocardiography. *Front. Cardiovasc. Med.* 2023;10:1141027. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1141027>
  11. Meyer P., Filippatos G.S., Ahmed M.I., Iskandrian A.E., Bittner V., Perry G.J. et al. Effects of right ventricular ejection fraction on outcomes in chronic systolic heart failure. *Circulation.* 2010;121(2):252–258. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.109.887570>
  12. Melenovsky V., Kotrc M., Borlaug B.A., Marek T., Kovar J., Malek I. et al. Relationships between right ventricular function, body composition, and prognosis in advanced heart failure. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2013;62(18):1660–1670. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.06.046>
  13. Ghio S., Recusani F., Klersy C., Sebastiani R., Laudisa M., Campana C. et al. Prognostic usefulness of the tricuspid annular plane systolic excursion in patients with congestive heart failure secondary to idiopathic or ischemic dilated cardiomyopathy. *Am. J. Cardiol.* 2000;85(7):837–842. [https://doi.org/10.1016/s0002-9149\(99\)00877-2](https://doi.org/10.1016/s0002-9149(99)00877-2)
  14. Mercer-Rosa L., Parnell A., Forfia P.R., Yang W., Goldmuntz E., Kawut S.M. Tricuspid annular plane systolic excursion in the assessment of right ventricular function in children and adolescents after repair of tetralogy of Fallot. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2013;26(11):1322–1329. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2013.06.022>
  15. Núñez-Gil I.J., Rubio M.D., Cartón A.J., López-Romero P., Deiros L., García-Guereta L. et al. Determination of normalized values of the tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) in 405 Spanish children and adolescents. *Rev. Esp. Cardiol.* 2011;64(8):674–680. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2011.04.006>
  16. Akula V.S., Durgaprasad R., Velam V., Kasala L., Rodda M., Erathi H.V. Right ventricle before and after atrial septal defect device closure. *Echocardiography.* 2016;33(9):1381–1388. <https://doi.org/10.1111/echo.13250>
  17. Ağaç M.T., Akyüz A.R., Acar Z., Akdemir R., Korkmaz L., Kırış A. et al. Evaluation of right ventricular function in early period following transcatheter closure of atrial septal defect. *Echocardiography.* 2012;29(3):358–362. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8175.2011.01558.x>
  18. Li H., Ye T., Su L., Wang J., Jia Z., Wu Q. et al. Assessment of right ventricular-arterial coupling by echocardiography in patients with right ventricular pressure and volume overload. *Rev. Cardiovasc. Med.* 2023;24(12):366. <https://doi.org/10.31083/j.rcm2412366>
  19. Bitcon C.J., Tousignant C. The effect of pericardial incision on right ventricular systolic function: a prospective observational study. *Can. J. Anaesth.* 2017;64(12):1194–1201. <https://doi.org/10.1007/s12630-017-0972-3>
  20. Raina A., Vaidya A., Gertz Z.M., Chambers S., Forfia P.R. Marked changes in right ventricular contractile pattern after cardiothoracic surgery: implications for post-surgical assessment of right ventricular function. *J. Heart Lung. Transplant.* 2013;32(8):777–783. <https://doi.org/10.1016/j.healun.2013.05.004>

## Информация о вкладе авторов

Smorgon A.V. – выполнение эхокардиографии пациентам, формирование выборки, формирование окончательного варианта статьи.

Sokolov A.A. – проведение ЭхоКГ пациентам, формулировка цели и задач исследования, редактирование рукописи.

Soldatenko M.V. – проведение ЭхоКГ пациентам, формирование выборки, редактирование рукописи.

Все авторы дали окончательное согласие на подачу рукописи и согласились нести ответственность за все аспекты работы, ручаясь за их точность и безупречность.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Сведения об авторах

**Smorgon Андрей Владимирович**, младший научный сотрудник, лаборатория ультразвуковых и функциональных методов исследований, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, <http://orcid.org/0000-0002-6531-7223>.

E-mail: [sav@cardio-tomsk.ru](mailto:sav@cardio-tomsk.ru).

**Соколов Александр Анатольевич**, д-р мед. наук, профессор, заведующий лабораторией ультразвуковых и функциональных методов исследования, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, <http://orcid.org/0000-0003-0513-9012>.

E-mail: [asa@cardio-tomsk.ru](mailto:asa@cardio-tomsk.ru).

**Солдатенко Михаил Владимирович**, канд. мед. наук, научный сотрудник, лаборатория ультразвуковых и функциональных методов исследований, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, <http://orcid.org/0000-0002-9886-0695>.

E-mail: [able99@mail.ru](mailto:able99@mail.ru).

 **Smorgon Андрей Владимирович**, e-mail: [sav@cardio-tomsk.ru](mailto:sav@cardio-tomsk.ru).

## Information on author contributions

Smorgon A.V. – performing echocardiography on patients, sampling, forming final version of the article.

Sokolov A.A. – performing echocardiography on patients, formulation of study purpose and objectives, manuscript editing.

Soldatenko M.V. – performing echocardiography on patients, sampling, manuscript editing.

All authors gave their final consent to the submission of the manuscript and agreed to be responsible for all aspects of the work, vouching for their accuracy and flawlessness.

**Conflict of interest:** the authors do not declare a conflict of interest

## Information about the authors

**Andrey V. Smorgon**, Junior Research Scientist, Laboratory of Ultrasound and Functional Research Methods, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia, <http://orcid.org/0000-0002-6531-7223>.

E-mail: [sav@cardio-tomsk.ru](mailto:sav@cardio-tomsk.ru).

**Alexander A. Sokolov**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Functional and Laboratory Diagnostics, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia, <http://orcid.org/0000-0003-0513-9012>.

E-mail: [asa@cardio-tomsk.ru](mailto:asa@cardio-tomsk.ru).

**Michail V. Soldatenko**, Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Laboratory of Ultrasound and Functional Research Methods, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia, <http://orcid.org/0000-0002-9886-0695>.

E-mail: [able99@mail.ru](mailto:able99@mail.ru).

 **Andrey V. Smorgon**, e-mail: [sav@cardio-tomsk.ru](mailto:sav@cardio-tomsk.ru).

Received 22.10.2024;  
review received 19.02.2025;  
accepted for publication 26.02.2025.

Поступила 22.10.2024;  
рецензия получена 19.02.2025;  
принята к публикации 26.02.2025.