

Сливнева И. В., Фарулова И. Ю., Скопин И. И.,  
Пирушкина Ю. Д., Мурысова Д. В., Марапов Д. И., Голухова Е. З.

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева», Москва, Россия

## ФУНКЦИЯ ПРАВОГО ЖЕЛУДОЧКА ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПОРОКОВ ЛЕВЫХ КАМЕР СЕРДЦА

<i>Цель</i>	Цель данного исследования – оценить функцию правого желудочка (ПЖ) при хирургическом лечении левых камер сердца.
<i>Материал и методы</i>	Данное исследование является одноцентровым проспективным когортным. В исследование вошло 197 пациентов с клапанной патологией левых камер сердца. Средний возраст пациентов составил 58 [47; 65] лет. Пациентам выполняли прекардиальное эхокардиографическое исследование до операции и в течение 1 недели после операции.
<i>Результаты</i>	Снижение показателей продольной функции и параметров глобальной сократительной функции ПЖ отмечалось у большинства пациентов после проведенного хирургического лечения. Более заметное снижение было получено по показателям продольной функции ( $p < 0,001$ ). Анализ динамики показателей сократимости ПЖ в зависимости от ведущей патологии показал наибольшие изменения показателей сократительной функции в группе митральной недостаточности. В группе митрального стеноза наибольшие различия показал параметр систолической экскурсии кольца трикуспидального клапана (TAPSE) ( $p = 0,027$ ). В группах аортальных пороков все показатели контрактильной функции ПЖ, за исключением фракционного изменения площади (FAC), продемонстрировали статистически значимое снижение после коррекции ведущего порока ( $p < 0,05$ ).
<i>Выводы</i>	Хирургическое вмешательство при вальвулопатиях левых камер сердца может приводить к снижению функции ПЖ, без связи с систолическим дефицитом левого желудочка. Современные технологии предоставляют возможность разновекторной оценки сократительной функции ПЖ. Для оценки функции ПЖ целесообразно применять комбинацию параметров, отражающих глобальную и продольную функцию.
<i>Ключевые слова</i>	Трансторакальная эхокардиография; функция правого желудочка; TAPSE; FAC RV; EF RV; FW LS RV; вальвулопатия левых камер сердца; кардиохирургия; клапанный порок сердца; аортальный стеноз; аортальная недостаточность; митральный стеноз; митральная недостаточность
<i>Для цитирования</i>	Slivneva I.V., Farulova I.Yu., Skopin I.I., Pirushkina Yu.D., Murysova D.V., Marapov D.I. et al. Right Ventricular Function in Surgical Treatment of Left Heart. <i>Kardiologiya</i> . 2023;63(12):11–21. [Russian: Сливнева И.В., Фарулова И.Ю., Скопин И.И., Пирушкина Ю.Д., Мурысова Д.В., Марапов Д.И. и др. Функция правого желудочка при хирургическом лечении пороков левых камер сердца. <i>Кардиология</i> . 2023;63(12):11–21].
<i>Для цитирования</i>	Сливнева Инесса Викторовна. E-mail: slivneva@mail.ru

### Введение

Легочная гипертензия (ЛГ), обусловленная пороком левого сердца, распространена больше, чем другие категории ЛГ по классификации Всемирной Организации Здравоохранения [1]. Несмотря на то, что связь между повышенным давлением в легочной артерии и дисфункцией правого желудочка (ПЖ) очевидна [2, 3], ЛГ не может являться единственным маркером производительности ПЖ [4].

Невзирая на потенциальную обратимость правожелудочковой дисфункции после устранения ведущей патологии, имеются данные о дисфункции ПЖ у значительной части послеоперационных пациентов [5–8]. Поэтому целью данного исследования являлся анализ эхокардиографических параметров функции ПЖ у кардиохирургических пациентов с вальвулопатией левых камер сердца на периоперационном этапе, как в гетерогенной когорте, так и в зависимости от ведущей патологии.

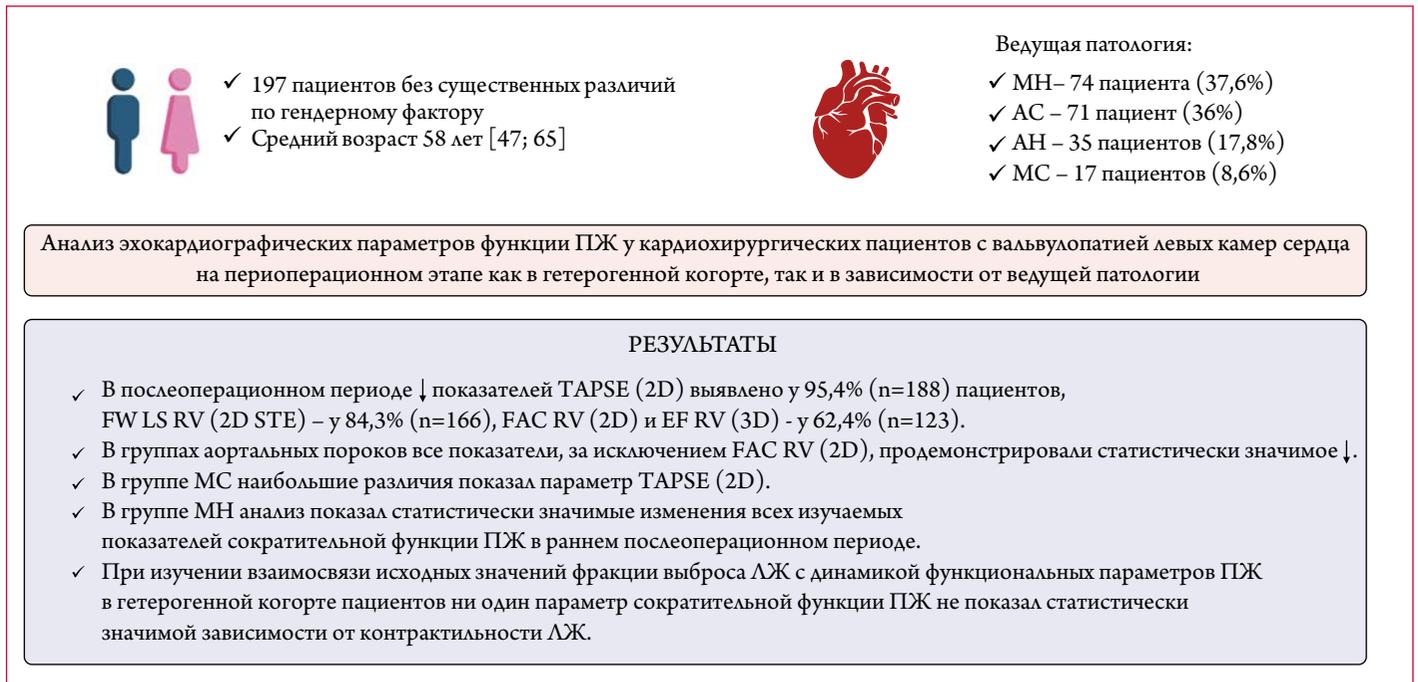
### Материал и методы

#### Дизайн исследования и профиль исследуемых

Данное исследование является одноцентровым проспективным когортным, проводимым в Центре сердечно-сосудистой хирургии имени А.Н. Бакулева за 2022 год. В соответствии с Хельсинкской декларацией локальный этический комитет рассмотрел и одобрил проведение данного исследования (протокол № 3/2022). Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Пациенты были обследованы до и после кардиохирургической операции. Критерии включения: возраст старше 18 лет, наличие ЛГ – систолическое давление в легочной артерии (СДАА)  $\geq 30$  мм рт. ст. Критерии исключения из исследования: неадекватная визуализация, не позволяющая провести сбор данных до и после операции, перенесенная операция на сердце в анамнезе, со-

Центральная иллюстрация. Функция правого желудочка при хирургическом лечении пороков левых камер сердца



МН – митральная недостаточность, АС – аортальный стеноз, АН – аортальная недостаточность, МС – митральный стеноз, ПЖ – правый желудочек, TAPSE – систолическая амплитуда движения боковой части трикуспидального кольца, FW LS RV – продольная деформация свободной стенки правого желудочка, FAC RV – фракционное изменение площади правого желудочка, EF RV – фракция выброса правого желудочка, СДЛА – систолическое давление в легочной артерии, ЛЖ – левый желудочек.

четанное поражение митрального и аортального клапана, поражение коронарных артерий (перенесенный инфаркт миокарда; реваскуляризация, в том числе эндоваскулярная), инфекционный эндокардит, миниинвазивные операции, органический порок правых камер сердца, выраженная деформация грудной клетки. Выбор хирургической техники коррекции клапанной патологии не являлся критерием исключения. В окончательный анализ вошло 197 пациентов.

**Эхокардиографический анализ**

Пациентам выполняли прекардиальное эхокардиографическое исследование до операции и в течение 1 недели после операции с помощью ультразвуковой системы PHILIPS EPIQ CVx, с использованием датчика X5–1. Все эхокардиографические исследования проводились двумя специалистами по кардиовизуализации, имеющими опыт оценки кардиохирургических пациентов. Количественные измерения получали в соответствии с рекомендациями ASE и EACVI, 2015 [9]. С помощью бипланового алгоритма по Simpson осуществлялся анализ объемных и функциональных показателей левого желудочка (ЛЖ).

Измерение максимальной скорости потока трикуспидальной регургитации (ТР) проводили в режиме непрерывного доплеровского картирования, используя апикальную четырехкамерную позицию (А4С). Поток ТР ранжировали на незначительный, умеренно-выражен-

ный и тяжелый. СДЛА рассчитывалось путем прибавления к пиковой скорости ТР значения давления в правом предсердии. Измеряли диаметр нижней полой вены из субкостального доступа и оценивали ее инспираторное спадение. В зависимости от комбинации параметров предполагаемое давление в правом предсердии составляло 5–20 мм рт. ст. [10].

**Количественный ЭхоКГ анализ правого желудочка**

Для оценки функции ПЖ использовались следующие эхокардиографические параметры: FAC RV (2D), TAPSE (2D), FW LS RV (2D STE), EF RV (3D).

TAPSE (tricuspid annular plane systolic excursion) – рассчитывалась, как систолическая амплитуда движения боковой части трикуспидального кольца (М-модальный режим).

Фракционное изменение площади ПЖ (right ventricular fractional area change – FAC RV) рассчитывалось по формуле:

$FAC RV (\%) = (EDA RV - ESA RV / EDA RV) \times 100\%$ , где EDA RV – конечная диастолическая площадь ПЖ, ESA RV – конечная систолическая площадь ПЖ.

Автоматическая сегментация технологии 3D Auto RV обеспечивает первичное выравнивание изображения и определение контуров с возможностью ручной корректировки. Объемные данные вычислялись на основе динамической модели поверхности и использовались для рас-

Таблица 1. Характеристика кардиохирургических пациентов, включенных в исследование

Показатели	Перед операцией	
Возраст, Ме [IQR] (полных лет)	58 [47; 65]	
Пол:	– мужской, абс. (%)	107 (54,3)
	– женский абс. (%)	90 (45,7)
ППТ Ме [IQR] (м <sup>2</sup> )	1,92 [1,80; 2,05]	
ИМТ, Ме [IQR] (кг/м <sup>2</sup> )	26,1 [23,7; 29,7]	
Ритм при госпитализации:	– синусовый, абс. (%)	166 (84,3)
	– ФП, абс. (%)	31 (15,7)
<i>Ведущая патология</i>		
Аортальный стеноз, абс. (%)	71 (36,0)	
Аортальная недостаточность, абс. (%)	35 (17,8)	
Митральный стеноз, абс. (%)	17 (8,6)	
Митральная недостаточность, абс. (%)	74 (37,6)	
<i>Сопутствующая патология</i>		
ХОБЛ, абс. (%)	25 (12,7)	
Бронхиальная астма, абс. (%)	4 (2,0)	
Сахарный диабет, абс. (%)	9 (4,6)	
Хроническая болезнь почек, абс. (%)	6 (3,0)	
Перенесенный ОНМК, абс. (%)	3 (1,5)	
Варикозная болезнь вен нижних конечностей, абс. (%)	43 (21,8)	
Атеросклеротическая болезнь сосудов шеи, абс. (%)	34 (17,3)	
Артериальная гипертензия	I степени, абс. (%)	4 (2,0)
	II степени, абс. (%)	32 (16,2)
	III степени, абс. (%)	80 (40,6)
ХСН2а степени, абс. (%)	189 (95,9)	
ХСН 2б степени, абс. (%)	8 (4,1)	
ФК по NYHA II, абс. (%)	52 (26,4)	
ФК по NYHA III, абс. (%)	138 (70,1)	
ФК по NYHA IV, абс. (%)	7 (3,6)	
EuroScore II, Ме [IQR] (%)	1 [1; 2]	

ЧСС – частота сердечных сокращений; АД – артериальное давление; ФП – фибрилляция предсердий; ППТ – площадь поверхности тела; ИМТ – индекс массы тела; ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких; ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения; НК – нарушение кровообращения; ФК – функциональный класс; NYHA – Нью-Йоркская ассоциация сердца.

чета конечного диастолического объема (EDV RV), конечного систолического объема (ESV RV) и их индексированных показателей, фракции выброса (EF RV) и ударного объема (SV RV).

Количественная оценка продольной деформации ПЖ осуществлялась с помощью программы QApp AutoStrain. После автоматического размещения эндокардиальной границы ПЖ проводилась проверка правильности размещения и отслеживания границ. При необходимости было возможно ручное редактирование границ. Автоматическое отслеживание спеклов выполнялось на протяжении всего сердечного цикла. Значения продольной деформации свободной стенки ПЖ (FW LS RV) выражались как абсолютные величины [9].

## Статистический анализ

Статистический анализ проводился с использованием программ IBM SPSS Statistics v. 26 (разработчик – «IBM Corporation», США) и StatTech v. 2.8.8 (разработчик – ООО «Статтех», Россия).

Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро-Уилка (при числе исследуемых менее 50) или критерия Колмогорова-Смирнова (при числе исследуемых более 50). В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей [Q1; Q3]. Категориальные данные представлялись с указанием абсолютных значений и процентных долей.

Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью U-критерия Манна-Уитни.

Сравнение трех и более групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью критерия Краскела-Уоллиса, апостериорные сравнения – с помощью критерия Данна с поправкой Холма.

При сравнении количественных показателей, распределение которых отличалось от нормального, в двух связанных группах использовался критерий Уилкоксона.

Для оценки связи между двумя количественными показателями выполнялся корреляционный анализ с расчетом коэффициента ранговой корреляции  $\rho$  Спирмена, теснота связи оценивалась по шкале Чеддока.

Различия или связь считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## Результаты

В исследование вошло 197 пациентов, средний возраст 58 лет [47; 65], без существенных различий по гендерному фактору. В структуре ведущей патологии левых камер сердца отмечается превалирование митральной недостаточности (МН) и аортального стеноза (АС). Основные характеристики пациентов представлены в таблице 1.

## Хирургическая техника

У всех пациентов выполнялась традиционная полная срединная стернотомия. Далее выполнялась аортобикавальная канюляция. После начала искусственного кровообращения и наложения зажима на аорту осуществлялось введение кардиоплегического раствора. В 54,8% случаев применялась антеградная кардиopleгия, в 1,5% случаев ретроградная и в 43,7% случаев комбинированная. Для защиты миокарда во всех случаях – использовался кристаллоидный раствор «Кустодиол». Достоверных различий в количестве вводимого кардиоплегического раствора между пациентами не было. Температурный ре-

жим в среднем составил 30 °С [28; 30]. Время искусственного кровообращения составило 142 мин [120; 166]. Время пережатия аорты – 92 мин [78; 116].

Было выполнено 106 операций при аортальном пороке и 91 при митральном. Во всех случаях на трикуспидальном клапане выполнялась шовная аннулопластика по Де Вега. Характеристики операционных показателей представлены в табл. 2.

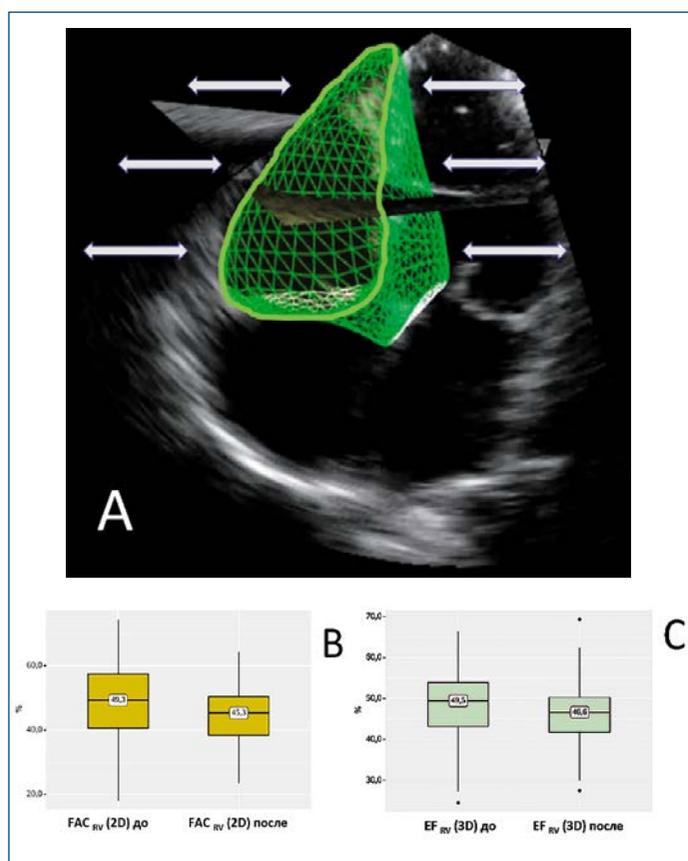
### Эхокардиографический анализ

В процессе анализа значений TAPSE (2D), FW LS RV (2D STE), EF RV (3D) и FAC RV (2D) в общей когорте пациентов до и после операции отмечались статистически значимые изменения ( $p < 0,001$ ) (табл. 3, рис. 1, 2).

Эхокардиографические данные на различных операционных этапах представлены в таблице 3.

На рисунках 1 и 2 представлена динамика глобальных и продольных функциональных показателей ПЖ до операции и в раннем послеоперационном периоде. Ухудшение показателей продольной функции ПЖ отмечалось у подавляющего большинства пациентов после проведенного хирургического лечения. Снижение показателей TAPSE (2D) отмечалось у 95,4% ( $n=188$ ) пациентов, показателей FW LS RV (2D STE) – у 84,3% ( $n=166$ ) пациен-

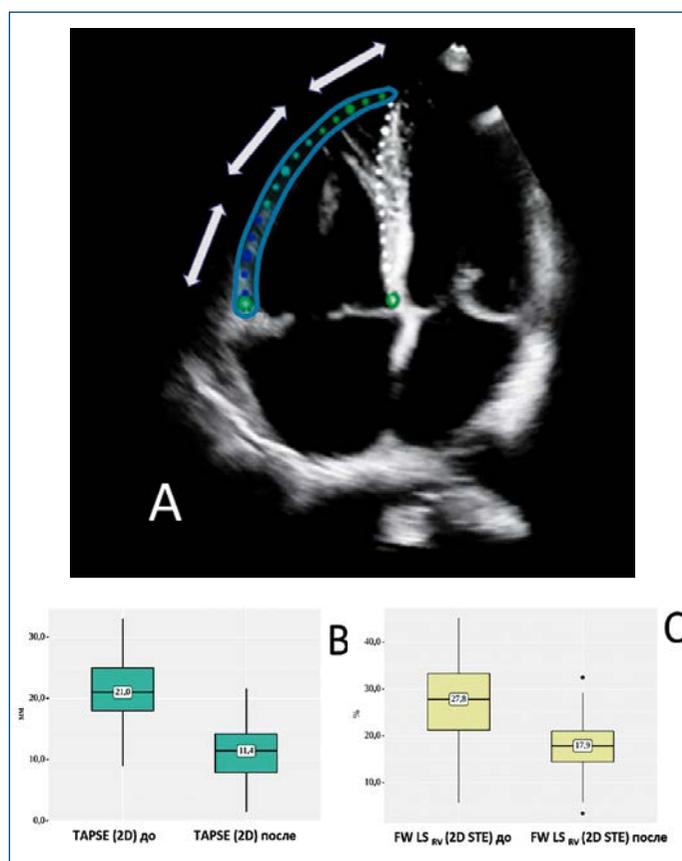
**Рисунок 1.** Анализ значений глобальной сократительной функции правого желудочка в динамике. А – движение стенок правого желудочка в поперечной плоскости, В – FAC RV (2D), С – EF RV (3D)



**Таблица 2.** Характеристики интраоперационных данных

Хирургические техники	абс. (%)
Протезирование аортального клапана	77 (39,1)
Операция Бенгалла-де Боно	16 (8,1)
Операция Озаки	7 (3,6)
Операция Manouagian-Seybold-Epiting	4 (2,0)
Операция David V	2 (1,0)
Супракоронарное протезирование восходящего отдела аорты	12 (6,1)
Редукция восходящего отдела аорты по Robichek	2 (1,0)
Миозектомия по Morgow	5 (2,5)
Пластика митрального клапана	48 (24,4)
Протезирование митрального клапана	43 (21,8)
Аннулопластика трикуспидального клапана по Де Вега	197 (100,0)
Ушивание ушка левого предсердия	2 (1,0)
Ушивание открытого овального окна	4 (2,0)
<b>Кардиоплегия</b>	
Кардиоплегия раствором Кустодиол	
– антеградная	108 (54,8)
– ретроградная	3 (1,5)
– комбинированная	86 (43,7)
<b>Операционные параметры</b>	
Продолжительность искусственного кровообращения, мин	142 [120; 166]
Время пережатия аорты, мин	92 [78; 116]
Температура охлаждения тела, °С	30 [28; 30]

**Рисунок 2.** Анализ значений продольной сократительной функции правого желудочка в динамике. А – движение стенок правого желудочка в продольной плоскости, В – TAPSE (2D), С – FW LS RV (2D STE)



тов. Было установлено динамическое снижение параметров глобальной сократительной функции ПЖ – FAC RV (2D) и EF RV (3D). Снижение показателей отмечалось у 62,4% (n=123) пациентов в обоих случаях.

Нами был выполнен анализ динамики показателей сократимости ПЖ в зависимости от ведущей патологии. В группах аортальных пороков все показатели, за исключением FAC RV (2D), продемонстрировали статистически значимое снижение (табл. 4, 5) после коррекции ведущего порока. Более заметное снижение было получено по показателям продольной функции ПЖ ( $p < 0,001$ ).

В группе митрального стеноза (МС) наибольшие различия показал параметр TAPSE (2D) (табл. 6). Остальные параметры не продемонстрировали статистически значимых различий.

Проведенный анализ показал статистически значимые изменения всех показателей сократительной функции ПЖ в группе МН (табл. 7), следует сказать, что в этой группе было самое большое число пациентов (n=74).

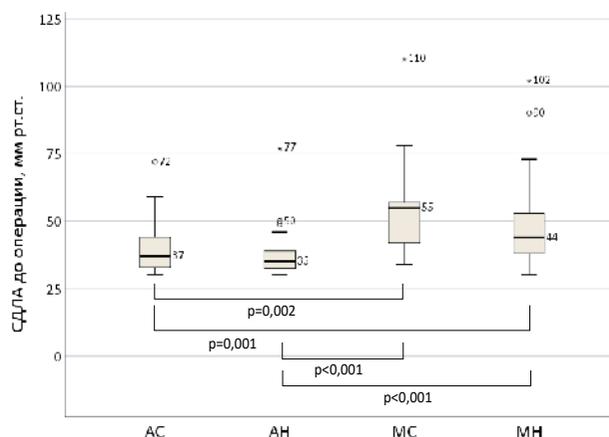
Согласно полученным данным наименьшие изменения параметров сократительной функции ПЖ отмечались в группе МС. Как видно из представленного рисунка 3, группа МС обладала наибольшими значениями СДЛА до операции. Различия исходных значений СДЛА в зависимости от вида патологии были статистически значимыми ( $p < 0,001$ ). Апостериорные сравнения показали, что значения СДЛА при МС и МН (медианы составляли, соответственно, 55 [42–57] мм рт. ст. и 44 [38–53] мм рт. ст.) были статистически значимо выше, чем при АС и АН (медианы составляли, соответственно, 37 [33–44] мм рт. ст. и 35 [32,5–39] мм рт. ст.).

Далее была изучена взаимосвязь исходных значений фракции выброса ЛЖ с динамикой функциональных параметров ПЖ в гетерогенной когорте пациентов (табл. 8). Как видно из представленной таблицы, ни один параметр сократительной функции ПЖ не показал статистически значимые взаимосвязи с контрактильной функцией ЛЖ.

### Обсуждение

На развитие интраоперационной ПЖ дисфункции могут влиять различные факторы: гипотермия, длительность и травматичность операции, гипоперфузия и т. д. Было предложено несколько гипотез, например, неадекватная защита миокарда ПЖ во время искусственного кровообращения, приводящая к интраоперационной ишемии и снижению производительности ПЖ в продольном направлении. На продольную функцию ПЖ также могут влиять внемиокардиальные факторы, такие как: геометрические изменения ПЖ после хирургического вмешательства на трикуспидальном клапане, парадоксальное движение межжелудочковой перегородки или потеря пе-

**Рисунок 3.** Дооперационные эхокардиографические значения систолического давления в легочной артерии в зависимости от ведущей патологии



**Таблица 3.** Сравнение эхокардиографических данных до и после операции

Показатель, Ме [IQR]	Этапы наблюдений		p
	До операции	После операции	
LAVI (2D), мл/м <sup>2</sup>	35,6 [25,6; 49,3]	32,8 [22,6; 43,7]	0,048*
RAVI (2D), мл/м <sup>2</sup>	22,6 [17,0; 34,3]	22,4 [16,5; 32,3]	0,108
КДР ПЖ базальный, мм	42,1 [36,7; 47,0]	39,2 [35,9; 45,3]	0,061
КДР ПЖ средний, мм	37,8 [32,2; 42,1]	35,8 [31,8; 40,6]	0,158
Продольный диаметр ПЖ, мм	75,8 [66,8; 86,2]	76,3 [68,7; 83,2]	0,423
EDI LV (2D), мл/м <sup>2</sup>	67,6 [52,2; 83,3]	51,0 [42,0; 68,0]	<0,001*
ESI LV (2D), мл/м <sup>2</sup>	26,0 [19,8; 35,7]	24,5 [19,8; 32,2]	0,538
EF LV (2D), %	65,0 [56,2; 68,0]	56,5 [50,0; 65,0]	0,002*
FAC RV (2D), %	49,3 [40,5; 57,3]	45,3 [38,4; 50,3]	<0,001*
EF RV (3D), %	49,5 [43,2; 53,9]	46,6 [41,8; 50,3]	<0,001*
TAPSE (2D), мм	21,0 [18,1; 25,1]	11,4 [7,9; 14,2]	<0,001*
FWLS RV (2D STE), %	27,8 [21,2; 33,3]	17,9 [14,4; 21,0]	<0,001*
Систолическое давление в ПЖ, мм рт. ст.	41 [35; 51]	35 [30; 40]	<0,001*

LAVI – индексированный объем левого предсердия; RAVI – индексированный объем правого предсердия; КДР ПЖ – конечно-диастолический размер правого желудочка; EDI LV – индексированный конечно-диастолический размер левого желудочка; ESI LV – конечно-систолический размер левого желудочка; EF LV – фракция выброса левого желудочка; FAC RV – фракционное изменение площади правого желудочка; EF RV – фракция выброса правого желудочка; TAPSE – систолическая экскурсия кольца трикуспидального клапана; FWLS RV – продольная деформация свободной стенки правого желудочка.

\* – изменения показателей статистически значимы ( $p < 0,05$ ).

Таблица 4. Анализ динамики параметров сократительной функции в группе аортального стеноза (АС)

Категории	Этапы наблюдения		Разность показателя, Ме [IQR]	P <sub>до-после</sub>
	До операции, Ме [IQR]	После операции, Ме [IQR]		
FAC <sub>RV</sub> (2D), %	49,5 [41,0; 58,2]	47,0 [39,1; 50,1]	-3,2 [-14,0; 4,8]	0,058
EF <sub>RV</sub> (3D), %	49,3 [43,4; 53,6]	46,5 [40,0; 49,8]	-2,8 [-10,5; 3,1]	0,050*
TAPSE (2D), мм	20,0 [18,0; 21,1]	13,0 [9,2; 15,3]	-8,5 [-10,6; -4,7]	< 0,001*
FWLS <sub>RV</sub> (2D STE), %	27,0 [21,8; 32,7]	17,9 [14,6; 21,0]	-9,6 [-13,7; -3,8]	< 0,001*

\* – различия показателей статистически значимы (p < 0,05).

Таблица 5. Анализ динамики параметров сократительной функции в группе аортальной недостаточности (АН)

Категории	Этапы наблюдения		Разность показателя, Ме [IQR]	P <sub>до-после</sub>
	До операции, Ме [IQR]	После операции, Ме [IQR]		
FAC RV (2D), %	46,7 [38,9; 56,4]	40,9 [35,9; 50,7]	-7,0 [-13,3; 2,1]	0,063
EF RV (3D), %	53,0 [46,5; 54,6]	45,5 [40,8; 48,5]	-5,9 [-13,8; 1,1]	0,007*
TAPSE (2D), мм	23,1 [20,5; 24,5]	9,5 [6,1; 12,7]	-12,5 [-16,6; -7,3]	< 0,001*
FWLS RV (2D STE), %	30,1 [22,5; 33,7]	18,2 [14,5; 21,1]	-12,2 [-16,6; -5,3]	< 0,001*

\* – различия показателей статистически значимы (p < 0,05).

Таблица 6. Анализ динамики параметров сократительной функции в группе митрального стеноза (МС)

Категории	Этапы наблюдения		Разность показателя, Ме [IQR]	P <sub>до-после</sub>
	До операции, Ме [IQR]	После операции, Ме [IQR]		
FAC RV (2D), %	48,6 [43,1; 50,9]	49,6 [43,6; 53,5]	-0,5 [-3,0; 5,1]	0,898
EF RV (3D), %	45,6 [41,0; 48,4]	48,6 [47,0; 52,5]	3,0 [0,0; 8,9]	0,123
TAPSE (2D), мм	18,2 [16,2; 19,0]	13,9 [10,9; 15,0]	-4,3 [-7,0; -1,4]	0,027*
FWLS RV (2D STE), %	23,4 [19,6; 28,2]	19,3 [16,7; 22,1]	-3,2 [-8,7; -2,3]	0,092

\* – различия показателей статистически значимы (p < 0,05).

Таблица 7. Анализ динамики параметров сократительной функции в группе митральной недостаточности (МН)

Категории	Этапы наблюдения		Разность показателя, Ме [IQR]	P <sub>до-после</sub>
	До операции, Ме [IQR]	После операции, Ме [IQR]		
FAC <sub>RV</sub> (2D), %	50,4 [42,9; 58,3]	43,2 [38,5; 49,2]	-8,4 [-13,4; 2,9]	0,003*
EF <sub>RV</sub> (3D), %	50,9 [43,1; 54,1]	46,8 [42,3; 51,2]	-4,0 [-9,6; 2,1]	0,003*
TAPSE (2D), мм	24,0 [21,1; 26,2]	11,2 [6,4; 13,9]	-12,2 [-15,0; -9,3]	< 0,001*
FWLS <sub>RV</sub> (2D STE), %	28,7 [22,8; 33,6]	16,2 [14,3; 20,7]	-8,4 [-16,4; -5,2]	< 0,001*

\* – различия показателей статистически значимы (p < 0,05).

рикардиальной поддержки [11]. Снижение функции ПЖ может наблюдаться и у пациентов после кардиохирургического вмешательства без искусственного кровообращения [12], что не позволяет выделить этиологическую приоритетность правожелудочковой дисфункции.

Более того, хирургические вмешательства с применением искусственного кровообращения ухудшают исходный паттерн сокращения ПЖ и могут еще больше предрасполагать к развитию открытой дисфункции, клинически проявляющейся правожелудочковой недостаточностью [13, 14]. Не стоит забывать, что дооперационный функциональный резерв сократительной функции ПЖ также может играть определенную роль в развитии послеоперационной дисфункции [15].

Снижение эхокардиографических продольных показателей (TAPSE и RV S') после операций на сердце яв-

Таблица 8. Результаты корреляционного анализа взаимосвязи исходных параметров фракции выброса ЛЖ с динамикой параметров сократительной функции правого желудочка

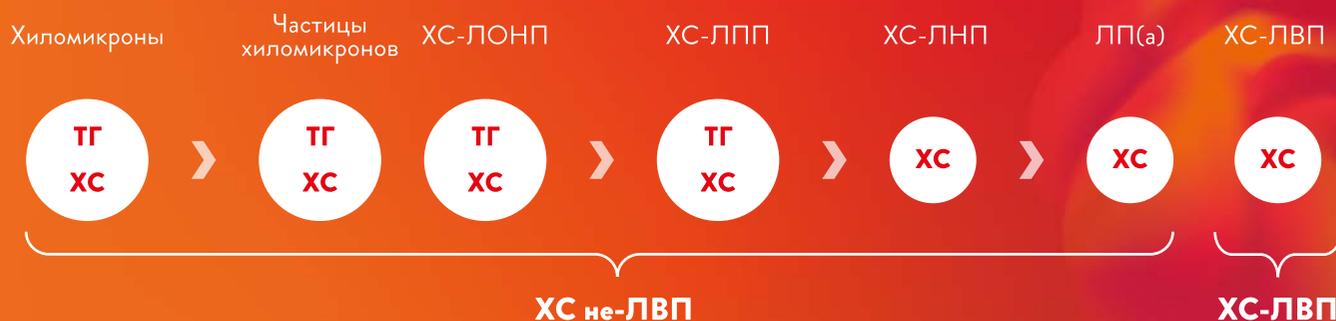
Разность параметров ПЖ	Параметры корреляционной связи, r Спирмена		p
	Фракция выброса ЛЖ		
FAC <sub>RV</sub>	-0,121		0,25
EF <sub>RV</sub>	-0,192		0,064
TAPSE	-0,105		0,442
FWLS <sub>RV</sub>	-0,025		0,797

ЛЖ – левый желудочек; ПЖ – правый желудочек.

ляется хорошо известным феноменом, хотя корреляция со снижением производительности ПЖ все еще остается спорной [5, 7, 16, 17]. Согласно Maffessanti и соавт. [11] отмечается значительное послеоперационное уменьшение показателей деформации свободной стенки ПЖ

# ХОЛЕСТЕРИН НЕ-ЛВП – МИШЕНЬ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОГО РИСКА<sup>1</sup>

**ХС не-ЛВП включает в себя все атерогенные классы липопротеинов<sup>1</sup>**



ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ХС НЕ-ЛВП ТРЕБУЕТСЯ КОНТРОЛЬ ВСЕХ АТЕРОГЕННЫХ ЧАСТИЦ

**Целевые значения ХС не-ЛВП для пациентов с различным уровнем сердечно-сосудистого риска<sup>2</sup>**

Основа SCORE-2

ХС не-ЛВП

**< 2,6 ммоль/л**  
желателен для лиц  
с высоким риском

ХС не-ЛВП

**< 2,2 ммоль/л**  
у лиц с очень  
высоким риском

ХС не-ЛВП

**< 1,8 ммоль/л**  
для лиц с экстремально  
высоким риском

Оценка ХС не-ЛВП не требует дополнительных затрат

Формула определения ХС не-ЛВП

Холестерин Не-ЛВП = ОХС - ХС-ЛВП

**ХС не-ЛВП — достоверный индикатор сердечно-сосудистой смертности у пациентов:**



с ожирением и метаболическим синдромом



с ССЗ (ИБС, перенесенный инфаркт миокарда)



с СД 2-го типа



с гипертриглицеридемией



с низким уровнем ХС-ЛНП

ХС — холестерин, ТГ — триглицериды; ХС-ЛОНП — холестерин липопротеинов очень низкой плотности; ХС-ЛПП — холестерин липопротеинов промежуточной плотности; ЛП (а) — липопротеин (а); ХС-ЛНП — холестерин липопротеинов низкой плотности; ХС-ЛВП — холестерин липопротеинов высокой плотности; ССЗ — сердечно-сосудистые заболевания, ИБС — ишемическая болезнь сердца; СД — сахарный диабет; ОХС — общий холестерин.

1. Langlois, Michel R., et al. «Quantifying atherogenic lipoproteins: current and future challenges in the era of personalized medicine and very low concentrations of LDL cholesterol. A consensus statement from EAS and EFLM.» Clinical chemistry 64.7 (2018): 1006-1033.

2. Клинические рекомендации МЗ РФ Нарушения липидного обмена 2023 г. Рубрикатор КР (minzdrav.gov.ru) Дата доступа: 31.05.2023.

# ПОВЫШЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ТРИГЛИЦЕРИДОВ В КРОВИ — НЕЗАВИСИМЫЙ ФАКТОР РИСКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ И ОБЩЕЙ СМЕРТНОСТИ<sup>1</sup>

## ДИАГНОСТИКА ДИСЛИПИДЕМИИ:



Всем лицам старше 40 лет рекомендуется скрининг, включающий анализ крови по оценке нарушений липидного обмена биохимический (липидный профиль) с целью стратификации сердечно-сосудистого риска по шкале SCORE-2



Определение ХС не-ЛВП рекомендовано всем пациентам для дополнительной оценки риска в системе SCORE-2



Пациентам любой категории риска рекомендован целевой уровень

# ТГ 1,7 ммоль/л

Класс	Уровень
IIa	C

## АЛГОРИТМ ТЕРАПИИ ГИПЕРТРИГЛИЦЕРИДЕМИИ

Категория пациентов	Высокого и очень высокого риска, достигшим на терапии статинами уровня ТГ 1,7–2,3 ммоль/л	С уровнем ТГ > 2,3 ммоль/л на терапии статинами	С уровнем ТГ > 5,0 ммоль/л
Рекомендация	<p>+ Лекарственный препарат ПНЖК <b>ОМЕГА-3</b> доза: до 2 грамм 2 раза в день</p>	<p><b>ФЕНОФИБРАТ</b></p> <p>ФЕНОФИБРАТ + СТАТИН предпочтительно в одной таблетке*</p> <p><b>ИЛИ</b></p> <p>+ Лекарственный препарат ПНЖК <b>ОМЕГА-3</b> доза: до 2 г 2 раза в день</p>	<p><b>ФЕНОФИБРАТ</b></p> <p><b>И</b></p> <p>+ Лекарственный препарат ПНЖК <b>ОМЕГА-3</b> доза: до 2 г 2 раза в день</p>
Класс	IIa	IIa	IIa
Уровень	B	B	B



**Достижение и удержание целевого уровня ХС ЛНП, ТГ является ключевым фактором, влияющим на прогноз и улучшающим сердечно-сосудистые исходы у пациентов как с ССЗ, так и с СД**

**ВАЖНЫМИ ЦЕЛЯМИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ДИСЛИПИДЕМИИ ЯВЛЯЮТСЯ:**



максимальное снижение риска развития ССО и смертельных исходов;



коррекция всех модифицируемых факторов риска (курение, избыточная масса тела, ожирение, гипергликемия, АГ).

1. Nordestgaard B. G. (2016). Triglyceride-Rich Lipoproteins and Atherosclerotic Cardiovascular Disease: New Insights From Epidemiology, Genetics, and Biology. Circulation research, 118(4), 547–563. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.115.306249>. \* Зарегистрирован розувастатин+фенофибрат; ЦУ – целевой уровень; ТГ – триглицериды; ХС ЛНП – холестерин липопротеинов низкой плотности; ХС не-ЛНП – холестерин липопротеинов невысокой плотности; ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты; СД – сахарный диабет; ССО – сердечно-сосудистые осложнения; АГ – артериальная гипертензия. Клинические рекомендации «Нарушения липидного обмена» 2023, [https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/752\\_1](https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/752_1), Дата доступа: 16.06.2023.

Материал подготовлен при поддержке ООО «Эбботт Лэбораториз»

Информация предоставлена исключительно для медицинских и фармацевтических работников

и септальных сегментов ЛЖ после пластики МК. В других исследованиях также сообщалось о подобном нарушении функции ПЖ при различных типах операций [14, 16]. При этом снижение деформационной функции ПЖ не было связано с продолжительностью пережатия аорты и искусственного кровообращения, длительностью операции, искусственной вентиляции легких или пребывания в стационаре, а также с ЛГ или фракцией выброса ЛЖ [18].

Однако снижение функции ПЖ может наблюдаться у пациентов, перенесших кардиохирургическое вмешательство без традиционной стернотомии. Orde и соавт. (2020) провели ретроспективное исследование (n=158), которое продемонстрировало значительное снижение функции ПЖ после операции на МК миниинвазивным способом (Да Винчи) и открытым способом [18]. После операции наблюдалось значительное снижение систолической функции ПЖ (технология STE) как в группе роботизированной хирургии, так и в группе «открытой» пластики МК: FW LS RV 22,2±7% до 16,2±6% и 23,5±8% до 13,4±5% (p<0,001 для обоих показателей). Авторы продемонстрировали постепенное функциональное восстановление ПЖ в течение первого года после операции на МК, но отметили, что параметры так и не достигли дооперационного уровня. Вопрос, является ли эта дисфункция ПЖ переходящей или может стать необратимой, до настоящего времени остается открытым. Как отмечают Bootsma и соавт. (2017), снижение систолической функции ПЖ может сохраняться в течение длительного времени после кардиохирургической операции и, как предполагается, оно может являться сильным независимым предиктором смертности в отдаленные сроки [19]. Поэтому выявление пациентов с риском развития послеоперационной дисфункции ПЖ позволило бы проводить более тщательный периоперационный мониторинг или даже превентивное медикаментозное лечение [20].

Кроме того, при оценке выявленной интраоперационной дисфункции ПЖ (идентифицирована у 38% пациентов), по данным Rong и соавт. (2019) [6], не было обнаружено различий в исходных объемных характеристиках и ФВЛЖ. Интересно, что систолический дефицит ПЖ не всегда коррелирует с аналогичной потерей функции ЛЖ [11]. В свою очередь, мы изучили корреляционные связи между динамикой параметров сократительной функции ПЖ и исходными значениями ФВЛЖ. Согласно полученным данным статистически значимые взаимосвязи с контрактильной функцией ЛЖ выявлены не были. Этот вывод подтверждает концепцию о том, что интраоперационная дисфункция ПЖ может развиваться независимо от производительности ЛЖ. Вместе с тем, интраоперационная или послеоперационная дисфункция ПЖ может перерасти в сложный клинический сценарий, при-

водящий к увеличению продолжительности пребывания пациента в отделении интенсивной терапии, увеличению использования медицинских ресурсов и повышенной смертности [19, 21–23].

По результатам проведенного нами сравнительного анализа зависимых переменных, наибольшие различия продемонстрировали параметры оценки продольной функции ПЖ. Было установлено снижение показателя продольной функции TAPSE (2D) в результате проведенного хирургического лечения у подавляющего большинства пациентов (95,4%). Другой показатель, характеризующий продольную функцию ПЖ – FW LS RV, также продемонстрировал снижение у 84,3% после операции. Снижение глобальной функции ПЖ (параметры FAC RV и EF RV) отмечалось несколько реже после коррекции клапанной патологии – в 62,4% в обоих случаях. Вероятно, это обусловлено ее снижением после операции, но с большим сохранением радиальной функции, которая частично отображается показателями глобальной функции ПЖ. При этом многие исследователи также отмечали изменения продольных показателей с сохранением глобальной функции ПЖ [20, 24–26].

Выявленное нами более выраженное снижение параметров продольной функции ПЖ, особенно показателя TAPSE, может быть обусловлено изменением базальной геометрии ПЖ вследствие ограничения систолической экскурсии трикуспидального кольца после шовной аннулопластики. Менее выраженное влияние на радиальную функцию может быть обусловлено устранением объемной перегрузки камер сердца после коррекции ведущей патологии, за исключением МС.

Не существует универсального параметра, корректно отражающего функцию ПЖ [27], поэтому в описании функции ПЖ целесообразно использовать комбинацию параметров, например, таких как TAPSE и FAC RV, позволяющих одновременно оценивать такие разновекторные характеристики, как сокращение ПЖ в продольной или поперечной плоскости [28, 29].

Правый желудочек претерпевает перегрузку на фоне повышенного давления в легочной артерии из-за высокой податливости камеры [5], что зачастую приводит к структурному и функциональному ухудшению и снижению сократительной способности ПЖ. По общепринятому мнению, ЛГ признана основной и наиболее частой причиной дисфункции ПЖ у клапанных пациентов [4, 22], однако взаимосвязь этих явлений не всегда носит линейный характер. К примеру, при прогрессировании дисфункции ПЖ давление в легочной артерии может снижаться [22].

Huylén и соавт. (2014) получили уменьшение глобальной деформации ПЖ в послеоперационном периоде только у пациентов с высокой ЛГ (42% пациентов с СДЛА

свыше 50 мм рт.ст.) [3], у пациентов с СДЛА менее 50 мм рт.ст. деформационные характеристики ПЖ не изменились. Авторы предположили, что повышенное СДЛА оказывает негативное влияние на функциональное состояние ПЖ и обратимость нарушений обусловлена регрессом ЛГ после оперативного лечения митрального порока. Также Hуllén и соавт. показали, что послеоперационная дисфункция ПЖ по данным STE присутствовала у 61% пациентов через 6 месяцев после восстановления МК.

По нашим данным, наименьшие различия параметров сократительной функции ПЖ в периоперационном периоде были получены в группе МС, несмотря на самые высокие исходные значения СДЛА в этой группе. Можно предположить наиболее высокий потенциал обратимости функциональных изменений ПЖ у этих пациентов.

Кроме того, в структуре современной общемировой заболеваемости клапанными пороками МС занимает последнее место, что делает имеющийся у нас опыт уникальным.

Пациенты с митральной или аортальной недостаточностью в большинстве своем демонстрируют нормальную сократительную функцию миокарда ЛЖ в дооперационном периоде, что до определенной степени может быть обусловлено объемной перегрузкой ЛЖ на фоне имеющегося сброса, приводя таким образом к искусственному завышению показателей фракции выброса ЛЖ. Недооценка систолической дисфункции не позволяет корректно стратифицировать риск послеоперационной сердечной недостаточности. В группах с клапанной недостаточностью левых камер сердца (МН, АН) отмечались наибольшие изменения параметров систолической функции ПЖ в послеоперационном периоде. Возможно, функциональные показатели ПЖ могут быть «индикаторами» систолической дисфункции ЛЖ у данных групп пациентов, несмотря на исходно нормальные значения фракции выброса ЛЖ.

### **Ограничения исследования**

Во-первых, это одноцентровое нерандомизированное исследование. Во-вторых, патология была гетерогенной. Важно отметить, что большинство хирургических операций проводилось пациентам с АС или МН, а наиболее малочисленной группой являлся МС (n=17).

Кроме того, были исключены пациенты с ишемической болезнью сердца и активным инфекционным эндокардитом по причине возможного негативного влияния на миокард ПЖ (токсического, ишемического). Соответственно, включение пациентов данных групп в исследование может привести к изменению конечных результатов.

Также при анализе зависимых переменных учитывались только те пациенты, у которых были доступны данные на всех этапах наблюдения. При наличии технической возможности интраоперационной оценки функции ПЖ и обследования пациентов на искусственной вентиляции легких можно было бы ожидать получения других результатов, возможно, более показательных.

Сроки наблюдения, включающие только периоперационный этап, также являются ограничением исследования. Для подтверждения выявленных тенденций на более поздних сроках наблюдения необходимо увеличение продолжительности исследования.

Безусловно, приведенные выше сравнения должны интерпретироваться в контексте наличия ЛГ у пациентов, перенесших хирургическое вмешательство при клапанных заболеваниях левых камер сердца.

Кроме анатомических особенностей ПЖ, сложность в оценке его контрактильности обусловлена выраженной зависимостью получаемых данных от постнагрузки и преднагрузки, чувствительностью к изменению инотропного состояния, зависимостью от размеров сердца. Несмотря на эти ограничения, комплексная оценка ПЖ может являться дополнительным информационным ресурсом относительно состояния оперированного пациента.

### **Заключение**

Хирургическое вмешательство при вальвулопатиях левых камер сердца связано со значительным, но в ряде случаев проходящим снижением функции ПЖ. Учитывая сложные взаимодействия внемиокардиальных и внутримеокардиальных факторов, определяющих функцию ПЖ, выделить приоритетность причин не представляется возможным. Кроме того, многогранность механизмов развития дисфункции ПЖ не позволяет опираться исключительно на общепризнанные показатели дисфункции, такие как ЛГ и/или трикуспидальная недостаточность. Современные технологии предоставляют возможность оценки сократительной функции ПЖ, и их применение способно влиять на результаты в текущей практике, что, несомненно, требует дальнейших исследований. Целесообразно использовать комбинацию параметров, например, таких как TAPSE и FAC RV, позволяющих одновременно оценивать такие разновекторные характеристики, как сокращение ПЖ в продольной или поперечной плоскости.

*Конфликт интересов не заявлен.*

**Статья поступила 10.02.2023**

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Simonneau G, Gatzoulis MA, Adatia I, Celermajer D, Denton C, Ghofrani A et al. Updated Clinical Classification of Pulmo-

nary Hypertension. Journal of the American College of Cardiology. 2013;62(25):D34–41. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.10.029

2. Le Tourneau T, Deswarte G, Lamblin N, Foucher-Hossein C, Fayad G, Richardson M et al. Right Ventricular Systolic Function in Organic Mitral Regurgitation: Impact of Biventricular Impairment. *Circulation*. 2013;127(15):1597–608. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.000999
3. Hyllén S, Nozohoor S, Ingvarsson A, Meurling C, Wierup P, Sjögren J. Right Ventricular Performance After Valve Repair for Chronic Degenerative Mitral Regurgitation. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2014;98(6):2023–30. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2014.07.075
4. Amsallem M, Mercier O, Kobayashi Y, Moneghetti K, Haddad F. Forgotten No More: A Focused Update on the Right Ventricle in Cardiovascular Disease. *JACC: Heart Failure*. 2018;6(11):891–903. DOI: 10.1016/j.jchf.2018.05.022
5. Alam M, Hedman A, Nordlander R, Samad B. Right ventricular function before and after an uncomplicated coronary artery bypass graft as assessed by pulsed wave Doppler tissue imaging of the tricuspid annulus. *American Heart Journal*. 2003;146(3):520–6. DOI: 10.1016/S0002-8703(03)00313-2
6. Rong LQ, Yum B, Abouzeid C, Palumbo MC, Brouwer LR, Devereux RB et al. Echocardiographic predictors of intraoperative right ventricular dysfunction: a 2D and speckle tracking echocardiography study. *Cardiovascular Ultrasound*. 2019;17(1):11. DOI: 10.1186/s12947-019-0161-3
7. Tamborini G, Muratori M, Brusoni D, Celeste F, Maffessanti F, Caiani EG et al. Is right ventricular systolic function reduced after cardiac surgery? A two- and three-dimensional echocardiographic study. *European Journal of Echocardiography*. 2009;10(5):630–4. DOI: 10.1093/ejechoard/jep015
8. Van Orman JR, Connelly K, Albinmousa Z, Tousignant C. Early recovery of tricuspid annular isovolumic acceleration after mitral valve surgery – an observational study. *Canadian Journal of Anesthesia*. 2016;63(8):920–7. DOI: 10.1007/s12630-016-0651-9
9. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2015;28(1):1–39.e14. DOI: 10.1016/j.echo.2014.10.003
10. Avdeev S.N., Aldashev A.A., Gorbachevskiy S.V., Edemskiy A.G., Karaskov A.M., Korobkova I.Z. et al. Pulmonary Hypertension. - М.: GEOTAR-Media;2015. - 416 p. [Russian: Авдеев С.Н., Алдашев А.А., Горбачевский С.В., Едемский А.Г., Караськов А.М., Коробкова И.З. и др. Легочная гипертензия. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. - 416с]. ISBN 978-5-9704-3323-2
11. Maffessanti F, Gripari P, Tamborini G, Muratori M, Fusini L, Alamanfi F et al. Evaluation of Right Ventricular Systolic Function after Mitral Valve Repair: A Two-Dimensional Doppler, Speckle-Tracking, and Three-Dimensional Echocardiographic Study. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2012;25(7):701–8. DOI: 10.1016/j.echo.2012.03.017
12. Khani M, Hosseintash M, Foroughi M, Naderian M, Khareshi I. Assessment of the effect of off-pump coronary artery bypass (OPCAB) surgery on right ventricle function using strain and strain rate imaging. *Cardiovascular Diagnosis and Therapy*. 2016;6(2):138–43. DOI: 10.21037/cdt.2016.02.03
13. Haddad F, Couture P, Tousignant C, Denault AY. The Right Ventricle in Cardiac Surgery, a Perioperative Perspective: II. Pathophysiology, Clinical Importance, and Management. *Anesthesia & Analgesia*. 2009;108(2):422–33. DOI: 10.1213/ane.0b013e31818d8b92
14. Unsworth B, Casula RP, Kyriacou AA, Yadav H, Chukwuemeka A, Cherian A et al. The right ventricular annular velocity reduction caused by coronary artery bypass graft surgery occurs at the moment of pericardial incision. *American Heart Journal*. 2010;159(2):314–22. DOI: 10.1016/j.ahj.2009.11.013
15. Vitel E, Galli E, Leclercq C, Fournet M, Bosseau C, Corbineau H et al. Right ventricular exercise contractile reserve and outcomes after early surgery for primary mitral regurgitation. *Heart*. 2018;104(10):855–60. DOI: 10.1136/heartjnl-2017-312097
16. Unsworth B, Casula RP, Yadav H, Baruah R, Hughes AD, Mayet J et al. Contrasting effect of different cardiothoracic operations on echocardiographic right ventricular long axis velocities, and implications for interpretation of post-operative values. *International Journal of Cardiology*. 2013;165(1):151–60. DOI: 10.1016/j.ijcard.2011.08.031
17. Onorati F, Santarpino G, Marturano D, Rubino AS, Pasceri E, Zinzi S et al. Successful surgical treatment of chronic ischemic mitral regurgitation achieves left ventricular reverse remodeling but does not affect right ventricular function. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2009;138(2):341–51. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2008.12.034
18. Orde SR, Chung S-Y, Pulido JN, Suri RM, Stulak JM, Oh JK et al. Changes in Right Ventricle Function After Mitral Valve Repair Surgery. *Heart, Lung and Circulation*. 2020;29(5):785–92. DOI: 10.1016/j.hlc.2019.06.724
19. Bootsma IT, De Lange F, Koopmans M, Haenen J, Boonstra PW, Symersky T et al. Right Ventricular Function After Cardiac Surgery Is a Strong Independent Predictor for Long-Term Mortality. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2017;31(5):1656–62. DOI: 10.1053/j.jvca.2017.02.008
20. Tokodi M, Németh E, Lakatos BK, Kispál E, Tösér Z, Staub L et al. Right ventricular mechanical pattern in patients undergoing mitral valve surgery: a predictor of post-operative dysfunction? *ESC Heart Failure*. 2020;7(3):1246–56. DOI: 10.1002/ehf2.12682
21. Denault AY, Pearl RG, Michler RE, Rao V, Tsui SSL, Seitelberger R et al. Tezosentan and Right Ventricular Failure in Patients With Pulmonary Hypertension Undergoing Cardiac Surgery: The TACTICS Trial. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2013;27(6):1212–7. DOI: 10.1053/j.jvca.2013.01.023
22. Konstam MA, Kiernan MS, Bernstein D, Bozkurt B, Jacob M, Kapoor NK et al. Evaluation and Management of Right-Sided Heart Failure: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 2018;137(20):e578–622. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000560
23. Maslow AD, Regan MM, Panzica P, Heindel S, Mashikian J, Comunale ME. Precardiopulmonary bypass right ventricular function is associated with poor outcome after coronary artery bypass grafting in patients with severe left ventricular systolic dysfunction. *Anesthesia and Analgesia*. 2002;95(6):1507–18. DOI: 10.1097/00000539-200212000-00009
24. Del Rio JM, Grecu L, Nicoara A. Right Ventricular Function in Left Heart Disease. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2019;23(1):88–107. DOI: 10.1177/1089253218799345
25. Singh A, Huang X, Dai L, Wyler D, Alfirevic A, Blackstone EH et al. Right ventricular function is reduced during cardiac surgery independent of procedural characteristics, reoperative status, or pericardiotomy. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2020;159(4):1430–1438.e4. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2019.04.035
26. Bootsma IT, Scheeren TWL, De Lange F, Jainandunsing JS, Boerma EC. The Reduction in Right Ventricular Longitudinal Contraction Parameters Is Not Accompanied by a Reduction in General Right Ventricular Performance During Aortic Valve Replacement: An Exploratory Study. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2020;34(8):2140–7. DOI: 10.1053/j.jvca.2020.01.012
27. Antevil JL, Napolitano MA, Mordini FE, McCarthy PM, Trachiotis GD. The Right Ventricle in the Trans-Catheter Era: A Perspective for Planning Interventions. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2022;34(3):892–901. DOI: 10.1053/j.semctvs.2021.07.030
28. Mandoli GE, Cameli M, Novo G, Agricola E, Righini FM, Santoro C et al. Right ventricular function after cardiac surgery: the diagnostic and prognostic role of echocardiography. *Heart Failure Reviews*. 2019;24(5):625–35. DOI: 10.1007/s10741-019-09785-2
29. Okada DR, Rahmouni HW, Herrmann HC, Bavaria JE, Forfia PR, Han Y. Assessment of Right Ventricular Function by Transthoracic Echocardiography Following Aortic Valve Replacement. *Echocardiography*. 2014;31(5):552–7. DOI: 10.1111/echo.12421