

© Т.Н. КАНАМЕТОВ, З.Г. ПАНАГОВ, С.А. ДОНАКАНЯН, 2023

© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2023

УДК 616.125.2-007.24:616.125-008.313.2:616.12652-089.844:616.132.2-089.819.5

DOI: 10.15275/annaritmol.2023.2.5

ПРОГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ ПО ДАННЫМ SPECKLE TRACKING В РАЗВИТИИ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЙ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИЙ КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ И ПРОТЕЗИРОВАНИЯ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА

Тип статьи: обзорная статья

Т.Н. Канаметов, З.Г. Панагов, С.А. Донаканян

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, Рублевское ш., 135, Москва, 121552, Российская Федерация

Канаметов Теймураз Нартшаевич, канд. мед. наук, науч. сотр., кардиолог; orcid.org/0000-0003-0259-0326, e-mail: tnkanametov@bakulev.ru

Панагов Залим Григорьевич, кардиолог; orcid.org/0000-0003-2018-9077

Донаканян Сергей Агванович, доктор мед. наук, заведующий отделением, сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0003-0942-2931

Вопросы прогнозирования развития послеоперационной фибрилляции предсердий после кардиохирургических операций остаются актуальными. На сегодняшний день продолжаются крупные исследования по выявлению предикторов развития данного нарушения ритма сердца. Одним из важных неинвазивных методов исследования при прогнозировании развития послеоперационной фибрилляции предсердий является эхокардиография с использованием технологии speckle tracking. Фибрилляция предсердий после коронарного шунтирования и протезирования аортального клапана ассоциирована с исходной субклинической дисфункцией левого предсердия вследствие ишемической болезни сердца и патологии аортального клапана. Продольная деформация левого предсердия в резервуарную фазу является чувствительным маркером значимости объемной перегрузки и отражает изменения раньше геометрических.

В настоящем описательном обзоре представлен анализ текущего состояния вопроса прогнозирования фибрилляции предсердий у пациентов после операций коронарного шунтирования и протезирования аортального клапана с помощью speckle tracking эхокардиографии. При подготовке обзора использованы отечественные и зарубежные источники информации, в том числе представленные в базах данных MEDLINE, Pubmed, Scopus, Web of Science.

Ключевые слова: послеоперационная фибрилляция предсердий, коронарное шунтирование, протезирование аортального клапана, speckle tracking, левое предсердие, деформация

PROGNOSTIC VALUE OF LEFT ATRIAL DEFORMITY ACCORDING TO SPECKLE TRACKING DATA IN THE DEVELOPMENT OF POSTOPERATIVE ATRIAL FIBRILLATION IN PATIENTS AFTER CORONARY BYPASS SURGERY AND AORTIC VALVE REPLACEMENT

T.N. Kanametov, Z.G. Panagov, S.A. Donakanyan

Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, 121552, Russian Federation

Teymuraz N. Kanametov, Cand. Med. Sci., Researcher, Cardiologist; orcid.org/0000-0003-0259-0326, e-mail: tnkanametov@bakulev.ru

Zalim G. Panagov, Cardiologist; orcid.org/0000-0003-2018-9077

Sergey A. Donakanyan, Dr. Med. Sci., Head of Department, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0003-0942-2931

The issues of predicting the development of postoperative atrial fibrillation after cardiac surgery remains relevant. To date, large-scale studies are ongoing to identify predictors of the development of this heart rhythm

disorder. One of the important non-invasive research methods in predicting the development of postoperative atrial fibrillation is echocardiography using speckle tracking technology. Atrial fibrillation after coronary artery bypass grafting and aortic valve replacement is associated with initial subclinical left atrial dysfunction due to coronary heart disease and aortic valve pathology. Longitudinal deformation of the left atrium in the reservoir phase is a sensitive marker of the significance of volume overload and reflects changes earlier than geometric ones.

The review presents an analysis of the current state of the issue of predicting atrial fibrillation in patients after coronary bypass surgery and aortic valve replacement using speckle tracking echocardiography. In preparing the review, domestic and foreign sources of information were used, including those presented in the MEDLINE, Pubmed, Scopus, Web of Science databases.

Keywords: postoperative atrial fibrillation, coronary artery bypass grafting, aortic valve replacement, speckle tracking, left atrium, deformity

Введение

Впервые возникшая послеоперационная фибрилляция предсердий (ПОФП) в 15–45% случаев развивается после операций коронарного шунтирования (КШ) и хирургического протезирования аортального клапана (ХПАК) [1]. Развитие ПОФП приводит к увеличению срока пребывания пациента в стационаре, росту внутрисамогоспитальной и 6-месячной смертности. Патогенез ПОФП до конца не изучен. Очевидно, что комбинация таких факторов, как системное воспаление, перегрузка предсердий объемом, а также исходное наличие анатомического и функционального аритмогенного субстрата в левом предсердии (ЛП), значительно увеличивают риски развития ПОФП [2].

Многие исследования подтверждают представление о том, что ПОФП – переходящее явление,

«идеальный шторм» с тяжелыми последствиями. Этот «шторм» зависит от сочетания пред-, интра- и послеоперационных факторов (рис. 1), которые могут определяться до операции неинвазивными методами [3]. Одним из таких методов является предоперационная эхокардиография с использованием технологии speckle tracking (STE).

С помощью предоперационной эхокардиографии возможно выявление пациентов с высоким риском развития ПОФП на основании размеров, объемов предсердий и других параметров. Использование технологии STE в настоящий момент служит перспективным, надежным и легко воспроизводимым методом в прогнозировании послеоперационных осложнений, в том числе ПОФП.

В недавнем исследовании G. Filardo et al. с включением 9203 пациентов без ФП в анамне-



Рис. 1. «Идеальный шторм» для возникновения ПОФП: механизмы, участвующие в развитии структурного и электрического ремоделирования предсердий, способствующего появлению ПОФП [4]

зе, перенесших изолированную операцию КШ в 2002–2010 гг. в трех медицинских центрах США, скорректированный риск отдаленной смертности был на 56% выше у пациентов с развитием ПОФП независимо от пола [5].

Доказано, что при ишемической болезни сердца (ИБС) нарушается функция продольных волокон ЛП, что связано с их объемной перегрузкой [6]. Такие параметры, как продольная деформация и скорость деформации, являются мощными прогностическими показателями, характеризующими работу предсердий и позволяющими утверждать, что механическая дисфункция миокарда может быть диагностирована раньше объемных нарушений [7].

У больных с тяжелым аортальным стенозом (АС) нарушение структуры и функции левого желудочка приводит к повышению давления в ЛП, расширению его полости и нарушению функции. Такое структурное и функциональное ремоделирование ЛП может увеличить риск предсердных аритмий как до, так и после хирургической операции. Однако роль функции ЛП для оценки рисков послеоперационных осложнений у пациентов после ХПАК пока не установлена [8].

Во многих исследованиях в прошлом были опробованы многочисленные профилактические препараты и методы, направленные на снижение частоты возникновения ПОФП после операций на сердце, но ни один из них не оказался оптимальным, прежде всего потому, что их применение слишком часто сопровождается побочными эффектами, которые превышают их потенциальную пользу. Таким образом, возможность до выполнения операции определить, у каких пациентов после вмешательства разовьется ФП, позволит проводить более селективную профилактическую терапию.

Метод STE: возможности в прогнозировании послеоперационных осложнений

Strain определяется как деформация объекта (мышечного волокна) по отношению к его начальной форме и обозначается греческой буквой ϵ (эпсилон). Эта величина является изменением длины относительно исходной величины, и поэтому она выражается в процентах. Если происходит удлинение объекта, то деформация считается положительной величиной, если укорочение – отрицательной. С практической точки зрения для удобства рекомендовано пользоваться модулем деформации [9].

Существует несколько различных способов расчета деформации миокарда с помощью ультразвукового исследования:

- 1) доплеровская визуализация тканей;
- 2) анализ серошкального двумерного изображения с использованием технологии STE;
- 3) технология визуализации вектора скорости движения миокарда (velocity vector imaging, VVI).

STE является простым в исполнении методом оценки функции левого предсердия, который имеет преимущества перед стандартной доплеровской эхокардиографией. Так, STE дает возможность:

- измерить продольную деформацию ЛП;
- измерить скорость деформации ЛП;
- определить фазовые объемы ЛП;
- оценить степень фиброза ЛП.

Процесс деформации ЛП по данным STE можно разделить на три фазы: резервуарную, кондуктивную и насосную (рис. 2) [10].

Резервуарная фаза (или фаза накопления, peak atrial longitudinal strain, PALS) включает время изоволюмического сокращения, выброса и изоволюмического расслабления левого желудочка; начинается в конце диастолы желудочков (с закрытия митрального клапана) и продолжается до начала открытия митрального клапана. Во время этой фазы ЛП пассивно расширяется, наполняется кровью из легочных вен и представляет собой резервуар (reservoir) для крови [11].

Кондуктивная фаза (или фаза протекания, atrial longitudinal strain early, ALS early) включает период от открытия митрального клапана до начала сокращения ЛП у пациентов с синусовым ритмом. Во время этой фазы после начала открытия митрального клапана кровь оттекает из ЛП в левый желудочек (ЛЖ); ЛП пассивно уменьшается в размерах и выполняет функцию трубопровода (conduit) для переноса крови в ЛЖ за счет градиента давления между полостями [10].

Насосная фаза (или фаза сокращения, atrial longitudinal strain late, ALS late) охватывает период от начала сокращения ЛП до конца диастолы желудочков (закрытия митрального клапана) у пациентов с синусовым ритмом. Во время этой фазы ЛП активно сокращается (pump) непосредственно перед сокращением ЛЖ [12].

В последнее время для оценки функции ЛП определяется так называемая *податливость*, которая представлена несколькими различными измерениями деформации ЛП [13]:

- 1) площадь ЛП (LA-FAC) – разница площади ЛП, когда оно максимально заполнено и когда

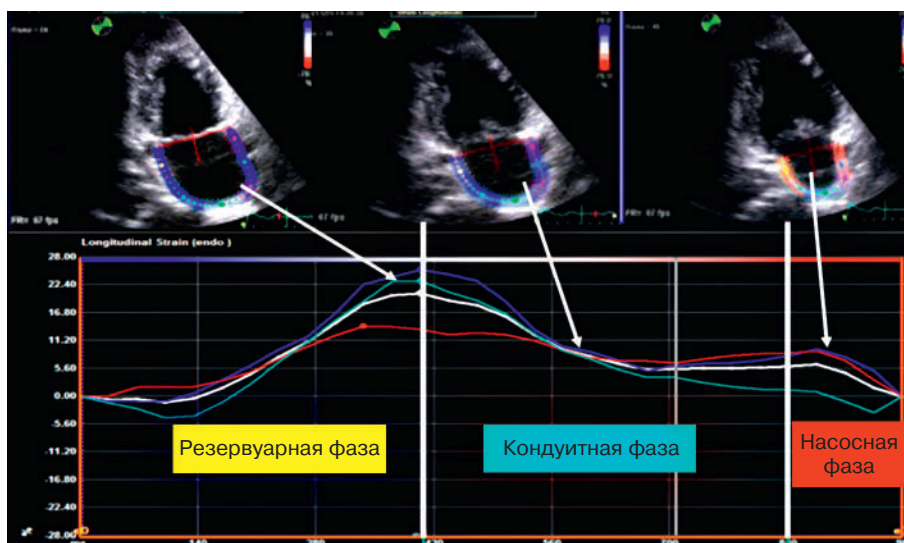


Рис. 2. Фазы деформации ЛП по данным STE [10]

оно максимально пусто непосредственно перед сокращением ЛЖ;

2) фракция опорожнения ЛП (LA-EF) – разница в объеме ЛП, когда оно максимально заполнено и когда оно максимально пусто непосредственно перед сокращением ЛЖ; как LA-FAC, так и LA-EF могут быть рассчитаны с помощью и двумерной эхокардиографии, и STE;

3) пиковая деформация ЛП в резервуарную фазу определяется только с помощью анализа STE.

Важной задачей также является оценка скорости деформации ЛП, которая осуществляется в резервуарную фазу (atrial longitudinal strain rate systole, ALSR systole), в кондуктную фазу (atrial longitudinal strain rate early, ALSR early) и в насосную фазу (atrial longitudinal strain rate late, ALSR late).

F.J. Sánchez et al. (2022 г.) провели большой анализ исследований, в которых изучалось прогностическое значение деформации ЛП в развитии ПОФП после различных кардиохирургических

Таблица 1

Эхокардиографические предикторы развития ПОФП [4]

Первый автор (год, операция)	Число пациентов	ПОФП, %	Результаты
Tauyareci et al. (2010, КШ)	96	26,0	PALS ЛП менее 44% является предиктором развития ПОФП ($p = 0,0001$)
Gabrielli et al. (2011, КШ)	70	26,0	Снижение деформации ЛП является независимым предиктором развития ПОФП ($p < 0,01$). Снижение PALS ЛП является независимым предиктором развития ПОФП ($p < 0,01$)
Her et al. (2013, КШ)	53	24,0	PALS ЛП менее 27,7% является предиктором развития ПОФП ($p < 0,003$)
Cameli et al. (2014, ХПАК)	76	19,7	PALS ЛП менее 16,8% является предиктором развития ПОФП ($p < 0,0001$)
Verdejo et al. (2016, КШ)	70	38,5	Снижение PALS ЛП является независимым предиктором развития ПОФП ($p < 0,001$)
Basaran et al. (2016, КШ)	90	25,6	Снижение PALS ЛП является предиктором развития ПОФП ($p < 0,0001$)
Pernigo et al. (2017, ХПАК)	60	43,3	PALS ЛП менее 23% является предиктором развития ПОФП ($p < 0,0001$). Снижение деформации ЛП в кондуктную фазу менее 10% является предиктором развития ПОФП ($p < 0,0001$)
Aksu et al. (2019, КШ)	74	50,0	Снижение деформации правого предсердия в резервуарную фазу менее 11% является предиктором развития ПОФП ($p = 0,001$)

ких операций. Отмечено, что одними из важных предикторов ПОФП являются специфические изменения в ЛП в резервуарную и насосную фазы, а также предсердная диссинхрония, определяемые с помощью STE [4]. Результаты наиболее крупных исследований представлены в таблице 1.

В проспективном когортном исследовании E. Mahmood et al. (2020 г.) проанализирована роль предоперационной эхокардиографии методом STE в прогнозировании развития ПОФП. Всего в исследование включены 169 пациентов, из которых у 44 (26%) развилась ПОФП, а у 39 (23,1%) – диастолическая дисфункция. Значимыми предикторами развития ПОФП были возраст, объем левого предсердия, индексированный по площади поверхности тела, и диастолическая дисфункция, диагностированная методом STE ($p = 0,02, 0,0001$ и $0,001$ соответственно) [14].

В крупном метаанализе 43 исследований с общей выборкой, включающей 2531 пациента, который был выполнен M.J. Kawczynski et al. и опубликован в Eurorace (2021 г.), показано, что PALS ЛП является наиболее прогностически ценным показателем. PALS, отражающий резервуарную функцию ЛП, достоверно снижен у пациентов с ПОФП (ОШ 1,4, 95% ДИ 1,0–1,8). Возможно, это объясняется наличием структурного ремоделирования миокарда, большой зоной фиброза и снижением эластичности предсердий. Авторами также показано, что снижение ALSR systole является предиктором развития ПОФП, особенно у пациентов после ХПАК [15].

Изменение функции левого предсердия по данным STE как предиктор развития ПОФП

R.M. Darweesh et al. (2021 г.) в проспективном одноцентровом исследовании показали, что у пациентов после операции КШ, осложненной развитием ПОФП, отмечается снижение продольной деформации ЛП в резервуарную фазу. У всех 84 пациентов, включенных в исследование, выполнена комплексная предоперационная оценка всех клинических и эхокардиографических показателей. После операции выделены две группы: с развитием ПОФП и без нее. Многофакторный регрессионный анализ показал, что возраст ($p = 0,03$; ОШ 1,134; 95% ДИ 1,012–1,271) и PALS ЛП ($p = 0,001$; ОШ 0,814; 95% ДИ 0,725–0,914) – более независимые факторы в прогнозировании ПОФП, при этом PALS

ЛП показал самую высокую прогностическую точность [16].

Аналогичные результаты получены в исследовании H.E. Verdejo et al. (2016 г.). В исследовании методом «случай-контроль» с участием 70 пациентов, перенесших операцию КШ, клинико-лабораторные характеристики регистрировали исходно и через 72 ч после операции. ПОФП возникла у 38,5% пациентов в течение первых 72 ч после операции (28,5% в младшей группе против 48,6% в старшей группе). Функция ЛП была заметно нарушена у пациентов с ПОФП. Многофакторный анализ продемонстрировал, что PALS ЛП и возраст являются независимыми предикторами ПОФП [17].

O.N. Kislitsina et al. (2020 г.) провели исследование, включавшее 211 пациентов, которым планировалась операция КШ. Пациенты разделены на две группы: с развитием ПОФП и без таковой. ПОФП развилась у 23,7% ($n = 50$). Единственной предоперационной демографической характеристикой, которая значительно отличалась между группами с ПОФП и без ПОФП, был возраст: пациенты, у которых развилась ПОФП, были в среднем на 4 года старше. Индексированный объем левого предсердия в группе ПОФП составлял всего 29,8 мл/м², что по существующим определениям считается нормальным. Существенной разницы в соотношении E/e' у пациентов с и без ПОФП не было. Также не было различий в оценке функций ЛЖ (включая глобальную продольную деформацию (GLS) ЛЖ) и ПЖ (включая TAPSE): данные показатели не отличались между группами с и без ПОФП. Напротив, все три предоперационных параметра деформации ЛП (PALS, ALS late, LA-EF), полученные с помощью STE, значительно различались между группами (табл. 2) [18].

В 2021 г. G. Abdelrazek et al. опубликовали результаты проведенного проспективного обсервационного исследования, в которое включены 89 пациентов с плановым выполнением операции КШ. Пациенты имели сохранную фракцию выброса ЛЖ (> 50%) и синусовый ритм, без предшествующих пароксизмов ФП в анамнезе и без поражения клапанов. Согласно результатам исследования, частота развития ПОФП составила 31% (у 28 из 89 пациентов). Больные, у которых развилась ФП, были статистически значимо старше пациентов без ФП ($p = 0,032$). Не было статистически значимых различий между двумя группами по таким показателям, как пол, индекс массы тела, артериальная ги-

Таблица 2

**Показатели функции ЛП по данным STE у пациентов после КШ
с развитием ПОФП и без ПОФП [18]**

Показатель	Группа без ПОФП (n = 47)	Группа с ПОФП (n = 47)	P
LA-EF	55,6 ± 12,6	44,0 ± 15,7	< 0,001
PALS	32,8 ± 11,2	22,9 ± 8,3	< 0,001
ALS late	18,5 ± 6,7	11,4 ± 5,3	< 0,001

Примечание. Данные представлены в виде $M \pm SD$, где M – среднее значение, а SD – стандартное отклонение.

пертензия, наличие сахарного диабета и курение. Также между группами не выявлено статистически значимых различий по классу хронической сердечной недостаточности по NYHA, уровню креатинина в сыворотке, частоте сердечных сокращений или количеству пораженных коронарных артерий ($p = 0,021$). У пациентов с ПОФП отмечались более низкая митральная скорость E и более низкий показатель E/A. По данным предоперационной STE, значение PALS ЛП было меньше в группе с развитием ПОФП. ROC-анализ также показал, что предикторами возникновения ПОФП были возраст, сниженный PALS ЛП и сниженная скорость деформации предсердий. PALS менее 29,8% является предельным значением для возникновения ПОФП [19].

Среди отечественных работ заслуживает внимания исследование К.Г. Ганаева и др. (2022 г.). Проспективное исследование, включающее 70 пациентов, которым выполнена изолированная операция КШ, показало, что впервые зарегистрированная ПОФП отмечена в 29% случаев. Анализ параметров механической функции ЛП по данным STE выявил, что все показатели, характеризующие деформацию ЛП, в группе с ФП были ниже, за исключением GLS ЛЖ (табл. 3) [20].

В 2018 г. G.P. Amorim et al. опубликовали результаты исследования, в котором приняли участие 149 пациентов с тяжелым АС ($74 \pm 8,6$ года, 51% мужчин), без ФП в анамнезе. Проведена оценка функции ЛП с использованием STE. Оценивались такие показатели, как PALS, пиковая деформация сокращения предсердий (peak atrial contraction strain, PACS) и объемные показатели ЛП. Средние значения PALS, PACS, максимальный объем ЛП, минимальный объем ЛП и объем ЛП до волны составили $25,5 \pm 10,9\%$, $12,5 \pm 7,1\%$, $93,3 \pm 36,6$ мл, $51,0 \pm 28,7$ мл и $72,6 \pm 31,7$ мл соответственно. ХПАК выполнено у 115 пациентов (25 пациентам – в сочетании с реваскуляризацией миокарда), 1 пациент исключен из исследования из-за смерти на фоне обширного инфаркта миокарда во время операции. Средняя продолжительность пребывания в стационаре составила 7 дней, ПОФП наблюдалось у 36 пациентов в среднем в течение 3 дней. При многомерном регрессионном анализе Кокса установлено, что увеличение диаметра ЛП связано с более высокой частотой ФП после ХПАК, наряду с нарушением резервуарной функции ЛП (что отражается снижением PALS). Результаты ROC-анализа показали, что предикторами развития ПОФП являются: PALS менее

Таблица 3

**Структурно-функциональные показатели деформации ЛП и ЛЖ
в группах без ФП и с ФП [20]**

Показатель	Без ФП		С ФП		P
	M	SD	M	SD	
PALS, %	27,8	3,0	20,4	3,1	0,024
ALS early, %	11,8	1,73	8,5	1,5	0,038
ALS late, %	-1,0	1,0	-0,2	0,7	0,039
ALSR systole	1,1	0,1	0,6	0,1	0,029
ALSR late, c ⁻¹	-1,1	0,3	-0,7	0,1	0,041
GLS ЛЖ, %	-17,6	2,6	-16,0	4,6	0,424

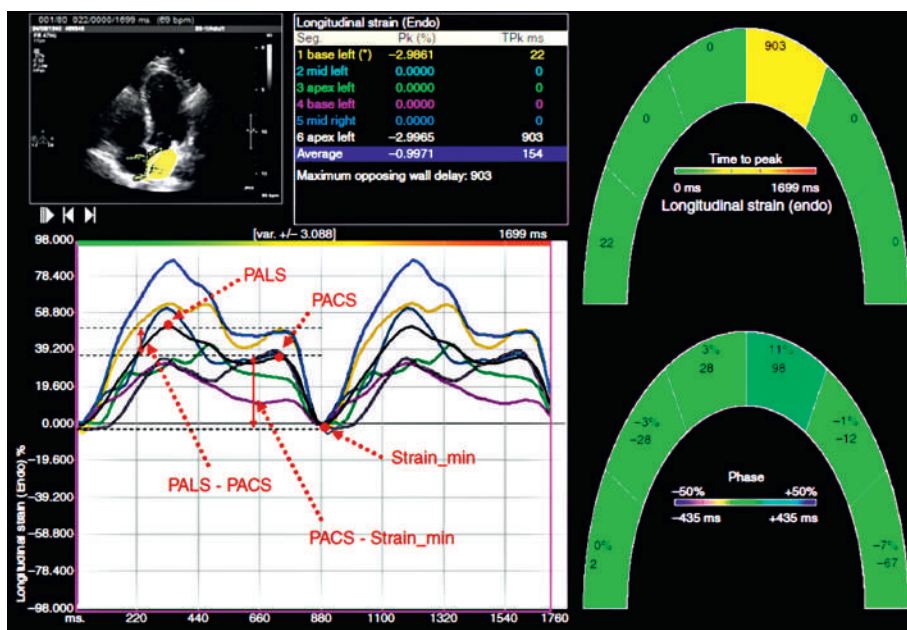


Рис. 3. Измерение PALS и PACS у пациента с тяжелым аортальным стенозом [21]

18,7%, PACS менее 7,9%, максимальный объем ЛП 68 мл и более, минимальный объем ЛП 30 мл и более, объем ЛП до волны 50 мл и более. Таким образом, снижение как PALS, так и PACS независимо связано с более высоким риском развития ПОФП после ХПАК (рис. 3) [21].

Заключение

Данные литературы позволяют предположить, что ФП после операций КШ и ХПАК является ассоциированной с уже имеющейся субклинической дисфункцией ЛП и рассматривается как следствие структурных изменений на фоне ИБС или АС. Продольная деформация ЛП в резервуарную фазу (PALS) служит чувствительным маркером значимости объемной перегрузки и отражает изменения раньше геометрических. При этом метод является легко воспроизводимым и может быть внедрен в рутинную предоперационную подготовку. Снижение предоперационной деформации ЛП, особенно изменение площади ЛП, фракции опорожнения ЛП и деформации в резервуарную фазу, являются мощными предоперационными параметрами для прогнозирования риска развития ПОФП у пациентов после КШ и ХПАК.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список/References

- Hindricks G., Potpara T., Dagres N. et al. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS): the task force for the diagnosis and

management of atrial fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC) developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC. *Eur. Heart J.* 2021; 42 (5): 373–498. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa612

- Mandoli G.E., Pastore M.C., Benfari G. et al. Left atrial strain as a pre-operative prognostic marker for patients with severe mitral regurgitation. *Intern. J. Cardiol.* 2020; 324: 139–45. DOI: 10.1016/j.ijcard.2020.09.009
- Akintoye E., Sellke F., Marchioli R. et al. Factors associated with postoperative atrial fibrillation and other adverse events after cardiac surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2018; 155 (1): 242–51. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2017.07.063
- Sánchez F.J., Pueyo E., Diez E.R. Strain echocardiography to predict postoperative atrial fibrillation. *Intern. J. Mol. Sci.* 2022; 23 (3): 1355. DOI: 10.3390/ijms23031355
- Filardo G., Ailawadi G., Pollock B.D. et al. Postoperative atrial fibrillation: sex-specific characteristics and effect on survival. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2019; 159 (4): 1419–25. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2019.04.097
- Klaeboe L.G., Edvardsen T. Echocardiographic assessment of left ventricular systolic function. *J. Echocardi.* 2019; 17 (1): 10–6. DOI: 10.1007/s12574-018-0405-5
- Lee S.H., Lee H., Park J.K. et al. Gender difference in the long-term clinical implications of new-onset atrial fibrillation after coronary artery bypass grafting. *Yonsei Med. J.* 2017; 58 (6): 1119–27. DOI: 10.3349/ymj.2017.58.6.1119
- Kosmidou I., Chen S., Kappetein A.P. et al. New-onset atrial fibrillation after PCI or CABG for left main disease: the EXCEL trial. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018; 71 (7): 739–48. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.12.012
- Алехин М.Н., Калинин А.О. Значение показателей продольной деформации левого предсердия у пациентов с хронической сердечной недостаточностью. *Медицинский алфавит.* 2020; 32: 24–9. DOI: 10.33667/2078-5631-2020-32-24-29
- Alekhin M.N., Kalinin A.O. Value of indicators of longitudinal deformation of the left atrium in patients with chronic heart failure. *Medical Alphabet.* 2020; 32: 24–9 (in Russ.). DOI: 10.33667/2078-5631-2020-32-24-29
- Pathan F., D'Elia N., Nolan M.T. et al. Normal ranges of left atrial strain by speckle-tracking echocardiography: a systematic review and meta-analysis. *J. Am. Soc. Echocardi.* 2017; 30 (1): 59–70. DOI: 10.1016/j.echo.2016.09.007

11. Mohseni-Badalabadi R., Mirjalili T., Jalali A. et al. A systematic review and meta-analysis of the normal reference value of the longitudinal left atrial strain by three dimensional speckle tracking echocardiography. *Sci. Rep.* 2022; 12. DOI: 10.1038/s41598-022-08379-7
12. Hosseinsabet A., Mahmoudian R., Jalali A. et al. Normal ranges of right atrial strain and strain rate by two-dimensional speckle-tracking echocardiography: a systematic review and meta-analysis. *Front. Cardiovasc. Med.* 2021; 8. DOI: 10.3389/fcvm.2021.771647
13. Modin D., Biering-Sørensen S.R., Møgelvang R. et al. Prognostic value of left atrial strain in predicting cardiovascular morbidity and mortality in the general population. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imag.* 2019; 20 (7): 804–15. DOI: 10.1093/ehjci/jej181
14. Mahmood E., Khabbaz K.R., Bose R. et al. Immediate preoperative transthoracic echocardiography for the prediction of postoperative atrial fibrillation in high-risk cardiac surgery. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2020; 34 (3): 719–25. DOI: 10.1053/j.jvca.2019.09.026
15. Kawczynski M.J., Zeemering S., Gilbers M. et al. New-onset perioperative atrial fibrillation in cardiac surgery patients: transient trouble or persistent problem? Authors' reply. *Europace.* 2022; 24 (6): 1037–8. DOI: 10.1093/europace/euab317
16. Darweesh R.M., Baghdady Y.K., Elhossary H. et al. Importance of left atrial mechanical function as a predictor of atrial fibrillation risk following cardiac surgery. *Intern. J. Cardiovasc. Imag.* 2021; 37 (12): 1–10. DOI: 10.1007/s10554-021-02163-w
17. Verdejo H.E., Becerra E., Zalaquet R. et al. Atrial function assessed by speckle tracking echocardiography is a good predictor of postoperative atrial fibrillation in elderly patients. *Echocardiography.* 2016; 33 (2): 242–8. DOI: 10.1111/echo.13059
18. Kisilitsina O.N., Cox J.L., Shah S.J. et al. Preoperative left atrial strain abnormalities are associated with the development of postoperative atrial fibrillation following isolated coronary artery bypass surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2020; 164 (3): 917–24. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2020.09.130
19. Abdelrazek G., Mandour K., Osama M., Elkhashab K. Strain and strain rate echocardiographic imaging predict occurrence of atrial fibrillation in post-coronary artery bypass grafting patients. *Egypt. Heart J.* 2021; 73 (1). DOI: 10.1186/s43044-021-00188-z
20. Ганаев К.Г., Власова Э.Е., Авалян А.А. и др. Первый опыт применения технологии спекл-трекинг эхокардиографии в двумерном режиме для оценки связи нарушения деформации левого предсердия с фибрилляцией предсердий после коронарного шунтирования. *Российский кардиологический журнал.* 2022; 27 (7): 47–53. DOI: 10.15829/1560-4071-2022-5026
Ganaev K.G., Vlasova E.E., Avalyan A.A. et al. First experience of using two-dimensional speckle-tracking echocardiography to assess the association of left atrial strain with atrial fibrillation after coronary artery bypass grafting. *Russian Journal of Cardiology.* 2022; 27 (7): 47–53 (in Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2022-5026
21. Amorim G.P., Mancio J., Vouga L. et al. Impaired left atrial strain as a predictor of new-onset atrial fibrillation after aortic valve replacement independently of left atrial size. *Revista Española de Cardiología (Engl. Ed.).* 2018; 71 (6): 466–76. DOI: 10.1016/j.rec.2017.10.005

Поступила 11.05.2023

Принята к печати 09.06.2023