



Оценка деформации левого предсердия с помощью спекл-трекинг эхокардиографии для прогнозирования послеоперационной фибрилляции предсердий после коронарного шунтирования: систематический обзор и метаанализ

Голухова Е. З., Булаева Н. И., Мрикаев Д. В., Александрова С. А., Кудряшова Е. Н., Джидзалова Д. Х., Моллаева Д. Д., Бердибеков Б. Ш.

Цель. Исследование направлено на проведение систематического обзора и метаанализа с целью изучения прогностической роли оценки деформации левого предсердия (ЛП) с помощью спекл-трекинг эхокардиографии (STE) для прогнозирования впервые возникшей послеоперационной фибрилляции предсердий (ПОФП) у пациентов, перенесших коронарное шунтирование (КШ).

Материал и методы. Мы провели поиск в базах данных PubMed (Medline) и Google Scholar для исследований, в которых изучались показатели деформации ЛП, полученные с помощью STE в качестве предикторов ПОФП у пациентов после КШ. Для определения разницы средневзвешенных показателей деформации ЛП был проведен анализ показателей глобальной деформации ЛП, показателей деформации ЛП в фазу резервуара (PALS — peak atrial longitudinal strain), кондуита (LACS — left atrial conduit strain) и сокращения (LACTS — left atrial contractile strain). Значения отношения шансов (ОШ) были извлечены из многофакторных моделей, сообщающих об ассоциации PALS и ПОФП, и описаны как объединенные оценки с 95% доверительными интервалами (ДИ).

Результаты. Для данного систематического обзора и метаанализа было отобрано 12 исследований из 404 публикаций. Всего в анализ было включено 1093 пациента, средний возраст составил 60,5 лет. Метаанализ показал, что пациенты с ПОФП имели более низкие значения показателей глобальной деформации ЛП, чем у пациентов без развития ПОФП (разница средневзвешенных значений — 5,03%; 95% ДИ: от -6,89 до -3,16; $p < 0,001$). Кроме того, пациенты с ПОФП имели более низкие значения показателей деформации ЛП в фазу резервуара (PALS), кондуита (LACS) и сокращения (LACTS). Так, разница средневзвешенных значений составила 9,90% (95% ДИ: от -12,95 до -6,85; $p < 0,001$), 4,17% (95% ДИ: от -6,05 до -2,29; $p < 0,001$) и 6,17% (95% ДИ: от -12,01 до -0,33; $p = 0,04$), соответственно. Более того, по результатам объединенного анализа отношения шансов (ОШ), PALS оказалась независимым предиктором развития ПОФП (ОШ: 0,88 на каждый 1% увеличения PALS; 95% ДИ: 0,82-0,94; $p < 0,0001$).

Заключение. Оценка деформации ЛП с помощью STE обеспечивает важной дополнительной информацией для прогнозирования впервые возникшей ПОФП у пациентов, перенесших изолированное КШ.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий, ПОФП, коронарное шунтирование, спекл-трекинг эхокардиография, деформация левого предсердия, прогностическая ценность.

Отношения и деятельность: нет.

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

Голухова Е. З. — академик РАН, д.м.н., профессор, директор, зав. кафедрой кардиологии и функциональной диагностики с курсом детской кардиологии,

ORCID: 0000-0002-6252-0322, Булаева Н. И. — к.б.н., с.н.с., руководитель отдела координации и сопровождения научно-исследовательской деятельности и проведения тематических мероприятий, зав. лабораторией аритмогенеза, доцент кафедры кардиологии и функциональной диагностики с курсом детской кардиологии, ORCID: 0000-0002-5091-0518, Мрикаев Д. В. — к.м.н., н.с., доцент кафедры кардиологии и функциональной диагностики с курсом детской кардиологии, ORCID: 0000-0003-4237-0758, Александрова С. А. — к.м.н., с.н.с., доцент кафедры кардиологии и функциональной диагностики с курсом детской кардиологии, ORCID: 0000-0002-7795-9709, Кудряшова Е. Н. — врач-кардиолог отделения неинвазивной аритмологии и хирургического лечения комбинированной патологии, ORCID: 0000-0002-7796-8998, Джидзалова Д. Х. — врач-кардиолог отделения неинвазивной аритмологии и хирургического лечения комбинированной патологии, аспирант, ORCID: 0000-0002-3694-3583, Моллаева Д. Д. — врач-кардиолог отделения неинвазивной аритмологии и хирургического лечения комбинированной патологии, ORCID: 0000-0002-9093-1479, Бердибеков Б. Ш.* — м.н.с. отдела координации и сопровождения научно-исследовательской деятельности и проведения тематических мероприятий, врач-кардиолог отделения неинвазивной аритмологии и хирургического лечения комбинированной патологии, ORCID: 0000-0001-7717-4971.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

bsberdibekov@yahoo.com

ДИ — доверительный интервал, КШ — коронарное шунтирование, ЛЖ — левый желудочек, ЛП — левое предсердие, ОШ — отношение шансов, ПОФП — послеоперационная фибрилляция предсердий, ФП — фибрилляция предсердий, ЭхоКГ — эхокардиография, LACS — left atrial conduit strain, LACTS — left atrial contractile strain, PALS — peak atrial longitudinal strain, SR — скорость деформации, STE — speckle tracking echocardiography (спекл-трекинг эхокардиография), TDI — tissue doppler imaging.

Рукопись получена 02.02.2023

Рецензия получена 19.02.2023

Принята к публикации 20.03.2023



Для цитирования: Голухова Е. З., Булаева Н. И., Мрикаев Д. В., Александрова С. А., Кудряшова Е. Н., Джидзалова Д. Х., Моллаева Д. Д., Бердибеков Б. Ш. Оценка деформации левого предсердия с помощью спекл-трекинг эхокардиографии для прогнозирования послеоперационной фибрилляции предсердий после коронарного шунтирования: систематический обзор и метаанализ. *Российский кардиологический журнал*. 2023;28(7):5349. doi:10.15829/1560-4071-2023-5349. EDN GQARZJ

Evaluation of left atrial strain using speckle-tracking echocardiography to predict postoperative atrial fibrillation after coronary artery bypass grafting: a systematic review and meta-analysis

Golukhova E. Z., Bulaeva N. I., Mrikaev D. V., Aleksandrova S. A., Kudryashova E. N., Dzhidzalova D. Kh., Mollaeva D. D., Berdibekov B. Sh.

Aim. To conduct a systematic review and meta-analysis to investigate the prognostic role of left atrial (LA) strain assessment using speckle-tracking echocardiography to predict postoperative atrial fibrillation (POAF) in patients undergoing coronary bypass grafting (CABG).

Material and methods. We searched the PubMed (Medline) and Google Scholar databases for studies investigating LA strain measures obtained by speckle tracking echocardiography as predictors of POAF in patients after CABG. To determine the difference in the weighted average LA strain parameters, an analysis was made of the global LA strain, peak atrial longitudinal strain (PALS), left atrial conduit strain (LACS) and left atrial contractile strain (LACTS). Odds ratio (OR) values were received from multivariate models reporting association between PALS and POAF and described as pooled estimates with 95% confidence intervals (CI).

Results. Twelve studies from 404 publications were selected for this systematic review and meta-analysis. A total of 1093 patients were included in the analysis, with a mean age of 60,5 years. A meta-analysis showed that patients with POAF had lower global LA strain than patients without POAF (difference in weighted values, 5,03%; 95% CI: -6,89 to -3,16; $p < 0,001$). In addition, patients with POAF had lower PALS, LACS and LACTS; the difference in weighted values was 9,90% (95% CI: -12,95 to -6,85; $p < 0,001$), 4,17% (95% CI: -6,05 to -2,29; $p < 0,001$) and 6,17% (95% CI: -12,01 to -0,33; $p = 0,04$), respectively. Moreover, in a pooled odds ratio (OR) analysis, PALS was found to be an independent predictor of POAF (OR: 0,88 for every 1% increase in PALS; 95% CI: 0,82–0,94; $p < 0,0001$).

Conclusion. Assessment of LA strain using speckle-tracking echocardiography provides important additional information for predicting POAF in patients undergoing isolated CABG.

Keywords: atrial fibrillation, POAF, coronary artery bypass grafting, speckle tracking echocardiography, left atrial strain, prognostic value.

Relationships and Activities: none.

A. N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, Russia.

Golukhova E.Z. ORCID: 0000-0002-6252-0322, Bulaeva N.I. ORCID: 0000-0002-5091-0518, Mrikaev D.V. ORCID: 0000-0003-4237-0758, Aleksandrova S.A. ORCID: 0000-0002-7795-9709, Kudryashova E.N. ORCID: 0000-0002-7796-8998, Dzhidzalova D. Kh. ORCID: 0000-0002-3694-3583, Mollaeva D. D. ORCID: 0000-0002-9093-1479, Berdibekov B. Sh.* ORCID: 0000-0001-7717-4971.

*Corresponding author:
bsberdibekov@yahoo.com

Received: 02.02.2023 **Revision Received:** 19.02.2023 **Accepted:** 20.03.2023

For citation: Golukhova E. Z., Bulaeva N. I., Mrikaev D. V., Aleksandrova S. A., Kudryashova E. N., Dzhidzalova D. Kh., Mollaeva D. D., Berdibekov B. Sh. Evaluation of left atrial strain using speckle-tracking echocardiography to predict postoperative atrial fibrillation after coronary artery bypass grafting: a systematic review and meta-analysis. *Russian Journal of Cardiology*. 2023;28(7):5349. doi:10.15829/1560-4071-2023-5349. EDN GQARZJ

Ключевые моменты

- Послеоперационная фибрилляция предсердий (ПОФП) является распространенной проблемой у пациентов после коронарного шунтирования (КШ).
- Клинические предикторы, используемые для выявления пациентов с риском ПОФП, имеют ограничения.
- У пациентов с ПОФП показатели деформации левого предсердия на дооперационном этапе хуже, чем у пациентов без ПОФП.
- Пиковая продольная деформация предсердий полезна для прогнозирования ПОФП у пациентов, перенесших КШ.

Фибрилляция предсердий (ФП) является наиболее частой аритмией после операций на сердце у взрослых, составляя примерно 80% послеоперационных аритмий. Частота ФП в послеоперационном периоде колеблется от 15% до 40% [1].

Патогенез послеоперационной ФП (ПОФП) является многофакторным и связан как с основным субстратом в предсердиях (включая структурно-функциональные особенности предсердий), так и влиянием

Key messages

- Postoperative atrial fibrillation (POAF) is a common problem in patients after coronary bypass surgery (CABG).
- Clinical predictors used to identify patients at risk for POAF have limitations.
- Patients with POAF have worse left atrial strain at the preoperative stage than patients without POAF.
- Peak atrial longitudinal strain (PALS) is useful for predicting POAF in patients undergoing CABG.

острого воспаления, окислительного стресса, ассоциированных с хирургическим вмешательством на сердце [2, 3].

ПОФП связана с более длительным пребыванием в стационаре и более высокими затратами. Кроме того, несмотря на то, что данная аритмия чаще всего в послеоперационном периоде имеет непродолжительный характер, она ассоциирована с долгосрочными неблагоприятными клиническими исходами, включая инсульт, сердечную недостаточность, повторную госпитализацию и смерть [4, 5].

Пожилой возраст, мужской пол, сахарный диабет, систолическая дисфункция левого желудочка (ЛЖ),

увеличение длительности пережатия аорты и времени искусственного кровообращения во время операций коронарного шунтирования (КШ) являются одними из основных факторов риска, повышающих вероятность развития ПОФП. Продолжается поиск адекватных маркеров прогнозирования риска ПОФП, в т.ч. с помощью предоперационной оценки структурно-функциональных изменений левого предсердия (ЛП).

Тканевая миокардиальная доплер-эхокардиография (ЭхоКГ) (TDI — tissue doppler imaging) и спекл-трекинг ЭхоКГ (STE — speckle tracking echocardiography) используются чаще всего для оценки функции ЛП. Однако технология STE в отличие от TDI в большей степени не зависит от угла сканирования и направления движения миокарда. Оценка деформации миокарда с помощью STE основана на технологии отслеживания движения пятен серой шкалы в двухмерном изображении. При этом величина деформации (положительная или отрицательная деформация) выражается в процентах (%). Положительные значения деформации описывают утолщение, отрицательные значения описывают укорочение данного сегмента миокарда относительно его исходной длины. В свою очередь, скорость деформации (SR) — это скорость, с которой происходит деформация (деформация за единицу времени), и выражается она в единицах, обратных секунде (сек^{-1}) [6].

Необходимо отметить, что в изображении кри-вых деформации ЛП большое значение имеет точка, принятая за референтную, а именно — зубец Р или комплекс QRS на электрокардиограмме. При использовании комплекса QRS нулевой точкой является конец диастолы ЛЖ, и пиковая положительная продольная деформация (ϵ_s) соответствует фазе накопления ЛП, тогда как деформация во время ранней и поздней диастолы (ϵ_e и ϵ_a) соответствует фазе протекания и насоса. Как видно из рисунка 1, все показатели деформации предсердий в этом случае имеют положительные значения. Если используется зубец Р, нулевой точкой является конец предсердной диастолы, и первый отрицательный пик продольной деформации (ϵ_{neg}) представляет фазу насоса ЛП, тогда как положительный пик ϵ (ϵ_{pos}) соответствует фазе протекания, а их абсолютная сумма (ϵ_{total}) представляет фазу накопления. При оценке SR во время систолы ЛЖ, ранней и поздней диастолы (SR-S, SR-E, SR-A, соответственно) может быть получена дополнительная информация относительно фазы накопления, протекания и насоса ЛП [7].

Однако в настоящее время использование этих новых эхокардиографических маркеров ПОФП ограничивается только небольшими одноцентровыми наблюдательными клиническими исследованиями, с небольшими размерами выборок. В свете этих не-

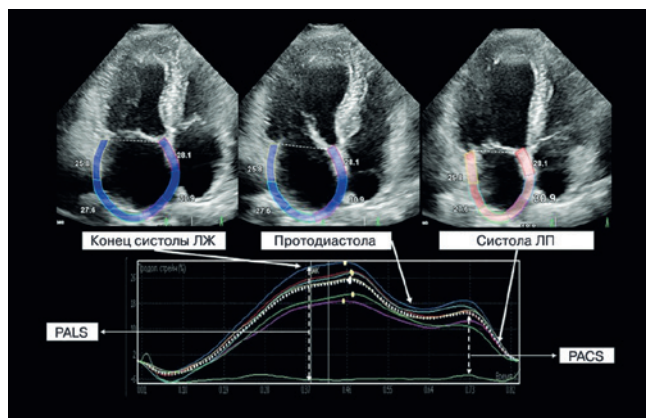


Рис. 1. Оценка деформации ЛП по методу speckle tracking.

Примечание: конец систолы ЛЖ соответствует фазе резервуара, протодиастола — фазе кондукта, систола ЛП — насосной фазе. Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

Сокращения: ЛЖ — левый желудочек, ЛП — левое предсердие, PALS — пиковая продольная деформация левого предсердия, PACS — пиковая деформация предсердий в фазу сокращения.

достатков мы провели систематический обзор и метаанализ исследований, в которых изучались показатели деформации ЛП, полученные с помощью STE в качестве предикторов ПОФП у пациентов после КШ.

Материал и методы

Поиск публикаций и отбор исследований. Алгоритм поиска информации был разработан в соответствии с требованиями и положениями отчетности для систематических обзоров и метаанализов (PRISMA) в базе данных PubMed (Medline) и Google Scholar. Последний поиск данных для включения в данный анализ был проведен 23 января 2023г. Для поиска исследований в базе данных PubMed мы использовали следующие ключевые слова: ((atrial fibrillation) OR (POAF) OR (atrial fibrillation recurrence) OR (AF recurrence)) AND ((left atrial strain) OR (strain) OR (left atrial function)) AND ((CABG) OR (coronary artery bypass grafting)). Для поиска в базе данных Google Scholar использовали запрос: POAF, atrial fibrillation recurrence, speckle tracking echocardiography, left atrial strain, CABG. Для отбора подходящих исследований для включения в этот систематический обзор и метаанализ двое авторов независимо друг от друга изучили абстракты и полнотекстовые отчеты на соответствие критериям включения.

Критерии включения/исключения. Критериями включения первичных исследований в систематический обзор с последующим метаанализом были: исследования с доступом к полным текстам; все участники были взрослыми (18 лет и старше), которым проводилось КШ; все пациенты должны были иметь синусовый ритм перед операцией; исследования с адекватно представленными исходными данными,



Рис. 2. Блок-схема отбора включенных в обзор исследований.

главным образом, данными описания предоперационных показателей деформации ЛП по данным STE. Кроме того, основным критерием исключения являлось отсутствие в анамнезе нарушений ритма сердца в виде ФП. Статьи на других языках кроме английского и русского, описания отдельных случаев, доклинические исследования, обзоры и мнения экспертов исключались из метаанализа.

Оценка методологического качества. Качество исследований определялось по шкале оценки качества когортных исследований Ньюкасл-Оттава [8]. Оценка исследований проводилась на основе определения следующих основных критериев: отбор исследовательских групп; сопоставимость групп; и установка интересующего исхода. Все несоответствия устранялись путем обсуждения авторами работы.

Статистический анализ. Статистическая обработка данных выполнялась в программах Review Manager (RevMan), версия 5.4.1 (The Cochrane Collaboration, 2020) и Comprehensive Meta-Analysis 3.0 (Biostat, США). Метаанализ проводился по модели случайных эффектов, с применением метода обратной дисперсии. Графически основные результаты представлены в виде "форест" диаграммы (forest plot). Проверка статистической неоднородности исследований осуществлялась с помощью Q-теста на основе χ^2 , а также индекса гетерогенности I^2 . Интерпретация оценки статистической гетерогенности согласно индексу I^2 проводилась по рекомендациям Кокрановского сообщества, согласно которому $I^2 = 0-40\%$ соответствует незначительной гетерогенности; $30-60\%$ — умеренной гетерогенности; $50-90\%$ — значительной гетерогенности; $75-100\%$ — высокой гетерогенности. Модель случайных эффектов была принята при $P < 0,1$ в тесте

χ^2 и $I^2 > 40\%$, модель фиксированного эффекта при $P \geq 0,1$ в тесте χ^2 и $I^2 \leq 40\%$. Метаанализ различий средних значений показателей деформации ЛП в исследуемой и контрольной группах выполнялся по данным о средних значениях со стандартными отклонениями с учетом числа исследуемых в сравниваемых группах. В качестве исходных значений для метаанализа также использовались значения скорректированного (полученного для многофакторной модели, adjusted) отношения шансов (ОШ), определенного для изменения пиковой продольной деформации ЛП (PALS — peak atrial longitudinal strain) на 1%. Эффект считался статистически значимым при $p < 0,05$. Оценка публикационного смещения проводилась с помощью визуального осмотра воронкообразных диаграмм (Funnel plot), а также при проведении теста Эггера.

Результаты

Результаты поиска литературы. В результате поиска по ключевым словам в базе данных PubMed и Google Scholar всего найдено 404 публикации. Число публикаций после удаления дубликатов составило 391. После анализа заголовков и их аннотаций поставленной цели соответствовали 39 публикаций. Наиболее частыми причинами исключения статей были несоответствие поставленной цели, отсутствие заданных данных, а также исключались обзорные статьи, обсуждения и доклады. Полнотекстовый скрининг прошла 21 публикация. Основной причиной исключения публикаций из окончательного анализа после полнотекстового скрининга являлось отсутствие заданных данных оценки деформации ЛП с помощью STE, поскольку в данных исследованиях деформация ЛП оценивалась с помощью TDI [9-14]. Таким образом, окончательно в наш обзор было включено 12 исследований, процесс отбора релевантных исследований показан на рисунке 2.

Общая характеристика исследований

Общее количество перенесших КШ пациентов, включенных в данный анализ, составило — 1093. Всем пациентам перед КШ проводилась оценка деформации ЛП по данным STE. Средний возраст пациентов составил 60,5 лет. Данные об исходных характеристиках пациентов обобщены в таблице 1.

Эхокардиографические данные

ЭхоКГ получали на ультразвуковых системах экспертного класса (General Electric, PHILIPS и Toshiba). В большинстве исследований (5 исследований) постобработка данных проводилась на рабочих станциях EchoPAC (GE) [15-18, 25], в двух исследованиях Philips Q lab 10 software [23, 24] и в одном исследовании Toshiba Analysis Software [19], позволяющих проводить автономный полуавтоматический анализ изображений. Деформация миокарда ЛЖ оценивалась с помощью 2D и 3D технологии STE. Основные характеристики ЭхоКГ оборудования

Таблица 1

Синописис исследований, включенных в систематический обзор

Автор, год	Группы	Пациенты, n	Мужчины (%)	Возраст±SD	ИМТ (кг/м ²)	АГ (%)	СД (%)	ББ	Статины, %	Койко-дни в стационаре
Gabrielli, 2011 [15]	ПОФП (-)	52	73	62±2	26±2	46	21	NR	NR	NR
	ПОФП (+)	18	66	70±2	25±2	50	27	NR	NR	NR
Her, 2013 [16]	ПОФП (-)	40	NR	64±10	24±2	14 (35)	7 (18)	32 (80)	33 (83)	16,0±9,0
	ПОФП (+)	13	NR	71±5	24±3	5 (38)	6 (46)	11 (85)	10 (77)	17,3±6,0
Başaran, 2016 [17]	ПОФП (-)	67	82	58,7±10,1	NR	37	25	91	NR	NR
	ПОФП (+)	23	69	64,3±7,4	NR	43	26	60	NR	NR
Ozben, 2016 [18]	ПОФП (-)	35	31 (88,6)	60,5±9,2	NR	34 (97,1)	17 (48,6)	34 (97,1)	17 (48,6)	NR
	ПОФП (+)	13	8 (61,5)	64,5±7,7	NR	13 (100)	8 (61,5)	12 (92,3)	6 (46,2)	NR
Rizvi, 2020 [19]	ПОФП (-)	56	16 (66,7)	67,3±10,7	NR	43 (76,7)	26 (46,4)	56 (100)	NR	NR
	ПОФП (+)	34	24 (77,4)	72,4±10,8	NR	28 (82,3)	15 (44,1)	34 (100)	NR	NR
Kislitsina, 2020 [20]	ПОФП (-)	47	42 (89)	66,1±9,3	28,9±5,0	NR	NR	NR	NR	5 [4-6]
	ПОФП (+)	47	42 (89)	66,3±9,3	28,5±5,0	NR	NR	NR	NR	6 [5-8]
Mohamed Sabry, 2020 [21]	ПОФП (-)	78	52 (66,66)	54,5±6,7	28,8±0,97	52 (66,66)	44 (56,41)	44 (56,41)	78 (100)	NR
	ПОФП (+)	22	16 (72,72)	65,3±5,3	28,8±0,83	17 (77,27)	12 (54,54)	9 (40,90)	22 (100)	NR
Rukmani, 2021 [22]	ПОФП (-)	152	NR	58,4±9,74	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	ПОФП (+)	48	NR	68,5±9,05	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Abdelrazek, 2021 [23]	ПОФП (-)	61	40 (65,6)	55,0±6,4	31,5±4,1	38 (62,3)	28 (45,9)	50 (82)	46 (75,4)	10,4±2,3
	ПОФП (+)	28	18 (64,3)	58,7±9,2	33,0±3,1	20 (71,4)	18 (64,3)	20 (71,4)	19 (67,9)	11,5±1,8
Darweesh, 2021 [24]	ПОФП (-)	60	68	56,6±7,0	30,5±3,1	NR	NR	NR	NR	NR
	ПОФП (+)	24		61,0±5,9	29,9±2,28	NR	NR	NR	NR	NR
Ganaev, 2022 [25]	ПОФП (-)	50	42 (84)	63,2±8,4	28,0±3,2	45 (90)	15 (30)	NR	NR	NR
	ПОФП (+)	20	14 (70)	66,9±7,7	28,0±2,8	17 (85)	7 (35)	NR	NR	NR
Doshmangir, 2022 [26]	ПОФП (-)	81	66 (81,5)	59,14±10,8	NR	55 (67,9)	23 (28,4)	75 (92,6)	76 (93,8)	15,41±4,88
	ПОФП (+)	24	19 (79,2)	64,04±9,2	NR	19 (79,2)	10 (41,7)	21 (87,5)	22 (91,7)	17,58±6,11

Сокращения: АГ — артериальная гипертензия, ББ — бета-блокаторы, ИМТ — индекс массы тела, ПОФП — послеоперационная фибрилляция предсердий, СД — сахарный диабет.

Таблица 2

Характеристика (спецификация) ультразвукового оборудования

Исследование (первый автор)	УЗ система	Рабочая станция	Частота кадров, кадр/сек
Gabrielli, 2011 [15]	VIVID 7, GE	EchoPAC; GE Healthcare	NR
Her, 2013 [16]	VIVID 7, GE	EchoPAC; GE Healthcare	>60
Başaran, 2016 [17]	VIVID 7, GE	EchoPAC; GE Healthcare	>40
Ozben, 2016 [18]	VIVID 7, GE	EchoPAC; GE Healthcare	NR
Rizvi, 2020 [19]	Toshiba	Toshiba Analysis Software	NR
Kislitsina, 2020 [20]	NR	NR	NR
Mohamed Sabry, 2020 [21]	Philips iE33	NR	50-90
Rukmani, 2021 [22]	NR	NR	NR
Abdelrazek, 2021 [23]	Philips iE33	Philips Q lab 10 software	NR
Darweesh, 2021 [24]	Philips EPIQ 7	Philips Q lab 10 software	60-80
Ganaev, 2022 [25]	VIVID E9, GE	EchoPAC; GE Healthcare	NR
Doshmangir, 2022 [26]	Philips EPIQ 7	NR	60-80

Сокращение: УЗ — ультразвуковая.

и программного обеспечения представлены в таблице 2. Данные результатов ЭхоКГ-параметров представлены в таблице 3 и 4.

Глобальная деформация ЛП

Средние значения показателей глобальной деформации ЛП (LA global strain) в зависимости от

развития ПОФП были представлены в пяти исследованиях (табл. 4) [16, 19, 21, 22, 26]. Общая частота развития ПОФП в данных исследованиях составила 26,0% (147/564 пациентов). Нами был выполнен метаанализ разности средних значений глобальной деформации ЛП у пациентов с развитием ПОФП и без

Таблица 3

Характеристика ЭхоКГ-параметров

Автор, год	Группы	ФВЛЖ, %	ИММЛЖ (г/м ²)	Е/А	ИОЛП (мл/м ²)	Е/е'
Gabrielli, 2011 [15]	ПОФП (-)	65±6	120±5	1,0±0,1	23±1	1,1±1
	ПОФП (+)	61±4	128±8	1,4±0,1	30±4	1,5±2
Her, 2013 [16]	ПОФП (-)	56,4±14,5	111,0±18,6	0,8±0,3	27,3±7,2	14,0±4,2
	ПОФП (+)	63,5±10,8	97,5±23,3	0,7±0,1	32,6±5,1	12,4±3,3
Başaran, 2016 [17]	ПОФП (-)	63,0 [50,1-72,2]	26,4±8,4	NR	NR	NR
	ПОФП (+)	62,0 [55,4-70,5]	34±11,3	NR	NR	NR
Ozben, 2016 [18]	ПОФП (-)	56,6±5,9	NR	0,90±0,29	32,6±9,0	8,6±2,7
	ПОФП (+)	54,5±5,8	NR	0,91±0,47	41,1±9,2	10,2±1,7
Rizvi, 2020 [19]	ПОФП (-)	58,3±9,4	NR	1,18±0,80	33,39±10,69	NR
	ПОФП (+)	55,4±11,5	NR	1,04±0,42	35,56±12,43	NR
Kislitsina, 2020 [20]	ПОФП (-)	55,3±11,3	NR	NR	24,9±9,9	9,6±2,9
	ПОФП (+)	59,4±9,4	NR	NR	29,8±10,5	9,8±3,2
Mohamed Sabry, 2020 [21]	ПОФП (-)	60±6	NR	NR	NR	7,4±2,3
	ПОФП (+)	56±7	NR	NR	NR	9,8±2,1
Rukmani, 2021 [22]	ПОФП (-)	NR	NR	NR	NR	NR
	ПОФП (+)	NR	NR	NR	NR	NR
Abdelrazek, 2021 [23]	ПОФП (-)	61,8±7,9	NR	1,07±0,35	NR	10,6±2,8
	ПОФП (+)	61,5±5,3	NR	0,89±0,38	NR	11,2±3,2
Darweesh, 2021 [24]	ПОФП (-)	58,3±7,9	110,5±24,6	0,98±0,50	26,87±6,98	8,26±3,02
	ПОФП (+)	51,2±10,8	108,3±22,3	1,15±0,44	32,22±7,13	12,85±3,15
Ganaev, 2022 [25]	ПОФП (-)	56,2±6,9	NR	NR	27,2±2,8	NR
	ПОФП (+)	56,2±7,0	NR	NR	29,1±5,6	NR
Doshmangir, 2022 [26]	ПОФП (-)	49,1±10	NR	0,89±0,41	29,1±7,5	8,9±2,3
	ПОФП (+)	46,7±7,6	NR	0,83±0,24	33,6±9,0	8,9±2,5

Сокращения: ИММЛЖ — индекс массы миокарда левого желудочка, ИОЛП — индексированный объем левого предсердия, ПОФП — послеоперационная фибрилляция предсердий, ФВЛЖ — фракция выброса левого желудочка.

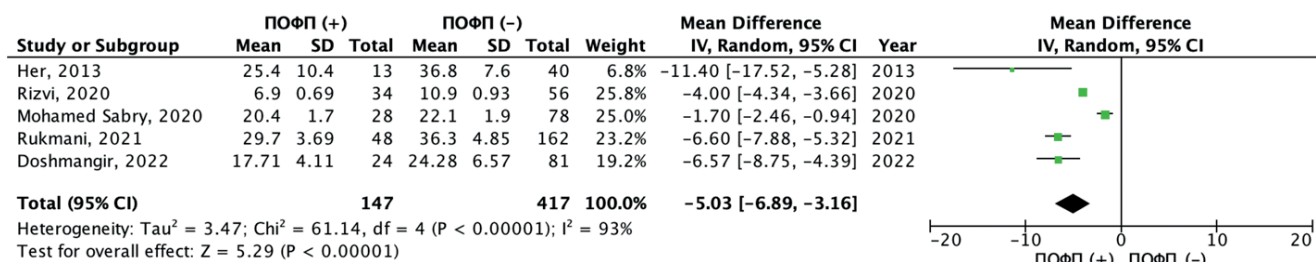


Рис. 3. Результаты метаанализа разности средних значений глобальной деформации ЛП в группе с ПОФП и без ПОФП.

Примечание: зеленые квадраты показывают взвешенный размер эффекта для каждого конкретного исследования (размер зеленых квадратов соответствует весу исследований), черные отрезки — 95% ДИ, черный ромб отражает средневзвешенное значение разности средних значений глобальной деформации ЛП. Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

Сокращения: ДИ — доверительный интервал, ЛП — левое предсердие, ПОФП — послеоперационная фибрилляция предсердий.

таковой (рис. 3). Как следует из рисунка 3, пациенты с ПОФП имели показатели глобальной деформации ЛП хуже по сравнению с пациентами без ПОФП. Так, средневзвешенная разность значений глобальной деформации ЛП составила — 5,03% (95% доверительный интервал (ДИ): -6,89; -3,16%), данные различия были статистически значимыми (p<0,001). Следует отметить, что при оценке однородности исследова-

ний с использованием критерия хи-квадрат Пирсона был получен статистически значимый результат (хи-квадрат Пирсона =61,1 при степени свободы 4, p<0,001); а также индекс гетерогенности I²=93%, что предполагает высокую несогласованность в целом по всем исследованиям и указывает на необходимость осторожной интерпретации объединенной оценки разности средних значений для всех исследований.

Таблица 4

Показатели деформации ЛП, включенные в систематический обзор публикаций

Исследование	ЭхоКГ параметры деформации ЛП	ПОФП (-)	n	ПОФП (+)	n
Gabrielli, 2011 [15]	PALS, %	24±1	52	10±1	18
	LASRs, sec ⁻¹	1,2±0,1		0,6±0,1	
	LASRa, sec ⁻¹	-1,8±0,1		-0,6±0,1	
Her, 2013 [16]	Глобальная деформация ЛП, %	36,8±7,6	40	25,4±10,4	13
	LASRs, sec ⁻¹	1,6±0,8		1,2±0,6	
	LASRe, sec ⁻¹	-1,8±0,8		-1,4±0,8	
Başaran, 2016 [17]	LACtS, %	40,3±12,0	67	38,6±10,0	23
	LACS, %	25,6±11,5		24,1±9,3	
	PALS, %	31,7±9,6		24,2±5,8	
Ozben, 2016 [18]	PALS, %	30,0±12,8	35	20,8±6,9	13
	LACS, %	14,6±7,0		11,1±3,8	
Rizvi, 2020 [19]	Глобальная деформация ЛП, %	10,9±0,93	56	6,9±0,69	34
Kislitsina, 2020 [20]	PALS, %	32,8±11,2	47	22,9±8,3	47
	LACtS, %	18,5±6,7		11,4±5,3	
Mohamed Sabry, 2020 [21]	Глобальная деформация ЛП, %	22,1±1,9	78	20,4±1,7	28
Rukmani, 2021 [22]	Глобальная деформация ЛП, %	36,3±4,85	162	29,7±3,69	48
Abdelrazek, 2021 [23]	PALS, %	32,9±5,9	61	25,6±6,1	28
	LASRs, sec ⁻¹	1,90±0,71		1,27±0,56	
	LASRe, sec ⁻¹	-1,69±0,60		-1,00±0,45	
	LASRa, sec ⁻¹	-2,21±0,59		-1,21±0,48	
Darweesh, 2021 [24]	PALS, %	46,91±5,76	60	30,30±4,95	24
	LACS, %	32,15±4,20		27,15±4,09	
	LACtS, %	37,00±3,35		23,93±4,19	
Ganaev, 2022 [25]	PALS, %	27,8±3,0	50	20,4±3,1	20
	LACS, %	11,8±1,7		8,50±1,5	
	LACtS, %	-1,0±1,0		-0,2±0,7	
Doshmangir, 2022 [26]	PALS, %	26,97±6,87	81	20,46±4,27	24
	LACtS, %	14,98±3,68		12,76±3,72	
	Глобальная деформация ЛП, %	24,28±6,57		17,71±4,11	

Сокращения: ЛП — левое предсердие, ЛЖ — левый желудочек, LACS — left atrial conduit strain (деформация левого предсердия в фазу кондукта), LACtS — left atrial contractile strain (деформация левого предсердия в фазу сокращения), PALS — peak atrial longitudinal strain (деформация левого предсердия в фазу резервуара), LASRs — left atrial systolic strain rate (скорость деформации левого предсердия во время систолы левого желудочка), LASRe — left atrial early diastolic strain rate (скорость деформации левого предсердия во время ранней диастолы левого желудочка), LASRa — left atrial late diastolic strain rate (скорость деформации левого предсердия во время поздней диастолы левого желудочка).

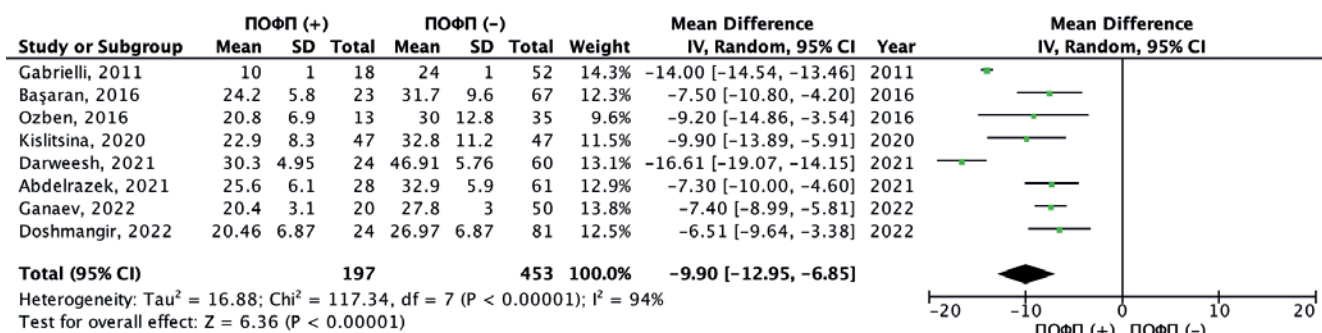


Рис. 4. Результаты метаанализа разности средних значений PALS в группе с ПОФП и без ПОФП.

Примечание: зеленые квадраты показывают взвешенный размер эффекта для каждого конкретного исследования (размер зеленых квадратов соответствует весу исследований), черные отрезки — 95% ДИ, черный ромб отражает средневзвешенное значение разности средних значений PALS. Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

Сокращения: ДИ — доверительный интервал, ПОФП — послеоперационная фибрилляция предсердий, PALS — peak atrial longitudinal strain (деформация левого предсердия в фазу резервуара).

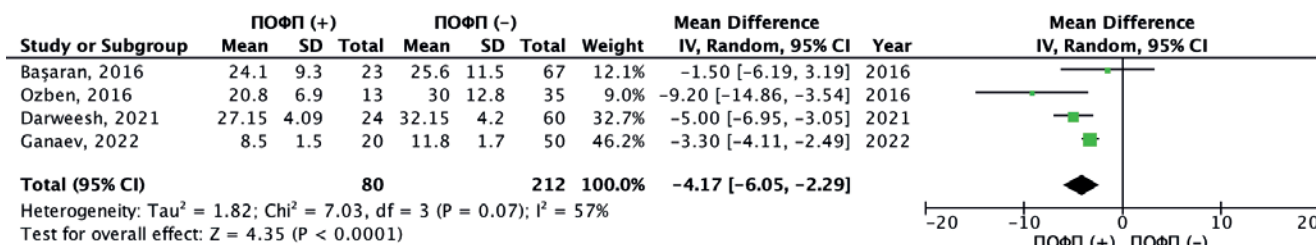


Рис. 5. Результаты метаанализа разности средних значений LACS в группе с ПОФП и без ПОФП.

Примечание: зеленые квадраты показывают взвешенный размер эффекта для каждого конкретного исследования (размер зеленых квадратов соответствует весу исследований), черные отрезки — 95% ДИ, черный ромб отражает средневзвешенное значение разности средних значений LACS. Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

Сокращения: ДИ — доверительный интервал, ПОФП — послеоперационная фибрилляция предсердий, LACS — left atrial conduit strain (деформация левого предсердия в фазу кондукта).

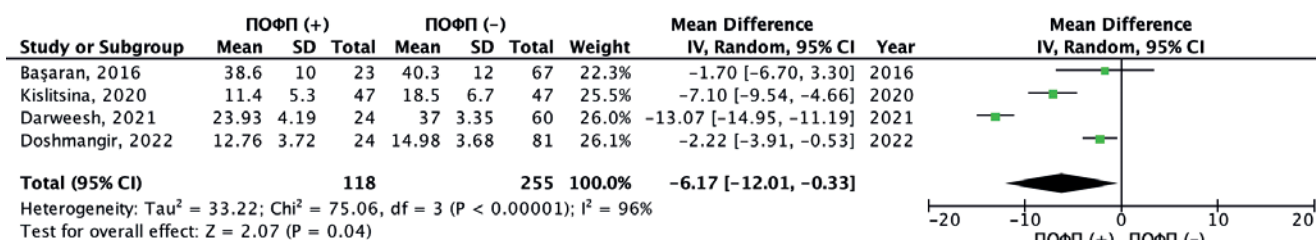


Рис. 6. Результаты метаанализа разности средних значений LACtS в группе с ПОФП и без ПОФП.

Примечание: зеленые квадраты показывают взвешенный размер эффекта для каждого конкретного исследования (размер зеленых квадратов соответствует весу исследований), черные отрезки — 95% ДИ, черный ромб отражает средневзвешенное значение разности средних значений LACtS. Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

Сокращения: ДИ — доверительный интервал, ПОФП — послеоперационная фибрилляция предсердий, LACtS — left atrial contractile strain (деформация левого предсердия в фазу сокращения).

Деформация ЛП в фазу резервуара

Средние значения показателей деформации ЛП в фазу резервуара или так называемой PALS в зависимости от развития ПОФП были представлены в 8 исследованиях [15, 17, 18, 20, 23-26]. Общая частота развития ПОФП в данных исследованиях составила 30,3% (197/650 пациентов). Нами был выполнен метаанализ разности средних значений PALS у пациентов с развитием ПОФП и без таковой (рис. 4). Как следует из рисунка 4, пациенты с ПОФП имели более низкие показатели PALS, по сравнению с пациентами без ПОФП. Так, средневзвешенная разница значений PALS составила — 9,90% (95% ДИ: -12,95; -6,85%), данные различия были статистически значимыми (p<0,001). Следует отметить, что при оценке однородности исследований с использованием критерия хи-квадрат Пирсона был получен статистически значимый результат (хи-квадрат Пирсона =117,3 при степени свободы 7, p<0,001); а также индекс гетерогенности I²=94%, что предполагает высокую несогласованность в целом по всем исследованиям.

Деформация ЛП в фазу кондукта

Средние значения показателей деформации ЛП в фазу протекания или кондукта (LACS — left atrial conduit strain) в зависимости от развития ПОФП

были представлены в четырех исследованиях [17, 18, 24, 25]. Общая частота развития ПОФП в данных исследованиях составила 27,4% (80/292 пациентов). Нами был выполнен метаанализ разности средних значений LACS у пациентов с развитием ПОФП и без таковой (рис. 5). Как следует из рисунка 5, пациенты с ПОФП имели более низкие показатели LACS, по сравнению с пациентами без ПОФП. Так, средневзвешенная разница значений LACS составила — 4,17% (95% ДИ: -6,05; -2,29%), данные различия были статистически значимыми (p<0,001). При оценке однородности исследований с использованием критерия хи-квадрат Пирсона был получен статистически незначимый результат (хи-квадрат Пирсона =7,03 при степени свободы 3, p=0,07); однако индекс гетерогенности I² составил 57%, что предполагает умеренную несогласованность в целом по всем исследованиям.

Деформация ЛП в фазу насоса

Средние значения показателей деформации ЛП в фазу насоса или сокращения (LACtS — left atrial contractile strain) в зависимости от развития ПОФП были представлены в четырех исследованиях [17, 20, 24, 26]. Общая частота развития ПОФП в данных исследованиях составила 31,6% (118/373 пациентов).

Таблица 5

Показатели деформации ЛП, включенные в многофакторную логистическую регрессию

Исследование (первый автор)	Предиктор	ОШ; 95% ДИ	Ковариаты в многофакторной модели	Cut-off
Gabrielli, 2011 [15]	LASRs, sec ⁻¹	6,1; 1,3-15,2	Объем ЛП; возраст старше 65 лет	-
	LASRa, sec ⁻¹	2,4; 1,1-19,6		-
Her, 2013 [16]	Глобальная деформация ЛП, %	1,12; 1,00-1,24	Возраст; ИОЛП; Mitral E DT	27,7
	LASRs, sec ⁻¹	1,09; 0,94-1,20		-
	LASRe, sec ⁻¹	1,00; 0,90-1,16		-
Başaran, 2016 [17]	PALS, %	0,839; 0,730-0,963	Возраст, отсутствие приема ББ, NT-proBNP, ИОЛП, UntwV, LVtw	-
Ozben, 2016 [18]	PALS, %	0,94; 0,83-1,08	ИОЛП, ФВЛЖ, фиброз, возраст, женский пол	-
Rizvi, 2020 [19]	-	-	-	-
Kislitsina, 2020 [20]	PALS, %	0,90; 0,74-1,09	Возраст, женский пол, диабет, прием иАПФ, LV-GLS, ФВЛЖ, LACtS, ИОЛП	-
Mohamed Sabry, 2020 [21]	Глобальная деформация ЛП, %	1,111; 1,003-1,230	-	≤23,1
Rukmani, 2021 [22]	-	-	-	-
Abdelrazek, 2021 [23]	PALS	0,770; 0,627-0,946	Возраст, прием нитратов	≤29,8
	LASRs, sec ⁻¹	0,855; 0,151-4,829		≤1,6
	LASRe, sec ⁻¹	0,434; 0,009-19,856		≤-1,36
	LASRa, sec ⁻¹	3,476; 1,207-12,186		≤-1,67
Darweesh, 2021 [24]	-	-	Возраст, Mitral E DT, E velocity, LATEF, диаметр ЛП	-
Ganaev, 2022 [25]	PALS, %	-	-	23,0
Doshmangir, 2022 [26]	PALS, %	0,90; 0,75-1,07	ИОЛП	-
	LACtS, %	1,23; 0,97-1,57		-
	Глобальная деформация ЛП, %	0,80; 0,65-0,97		-

Сокращения: ББ — бета-блокаторы, ДИ — доверительный интервал, ИОЛП — индексированный объем левого предсердия, иАПФ — ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента, ЛЖ — левый желудочек, ЛП — левое предсердие, ОШ — отношение шансов, ФВЛЖ — фракция выброса левого желудочка, DT — deceleration time, LV-GLS — left ventricular global longitudinal strain, LACtS — left atrial contractile strain (деформация левого предсердия в фазу сокращения), LASRs — left atrial systolic strain rate (скорость деформации левого предсердия во время систолы левого желудочка), LASRe — left atrial early diastolic strain rate (скорость деформации левого предсердия во время ранней диастолы левого желудочка), LASRa — left atrial late diastolic strain rate (скорость деформации левого предсердия во время поздней диастолы левого желудочка), LATEF — LA total emptying fraction, LVtw — left ventricular twist, NT-proBNP — N-концевой промозговой натрийуретический пептид, PALS — peak atrial longitudinal strain (деформация левого предсердия в фазу резервуара), UntwV — left ventricular peak untwisting velocity.

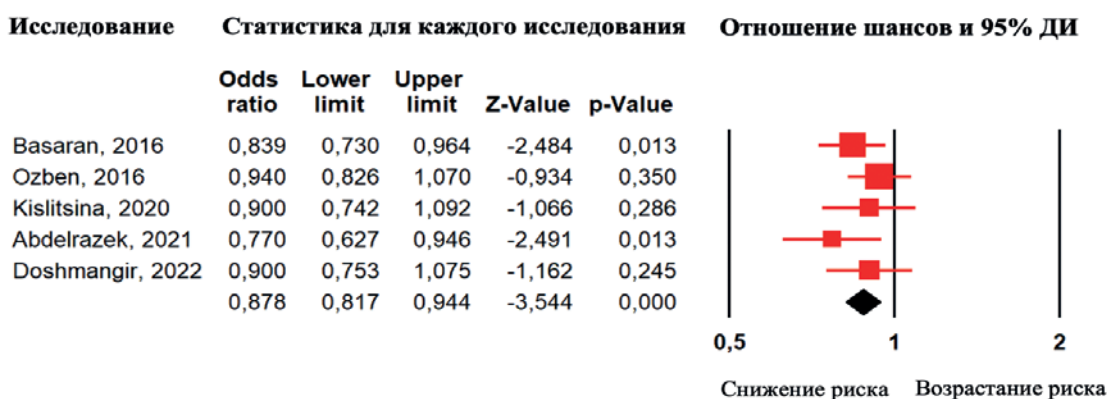


Рис. 7. Результаты метаанализа ОШ развития ПОФП при увеличении PALS на 1% по данным многофакторной логистической регрессии.

Примечание: красные квадраты показывают взвешенный размер эффекта для каждого конкретного исследования (размер красных квадратов соответствует весу исследований), красные отрезки — 95% ДИ, чёрный ромб отражает средневзвешенное значение ОШ. Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

Сокращения: ДИ — доверительный интервал, PALS — peak atrial longitudinal strain (деформация левого предсердия в фазу резервуара), OR — odds ratio (ОШ — отношение шансов).

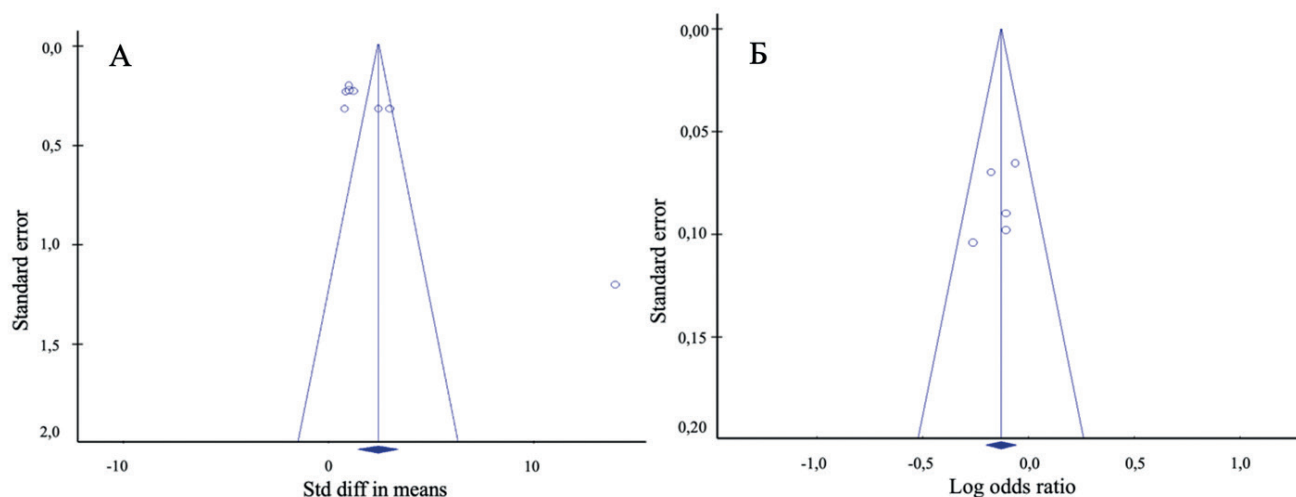


Рис. 8. Воронкообразные диаграммы (Funnel plot) для оценки систематической ошибки.

Нами был выполнен метаанализ разности средних значений LACtS у пациентов с развитием ПОФП и без таковой (рис. 6). Как следует из рисунка 6, пациенты с ПОФП имели показатели LACtS хуже по сравнению с пациентами развития ПОФП. Так, средневзвешенная разница LACtS составила $-6,17\%$ (95% ДИ: $-12,01; -0,33\%$), данные различия были статистически значимыми ($p=0,04$). Однако при оценке однородности исследований с использованием критерия хи-квадрат Пирсона также был получен статистически значимый результат (хи-квадрат Пирсона $=75,1$ при степени свободы 3, $p<0,001$); а также индекс гетерогенности $I^2=96\%$, что предполагает крайне высокую несогласованность в целом по всем исследованиям и указывает на необходимость осторожной интерпретации объединенной оценки разности средних значений для всех исследований.

Роль оценки параметров деформации ЛП для прогнозирования ПОФП после КШ

В большинстве исследований оценка риска ПОФП проводилась при помощи метода логистической регрессии. В таблице 5 отражены данные, полученные в результате многофакторной логистической регрессии в исследованиях, включенных в систематический обзор. В 5 исследованиях представлены данные значений ОШ для PALS в качестве предиктора ПОФП. Общая частота развития ПОФП в данных исследованиях составила $31,7\%$ (135/426 пациентов). Следует отметить, что лишь в 2 исследованиях PALS показала себя в качестве независимого фактора риска развития ПОФП [17, 23], однако по результатам объединенного анализа 5 исследований PALS оказалась независимым предиктором развития ПОФП (ОШ: 0,88 на каждый 1% увеличения PALS; 95% ДИ: $0,82-0,94$; $p<0,0001$) (рис. 7). При оценке однородности исследований был получен статистически незначимый результат

($Q\text{-value}=3,18$; $df(Q)=4$; $p=0,529$), а также индекс гетерогенности $I^2=0\%$, что предполагает низкую гетерогенность включенных в данный анализ исследований.

Оценка публикационного смещения

Для качественной оценки наличия систематической ошибки метаанализа включающих ≥ 5 исследований были построены воронкообразные диаграммы (Funnel plot). При визуальной оценке воронкообразной диаграммы при анализе разности средних значений (Std diff means) PALS обнаружено наличие выраженной асимметрии (рис. 8 А). Данное заключение было подтверждено количественными результатами теста Эггера: $t=5,29$; $df=6,0$; $p<0,001$. В то время как при оценке воронкообразной диаграммы при анализе значений ОШ (Log odds ratio) наличие выраженной асимметрии обнаружено не было (рис. 8 Б). Данное заключение было также подтверждено количественными результатами теста Эггера: $t=0,94$; $df=3,0$; $p=0,208$. При оценке теста Эггера для глобальной деформации ЛП и LACS также получены статистически незначимые результаты — $t=1,45$; $p=0,12$; и $t=0,74$; $p=0,26$, соответственно. Однако для LACtS согласно тесту Эггера получен статистически значимый результат $t=2,25$; $p=0,08$.

Обсуждение

ФП является частым осложнением после операции на сердце, которая может быть ассоциирована с неблагоприятными исходами как в раннем послеоперационном, так и в отдаленном периоде. Текущие данные исследований указывают на то, что сочетание исходных структурно-функциональных изменений предсердий с интраоперационными и послеоперационными факторами способствует инициации ПОФП [3]. Этот каскад событий опосредуется окислительным стрессом в предсердиях, воспалением, фи-

брозом, апоптозом и электрическим ремоделированием предсердий [2, 3]. Многочисленные исследования показывают, что изменения функции ЛП, определяемые с помощью STE, являются полезными инструментами для стратификации риска развития ФП, в т.ч. после КШ [17, 23]. Недавний метаанализ показал, что пациенты с ПОФП имели более низкие значения PALS по сравнению с пациентами без ПОФП (19,4% vs 29,1%, соответственно) [27]. Кумулятивный коэффициент Коэна, полученный в результате метаанализа, составил 1,4 (1,0-1,8). Однако в данный метаанализ при оценке PALS было включено лишь 5 исследований, кроме того, в объединенный анализ в данной работе входили и исследования, включающие пациентов как перенесших КШ, так и пациентов, перенесших вмешательства на аортальном и/или митральном клапанах сердца. Насколько нам известно, это первый систематический обзор и метаанализ роли предоперационной оценки деформации ЛП с помощью STE для прогнозирования ПОФП у пациентов, перенесших изолированное КШ. Мы обнаружили, что все основные параметры деформации ЛП, такие как глобальная деформация ЛП, деформация ЛП в фазу резервуара (PALS), кондуита (LACS) и насоса (LAcTs), были статистически значимо снижены в группе пациентов с ПОФП. Кроме того, PALS продемонстрировала себя в качестве независимого фактора риска развития ПОФП. Таким образом, оценка параметров деформации ЛП и с помощью STE может использоваться как эффективный инструмент для стратификации риска ПОФП у пациентов, перенесших КШ. Выявление групп пациентов с более высоким риском развития ПОФП после КШ может помочь в разработке профилактических стратегий и адаптации терапии контроля ритма после операций на сердце [28-30].

Ограничения исследования. Во-первых, в наш систематический обзор и метаанализ включено небольшое количество исследований. Кроме того, как и в случае любого метаанализа обсервационных исследований, различия в критериях включения и конечных точках являются потенциальными источниками неоднородности исследований. Во-вторых, существенным недостатком текущего использования STE

является разница в аппаратах различных производителей, кроме того, различались соответственно и программные обеспечения для постобработки данных. Требуется расширение возможностей перекрестного сравнения данных, хранящихся в растровом цифровом формате или в формате DICOM от различных фирм производителей ЭхоКГ оборудования и программного обеспечения. Кроме того, как было указано, в изображении кривых деформации ЛП большое значение имеет точка, принятая за референтную, а именно, зубец Р или комплекс QRS на электрокардиограмме. Но в большинстве исследований не были представлены данные о референтной точке, мы при анализе данных исходили из того, что все показатели деформации ЛП в случае использования комплекса QRS в качестве нулевой точки имеют положительные значения, в случае принятия зубца Р в качестве референтной точки фаза насоса ЛП отражается в виде отрицательного пика продольной деформации. Также следует отметить, что для оценки деформации миокарда крайне важное значение имеет качество ЭхоКГ визуализации и соответствующих настроек визуализации (например, частота кадров от 50 до 70 кадров/с). Указанные факторы вероятнее всего и привели к высокой гетерогенности при анализе разности средних значений показателей деформации ЛП.

Заключение

Оценка деформации ЛП с помощью STE обеспечивает важной дополнительной информацией для прогнозирования ПОФП у пациентов, перенесших изолированное КШ. PALS является независимым фактором риска развития ПОФП. Необходимы проспективные многоцентровые исследования с участием большой популяции пациентов, также существует потребность в создании единых протоколов оценки деформации ЛП для обеспечения стандартизации, валидации полученных результатов и оценки возможности внедрения в практику для принятия клинических решений.

Отношения и деятельность: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

- Greenberg JW, Lancaster TS, Schuessler RB, et al. Postoperative atrial fibrillation following cardiac surgery: a persistent complication. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2017;52(4):665-72. doi:10.1093/ejcts/ezx039.
- Maesen B, Nijts J, Maessen J, et al. Post-operative atrial fibrillation: a maze of mechanisms. *Europace.* 2012;14(2):159-74. doi:10.1093/europace/eur208.
- Sánchez FJ, Pueyo E, Díez ER. Strain Echocardiography to Predict Postoperative Atrial Fibrillation. *Int J Mol Sci.* 2022;23(3):1355. doi:10.3390/ijms23031355.
- Lin MH, Kamel H, Singer DE, et al. Perioperative/Postoperative Atrial Fibrillation and Risk of Subsequent Stroke and/or Mortality. *Stroke.* 2019;50(6):1364-71. doi:10.1161/STROKEAHA.118.023921.
- Eikelboom R, Sanjanwala R, Le ML, et al. Postoperative Atrial Fibrillation After Cardiac Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Thorac Surg.* 2021;111(2):544-54. doi:10.1016/j.athoracsur.2020.05.104.
- Sohibnazarova VK, Saidova MA, Tereshchenko SN, Belevskaya AA. Evaluation of deformation of the left ventricle and left atrium, and the rotational properties of the left ventricle in patients with CHF according to the echocardiographic technology of non-doppler imaging in two and three-dimensional regimens. *Eurasian heart journal.* 2018;(2):4-15. (In Russ.) Сохибназарова В.Х., Саидова М.А., Терещенко С.Н., Белевская А.А. Оценка деформации левого желудочка и левого предсердия, а также ротационных свойств левого желудочка у больных ХСН по данным эхокардиографической технологии недоплеровского изображения миокарда в двумерном и трехмерном режимах. *Евразийский Кардиологический Журнал.* 2018;(2):4-15.
- Mollaeva DD, Mashina TV, Mrikaev DV, et al. Modern ultrasound methods for assessing structural and functional changes of the left atrium in patients with atrial fibrillation. *Creative cardiology.* 2021;15(1):48-60. (In Russ.) Моллаева Д.Д., Машина Т.В., Мрикаев Д.В. и др. Современные ультразвуковые методы оценки структурно-функциональных

- изменений левого предсердия у пациентов с фибрилляцией предсердий. Креативная кардиология. 2021;15(1):48-60. doi:10.24022/1997-3187-2021-15-1-48-60.
8. Stang A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses. *Eur J Epidemiol.* 2010;25(9):603-5. doi:10.1007/s10654-010-9491-z.
 9. Haffajee JA, Lee Y, Alsheikh-Ali AA, et al. Pre-operative left atrial mechanical function predicts risk of atrial fibrillation following cardiac surgery. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2011;4(8):833-40. doi:10.1016/j.jcmg.2011.03.019.
 10. Hidayet Ş, Yağmur J, Bayramoğlu A, et al. Prediction of postoperative atrial fibrillation with left atrial mechanical functions and NT-pro ANP levels after coronary artery bypass surgery: A three-dimensional echocardiography study. *Echocardiography.* 2018;35(5):661-6. doi:10.1111/echo.13833.
 11. Parsaee M, Moradi B, Esmaeilzadeh M, et al. New onset atrial fibrillation after coronary artery bypasses grafting; an evaluation of mechanical left atrial function. *Arch Iran Med.* 2014;17(7):501-6.
 12. Tayyareci Y, Yildirimtürk O, Aytakin V, et al. Preoperative left atrial mechanical dysfunction predicts postoperative atrial fibrillation after coronary artery bypass graft operation — a velocity vector imaging-based study. *Circ J.* 2010;74(10):2109-17. doi:10.1253/circj.cj-10-0197.
 13. Verdejo HE, 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.
 14. Sánchez FJ, Gonzalez VA, Farrando M, et al. Atrial Dyssynchrony Measured by Strain Echocardiography as a Marker of Proarrhythmic Remodeling and Oxidative Stress in Cardiac Surgery Patients. *Oxid Med Cell Longev.* 2020;2020:8895078. doi:10.1155/2020/8895078.
 15. Gabrielli L, Corbalan R, Córdova S, et al. Left atrial dysfunction is a predictor of postcoronary artery bypass atrial fibrillation: association of left atrial strain and strain rate assessed by speckle tracking. *Echocardiography.* 2011;28(10):1104-8. doi:10.1111/j.1540-8175.2011.01518.x.
 16. Her AY, Kim JY, Kim YH, et al. Left atrial strain assessed by speckle tracking imaging is related to new-onset atrial fibrillation after coronary artery bypass grafting. *Can J Cardiol.* 2013;29(3):377-83. doi:10.1016/j.cjca.2012.06.006.
 17. Başaran Ö, Tigen K, Gözübüyük G, et al. Predictive role of left atrial and ventricular mechanical function in postoperative atrial fibrillation: a two-dimensional speckle-tracking echocardiography study. *Turk Kardiyol Dern Ars.* 2016;44(1):45-52. doi:10.5543/TKDA.2015.11354.
 18. Ozben B, Akaslan D, Sunbul M, et al. Postoperative Atrial Fibrillation after Coronary Artery Bypass Grafting Surgery: A Two-dimensional Speckle Tracking Echocardiography Study. *Heart Lung Circ.* 2016;25(10):993-9. doi:10.1016/j.hlc.2016.02.003.
 19. Rizvi F, Mirza M, Olet S, et al. Noninvasive biomarker-based risk stratification for development of new onset atrial fibrillation after coronary artery bypass surgery. *Int J Cardiol.* 2020;307:55-62. doi:10.1016/j.ijcard.2019.12.067.
 20. Kisitsina ON, Cox JL, Shah SJ, 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.* 2022;164(3):917-24. doi:10.1016/j.jtcvs.2020.09.130.
 21. Mohamed Sabry AS, El-Kader Mansour HA, Abo El-Azm TH, et al. Clinical and Echocardiographic Predictors of Atrial Fibrillation after Coronary Artery Bypass Grafting. *J Atr Fibrillation.* 2020;13(4):2320. doi:10.4022/jafib.2320.
 22. Rukmani Prabha V, Rajeshwari N, Jenifer J. Role of LA strain assessed by speckle tracking echocardiography in predicting patients who develop POAF after a coronary artery bypass surgery. *Eur Heart J.* 42(S1):328. doi:10.1093/eurheartj/ehab724.0328.
 23. Abdelrazek G, Mandour K, Osama M, et al. Strain and strain rate echocardiographic imaging predict occurrence of atrial fibrillation in post-coronary artery bypass grafting patients. *Egypt Heart J.* 2021;73(1):62. doi:10.1186/s43044-021-00188-z.
 24. Darweesh RM, Baghdady YK, El Hossary H, et al. Importance of left atrial mechanical function as a predictor of atrial fibrillation risk following cardiac surgery. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2021;37(6):1863-72. doi:10.1007/s10554-021-02163-w.
 25. Ganavev KG, Vlasova EE, Avalyan AA, 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):5026. (In Russ.) 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):5026. doi:10.15829/1560-4071-2022-5026.
 26. Doshmangir L. Conventional and Two-dimensional Strain Echocardiography in Predicting Postoperative Atrial Fibrillation after Coronary Artery Bypass Grafting Surgery in Shahid Madani Hospital of Tabriz, Iran. *J Complement Altern Med Res.* 2022;20(2):1-11. doi:10.9734/JOCAMR/2022/v20i2408.
 27. Kawczynski MJ, Gilbers M, Van De Walle S, et al. Role of pre-operative transthoracic echocardiography in predicting post-operative atrial fibrillation after cardiac surgery: a systematic review of the literature and meta-analysis. *Europace.* 2021;23(11):1731-43. doi:10.1093/europace/euab095.
 28. Shvartz V, Le T, Enginoev S, et al. Colchicine in Cardiac Surgery: The COCS Randomized Clinical Trial. *J Cardiovasc Dev Dis.* 2022;9(10):363. doi:10.3390/jcdd9100363.
 29. Petrakova ES, Savina NM, Molochkov AV. Atrial Fibrillation After Coronary Artery Bypass Surgery: Risk Factors, Prevention and Treatment. *Kardiologia.* 2020;60(9):134-48. (In Russ.) Петракова Е.С., Савина Н.М., Молочков А.В. Фибрилляция предсердий после операций аортокоронарного шунтирования: факторы риска, профилактика и лечение. *Кардиология.* 2020;60(9):134-48. doi:10.18087/cardio.2020.9.n1074.
 30. Dzhiyeva ON, Drapkina OM. Postoperative atrial fibrillation as a risk factor for cardiovascular complications in non-cardiac surgery. *Cardiovascular Therapy and Prevention.* 2020;19(4):2540. (In Russ.) Джиоева О.Н., Драпкина О.М. Послеоперационная фибрилляция предсердий как фактор риска сердечно-сосудистых осложнений при внесердечных хирургических вмешательствах. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* 2020;19(4):2540. doi:10.15829/1728-8800-2020-2540.