

<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2026-41-3-90-102>
УДК 616.12-005.4+616.124.2-008]-073.97:615.22

Параметры сократительного резерва левого и правого желудочков при добутаминовой стресс-эхокардиографии и трехлетняя выживаемость пациентов с ишемической болезнью сердца и систолической дисфункцией левого желудочка

Рябова Т.Р., Абраменко Е.Е., Соколов А.А., Андреев С.Л., Шипулин В.М.,
Шипулин В.В., Завадовский К.В.

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

Аннотация

Введение. Роль реваскуляризации у пациентов с выраженной ишемической дисфункцией левого желудочка (ЛЖ) остается предметом обсуждения, особенно в аспекте отбора больных и прогностической стратификации. Традиционная оценка жизнеспособности миокарда не всегда позволяет надежно прогнозировать исходы. Значение количественного анализа бивентрикулярного резерва при добутаминовой стресс-эхокардиографии (ДСЭ) изучено недостаточно.

Цель: оценить значимость традиционных и дополнительных показателей ДСЭ для предсказания 3-летней общей летальности у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) и выраженной систолической дисфункцией ЛЖ, направленных на выбор стратегии лечения.

Материал и методы. В одноцентровое ретроспективное наблюдательное исследование включены 75 пациентов с ишемической систолической дисфункцией ЛЖ (возраст – $60,6 \pm 7,1$ года, мужчины – 70 (93,3%) человек, конечно-систолический индекс (КСИ) ЛЖ – $77,0 (69,6; 90,7)$ мл/м², фракция выброса (ФВ) ЛЖ – $30,1 \pm 5,6\%$) с доступным 3-летним витальным статусом. Всем выполнена ДСЭ с оценкой традиционных критериев жизнеспособности миокарда и сократительного резерва ЛЖ (ФВ ЛЖ, нарушения локальной сократимости (НЛС)), а также глобальной продольной деформации (GLS), насосной функции ЛЖ и продольной сократительной функции правого желудочка (ПЖ) по TAPSE и систолической пиковой скорости базального сегмента свободной стенки ПЖ (S'пж). Хирургическую реваскуляризацию прошли 62 (82,7%) пациента. Первичной конечной точкой была общая летальность в течение 3 лет. Прогностическую значимость показателей оценивали с помощью регрессии Кокса и анализа Каплана – Мейера.

Результаты. Трехлетняя выживаемость составила 70,7%. Признаки жизнеспособного миокарда по традиционным критериям выявлены у 51 (68%) пациента, однако наличие жизнеспособного миокарда, тип ответа на стресс, прирост ФВ ЛЖ и изменение индекса НЛС не были значимо связаны с 3-летней выживаемостью. Пациенты с неблагоприятным исходом характеризовались более низкими стресс-индуцированными значениями ФВ ЛЖ, насосной функции ЛЖ (VTI_{LVOT}), худшим GLS, более выраженной дисфункцией ПЖ в покое и при ДСЭ. В однофакторных моделях Кокса значимая ассоциация с 3-летней общей летальностью выявлена для стресс-индуцированных параметров – ФВ ЛЖ, GLS, VTI_{LVOT} , УИ ЛЖ, TAPSE, S'пж. В двухфакторных моделях при включении показателей функции ЛЖ максимальное стресс-индуцированное значение S'пж сохраняло статистически значимую ассоциацию с 3-летней общей летальностью. Анализ Каплана – Мейера показал статистически значимое различие кривых выживаемости в зависимости от значений показателей S'пж, TAPSE и VTI_{LVOT} .

Заключение. У пациентов с ИБС и выраженной систолической дисфункцией ЛЖ традиционные показатели жизнеспособности миокарда и сократительного резерва ЛЖ при ДСЭ имели ограниченную прогностическую значимость. Более тесная связь с 3-летней общей летальностью выявлена для параметров продольной сократительной функции ПЖ, прежде всего стресс-индуцированной S'пж и показателями насосной функции ЛЖ.

Ключевые слова:

ишемическая дисфункция левого желудочка; правый желудочек; стресс-эхокардиография; добутамин; глобальная продольная деформация левого желудочка; сердечная недостаточность; жизнеспособность миокарда; прогноз.

Финансирование:

исследование выполнено в рамках государственного задания ФНИ регистрационный № НИОКТР: 122020300044-8.

Рябова Тамара Ростиславовна, e-mail: rrtom@mail.ru.

© Рябова Т. Р., Абраменко Е. Е., Соколов А. А., Андреев С. Л., Шипулин В. М., Шипулин В. В., Завадовский К. В., 2026

Соответствие этики:	исследование было одобрено этическим комитетом НИИ кардиологии Томского НИМЦ (протокол № 185 от 29.05.2019 г.); информированное согласие получено от каждого пациента.
Для цитирования:	Рябова Т.Р., Абраменко Е.Е., Соколов А.А., Андреев С.Л., Шипулин В.М., Шипулин В.В., Завадовский К.В. Параметры сократительного резерва левого и правого желудочков при добутаминовой стресс-эхокардиографии и трехлетняя выживаемость пациентов с ишемической болезнью сердца и систолической дисфункцией левого желудочка. <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины</i> . 2026;41(3):90–102. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2026-41-3-90-102

Parameters of the contractile reserve of the left and right ventricles during dobutamine stress echocardiography and three-year survival in patients with coronary artery disease and left ventricular systolic dysfunction

Ryabova T.R., Abramenko E.E., Sokolov A.A., Andreev S.L., Shipulin V.M., Shipulin V.V., Zavadovsky K.V.

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

Abstract

Background. The role of revascularization in patients with severe ischemic left ventricular (LV) dysfunction remains a matter of debate, particularly with regard to patient selection and prognostic stratification. Conventional assessment of myocardial viability does not always reliably predict clinical outcomes. The prognostic value of quantitative assessment of biventricular reserve during dobutamine stress echocardiography (DSE) remains insufficiently studied.

Aim: To evaluate the prognostic value of conventional and additional DSE parameters for predicting 3-year all-cause mortality in patients with coronary artery disease (CAD) and severe LV systolic dysfunction referred for treatment strategy selection.

Methods. This single-center retrospective observational study included 75 patients with ischemic LV systolic dysfunction and available 3-year vital status data: mean age $60,6 \pm 7,1$ years, 70 (93.3%) were men, LV end-systolic volume index $77,0$ (69,6; 90,7) mL/m², and LV ejection fraction (LVEF) $30,1 \pm 5,6\%$. All patients underwent DSE with assessment of conventional markers of myocardial viability and LV contractile reserve, including LVEF and regional wall motion abnormalities (RWMA), as well as global longitudinal strain (GLS), LV pump function, and right ventricular (RV) longitudinal systolic function assessed by tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) and peak systolic velocity of the basal segment of the RV free wall (RV S'). Surgical revascularization was performed in 62 (82,7%) patients. The primary endpoint was all-cause mortality within 3 years. The prognostic value of the parameters was assessed using Cox regression and Kaplan–Meier analysis.

Results. Three-year survival was 70,7%. Myocardial viability according to conventional criteria was identified in 51 (68,0%) patients; however, the presence of viable myocardium, type of stress response, increase in LVEF, and change in wall motion score index were not significantly associated with 3-year survival. Patients with adverse outcomes had lower stress-induced LVEF, LV pump function parameters (LVOT VTI), worse GLS, and more pronounced RV dysfunction at rest and during DSE. In univariable Cox models, significant associations with 3-year all-cause mortality were found for stress-induced LVEF, GLS, LVOT VTI, LV stroke index, TAPSE, and RV S'. In limited two-variable models adjusted for LV functional parameters, the maximal stress-induced RV S' remained significantly associated with 3-year all-cause mortality. Kaplan–Meier analysis demonstrated significant separation of survival curves according to RV S', TAPSE, and LVOT VTI.

Conclusion. In patients with CAD and severe LV systolic dysfunction, conventional markers of myocardial viability and LV contractile reserve during DSE had limited prognostic value. A stronger association with 3-year all-cause mortality was observed for parameters of RV systolic function, particularly stress-induced RV S', and LV pump function.

Keywords:	ischemic left ventricular dysfunction; right ventricle; stress echocardiography; dobutamine; left ventricular global longitudinal strain; heart failure; myocardial viability; prognosis.
Funding:	the research was supported by governmental assignment, registration number NIOKTR: 122020300044-8.

Compliance with ethical standards:	the study was approved by the Ethics Committee of Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, (protocol No. 185 from 29.05.2019); informed consent was obtained from all patients.
For citation:	Ryabova T.R., Abramenko E.E., Sokolov A.A., Andreev S.L., Shipulin V.M., Shipulin V.V., Zavadovsky K.V. Parameters of the contractile reserve of the left and right ventricles during dobutamine stress echocardiography and three-year survival in patients with coronary artery disease and left ventricular systolic dysfunction. <i>Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine</i> . 2026;41(3):90–102. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2026-41-3-90-102

Актуальность

Крупные рандомизированные контролируемые исследования (РКИ) существенно изменили представления о роли реваскуляризации у больных с ишемической дисфункцией левого желудочка (ЛЖ). Если в исследовании STICH было показано долгосрочное преимущество коронарного шунтирования (КШ) по выживаемости, то в REVIVED-BCIS2 чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) не продемонстрировало улучшения прогноза [1, 2]. При этом дополнительное исследование STICH-жизнеспособность, также как и последующие РКИ с применением различных методов визуализации жизнеспособности миокарда (PARR-2, HEART, IMAGE HF, REVIVED-BCIS2), не подтвердили прогностического преимущества стратегии, ориентированной на традиционную оценку ишемии и жизнеспособности [3–7]. Поэтому вопрос профилирования и обоснования лечебной тактики у этой категории пациентов остается открытым.

Дополнительным ограничением предшествующих исследований является преимущественная концентрация на морфофункциональных характеристиках ЛЖ при недостаточном внимании к правому желудочку (ПЖ), несмотря на то, что его дисфункция ассоциирована с более тяжелым течением сердечной недостаточности (СН), большей периоперационной уязвимостью и неблагоприятным прогнозом [8–10]. В этой связи особый интерес представляет добутаминовая стресс-эхокардиография (ДСЭ), позволяющая оценивать не только регионарную и глобальную сократимость ЛЖ, но и сократительный резерв обоих желудочков, а также интегральный гемодинамический ответ [11, 12]. Особую актуальность приобретает переход от преимущественно визуальной интерпретации к количественному многопараметрическому анализу резервных возможностей обоих желудочков с использованием автоматизированного количественного анализа результатов эхокардиографии (ЭхоКГ) [13–15]. Предполагается, что такой подход способен обеспечить более точную стратификацию риска и прогнозирование исходов по сравнению с традиционной оценкой ишемии и жизнеспособности миокарда. Однако его прогностическая роль, особенно при одновременной оценке резервных возможностей ЛЖ и ПЖ, у пациентов с ишемической систолической дисфункцией ЛЖ изучена недостаточно.

Цель: оценить прогностическое значение традиционных и дополнительных показателей ДСЭ в отношении 3-летней общей летальности у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) и выраженной систолической дисфункцией ЛЖ, направленных на выбор стратегии лечения.

Материал и методы

В одноцентровое ретроспективное наблюдательное исследование включили 75 пациентов с ИБС и выраженной систолической дисфункцией ЛЖ: возраст – 60,6 ± 7,1 лет,

мужчины – 70 (93,3%) человек, конечно-систолический индекс (КСИ) ЛЖ – 77,0 (69,6; 90,7) мл/м², фракция выброса (ФВ) ЛЖ – 30,1 ± 5,6%. Все пациенты были госпитализированы в клинику НИИ кардиологии Томского НИМЦ с января 2016 по май 2022 гг. для определения стратегии лечения. Анализировались данные пациентов с доступным 3-летним витальным статусом. Тактика ведения определялась мультидисциплинарно и включала хирургическую реваскуляризацию, ЧКВ и устройство-ориентированное лечение. Клинико-демографические данные получали из медицинской документации, сведения об исходах – из единой электронной медицинской системы Томской области и путем телефонных интервью. Первичной конечной точкой была общая летальность в течение 3 лет после индексной госпитализации, включая госпитальную летальность. Исследование выполнено в соответствии с Хельсинкской декларацией и одобрено локальным этическим комитетом, протокол № 185 от 29.05.2019 г.

Критериями включения были стабильная ИБС, ФВ ЛЖ < 40%, КСИ ЛЖ > 60 мл/м², многососудистое поражение коронарного русла (стеноз ствола левой коронарной артерии (ЛКА) и/или проксимальный стеноз двух и более коронарных артерий > 70%), перенесенный более 3 мес. назад инфаркт миокарда (ИМ) или ЧКВ в анамнезе. Критериями невключения являлись противопоказания к стресс-ЭхоКГ, неудовлетворительная визуализация эндокарда при ЭхоКГ покоя, психические или когнитивные расстройства, противопоказания к операции с искусственным кровообращением, тяжелые сопутствующие заболевания с неблагоприятным прогнозом, острые воспалительные заболевания и отказ от участия.

Все пациенты прошли стандартное клинико-инструментальное обследование, включая инвазивную коронарную ангиографию; операционный риск оценивали по шкале EuroSCORE II.

Стресс-ЭхоКГ с добутамином по протоколу низких доз (10–15 мкг/кг/мин) выполнили всем пациентам; дозы 20 мкг/кг/мин достигли 30 (40%) пациентов, 30–40 мкг/кг/мин – 26 (34,7%). При стенозе ствола ЛКА > 50% высокие дозы добутамина не использовали. С учетом неодинаковой достигнутой дозы и возможного «двухфазного» ответа максимальным значением функционального резерва считали наибольшую величину изменения показателя на любой ступени нагрузки, начиная с 10 мкг/кг/мин.

Перед исследованием пациенты предоставили информированное согласие; медикаментозную терапию им не отменяли. Добутамин вводили непрерывно, начиная с 5 мкг/кг/мин, с увеличением дозы каждые 5 мин до 10, 15, 20, 30 и 40 мкг/кг/мин [16]. Мониторировали ЭКГ в 12 отведениях непрерывно, артериальное давление (АД) измеряли в покое, в конце каждой ступени нагрузки и в восстановительном периоде. Трансторакальную двухмерную ЭхоКГ, доплер-ЭхоКГ и тканевую доплерографию выполняли в покое и во время инфузии добутамина

на системах Vivid E9, Vivid 095 (GE Healthcare) матричным мультимодальным датчиком M5S (1,5–4,6 МГц). Ультразвуковые изображения регистрировали не менее чем в трех сердечных циклах и сохраняли для последующего off-line анализа. Пробу прекращали при достижении дозы добутамина 40 мкг/кг/мин, субмаксимальной частоты сердечных сокращений (ЧСС) (85% от максимальной для возраста), появлении боли в груди, одышки, новых или усугублении имевшихся нарушений локальной сократимости (НЛС), депрессии сегмента ST ≥ 2 мм в двух и более смежных отведениях, клинически значимых нарушениях ритма или проводимости, гипотензии (снижении систолического АД на ≥ 20 мм рт. ст.), выраженной артериальной гипертензии (систолическое АД > 220 мм рт. ст. и диастолическое АД > 120 мм рт. ст.), а также других непереносимых симптомов [16].

В режиме off-line с использованием Echopac PC, Version 204 (GE Healthcare) оценивали стандартные 2D ЭхоКГ- и доплерографические параметры, а также продольную деформацию ЛЖ по технологии 2D стрейн (сегменты с неоптимальной визуализацией исключали из расчетов). Объемы ЛЖ и левого предсердия (ЛП) определяли методом дисков Симпсона, массу миокарда ЛЖ – по формуле «площадь-длина», ударный объем (УО) ЛЖ – по уравнению непрерывности потока с использованием импульсно-волнового доплера. Объемные показатели, массу миокарда и показатели насосной функции ЛЖ индексировали по площади поверхности тела (ППТ). Оценивали НЛС полуквантитативно по 4-балльной шкале (1 – нормокинез, 2 – гипокинез, 3 – акинез и 4 – дискинез), используя 16-сегментарную модель ЛЖ. Индекс НЛС (ИНЛС) рассчитывали как сумму значений отдельных сегментов, деленную на число визуализируемых сегментов. Ишемию диагностировали при появлении новых или усугублении существующих НЛС в двух и более сегментах, стенокардии, горизонтальной или нисходящей депрессии ST ≥ 1 мм и/или элевации ST в двух и более смежных отведениях.

Выделяли «жизнеспособный» и «рубцовый» варианты ответа на стресс. Жизнеспособный ответ включал двухфазную реакцию – улучшение сократимости на малых дозах добутамина с последующим ухудшением на дозах более 20 мкг/кг/мин, а также улучшение сократимости без провокации ишемии. Жизнеспособный миокард диагностировали при улучшении сократимости 4 и более сегментов; $\Delta\text{ИНЛС} = \text{ИНЛС}_{\text{покой}} - \text{ИНЛС}_{\text{стресс}} > 0,4$ ед. расценивали как значимый объем жизнеспособного миокарда. Сохраненным сократительным резервом (СР) ЛЖ считали стресс-индуцированное увеличение ФВ ЛЖ $> 7,5$ ед. ($\Delta\text{ФВЛЖ} = \text{ФВЛЖ}_{\text{стресс}} - \text{ФВЛЖ}_{\text{покой}}$) [17].

«Рубцовый» или «фиксированный» ответ определяли как отсутствие улучшения сократимости по критериям ИНЛС и ФВ ЛЖ на фоне добутамина [16]. Значимым увеличением насосной функции ЛЖ считали величину интеграла скорости по времени в выводном тракте ЛЖ (VTI_{LVOT}) > 18 см, что соответствовало превышению медианы максимального VTI_{LVOT} на фоне инотропной стимуляции.

Продольную сократительную функцию ПЖ оценивали по экскурсии плоскости трикуспидального кольца (TAPSE) в М-режиме из апикальной 4-камерной позиции и систолической пиковой скорости движения базального сегмента свободной стенки ПЖ (S'пж) в режиме тканевой доплерографии. Исходные значения TAPSE < 17 мм и

S'пж $< 9,5$ см/с считали критериями сниженной продольной сократимости ПЖ [18]. Сохранный СР ПЖ на фоне добутамина определяли при S'пж > 14 см/с и TAPSE > 22 мм, что соответствовало медианным максимальным стресс-индуцированным значениям этих показателей.

Стресс индуцированное изменение глобальной продольной деформации ЛЖ (global longitudinal strain, GLS) более 3 ед. ($\Delta\text{GLS} = \text{GLS}_{\text{стресс}} - \text{GLS}_{\text{покой}}$) считали сохраненным резервом продольной деформации ЛЖ [17].

Статистический анализ

Статистический анализ проводили с использованием программы JASP версии 0.19.3 (University of Amsterdam, Нидерланды), среды R версии 4.5.2 в оболочке RStudio (Posit, США) и пакета survival. Нормальность распределения непрерывных переменных проверяли с помощью теста Шапиро – Уилка. Количественные показатели с нормальным распределением представлены средними значениями и стандартными отклонениями ($M \pm SD$), показатели с распределением, отличным от нормального – медианами и межквартильным промежутком ($Me [Q1; Q3]$). Категориальные переменные представлены абсолютными и относительными частотами, n (%). При нормальном распределении для сравнения количественных показателей в двух независимых группах применяли критерий Уэлча, при отклонении распределения от нормального – критерий Манна – Уитни. Для сравнения связанных выборок в анализе динамики использовали критерий Уилкоксона. Категориальные переменные в двух независимых группах сравнивали с использованием точного критерия Фишера. Ассоциацию клинических и стресс-эхокардиографических показателей с 3-летней общей летальностью оценивали с помощью регрессионного анализа Кокса. Мерой эффекта служили отношение рисков (ОР) и его 95% доверительный интервал (95% ДИ). С учетом ограниченного числа неблагоприятных исходов ($n = 22$) первичный анализ выполняли в однофакторных моделях; двухфакторные модели рассматривали для уточнения результатов первичного анализа. Допущение о пропорциональности рисков проверяли по остаткам Шенфельда. Для двухфакторных моделей дополнительно оценивали мультиколлинеарность по максимальному фактору инфляции дисперсии (VIFmax), дискриминационную способность – по индексу конкордантности Харрелла (C-index), относительное качество соответствия модели данным – по информационному критерию Акаике (AIC). Значения VIFmax $< 2,0$ расценивали как отсутствие значимой мультиколлинеарности. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

В таблице 1 представлены исходные клинические характеристики, в таблице 2 – результаты ДСЭ в общей когорте и в группах, стратифицированных по факту достижения первичной конечной точки. Летальный исход зарегистрирован у 22 (29,3%) пациентов. Госпитальная летальность составила 10,7%, трехлетняя выживаемость – 70,7%. Большинство неблагоприятных исходов реализовалось в течение первого года наблюдения.

В исследуемой выборке преобладали мужчины (93,3%); пациенты относились преимущественно к средней и пожилой возрастным группам и характеризовались тяжелым клиническим статусом. Большинство имели III функциональный класс (ФК) хронической сердечной не-

Таблица 1. Клинические характеристики пациентов

Table 1. Clinical characteristics of patients

Показатель	Все пациенты, <i>n</i> = 75	Выжившие, <i>n</i> = 53	Умершие, <i>n</i> = 22	<i>p</i>
Возраст, лет	60,6±7,1	60,0±7,21	61,9±6,66	0,297
Пол, муж, <i>n</i> (%)	70 (93,3)	50 (94,3)	20 (90,9)	0,588
ИМТ, кг/м ²	26,9±4,3	27,2±4,19	26,2±4,60	0,600
Стенокардия напряжения, ФК, <i>n</i> (%):				
0	14 (18,7)	9 (17)	5 (22,7)	0,689
I	3 (4)	3 (5,7)	0	
II	14 (18,7)	9 (17)	5 (22,7)	
III	43 (57,3)	31 (58,5)	12 (54,6)	
IV	1 (1,3)	1 (1,9)	0	
ХСН, ФК по NYHA, <i>n</i> (%):				
I	2 (2,7)	2 (3,8)	0	0,772
II	19 (25,3)	14 (26,4)	5 (22,7)	
III	50 (66,7)	34 (64,2)	16 (72,7)	
IV	4 (5,3)	3 (5,7)	1 (4,6)	
СД II тип, <i>n</i> (%)	16 (21,3)	13 (24,5)	3 (13,6)	0,294
АГ, <i>n</i> (%)	65 (86,7)	44 (83)	21 (95,5)	0,149
Анамнез курения, <i>n</i> (%)	59 (78,7)	42 (79,2)	17 (72,3)	0,849
Ожирение, <i>n</i> (%)	19 (25,3)	15 (28,3)	4 (18,2)	0,359
ХОБЛ, <i>n</i> (%)	21 (28)	14 (26,4)	7 (31,8)	0,635
ФП постоянная, <i>n</i> (%)	2 (2,7)	1 (1,89)	1 (4,6)	0,515
ЖЭС II-IVa класс, <i>n</i> (%)	35 (46,7)	26 (49,1)	9 (40,9)	0,520
ПБЛНПГ, <i>n</i> (%)	14 (18,7)	8 (15,1)	6 (27,3)	0,218
ИМ в анамнезе, <i>n</i> (%)	72 (96)	52 (98,1)	20 (90,9)	0,147
СКФ, мл/мин/1,73м ²	69,0±15,5	69,5±15,7	67,6±15,7	0,660
ХБП, СКФ < 60 мл/мин/1,73 м ² , <i>n</i> (%)	21 (28)	14 (26,4)	7 (31,8)	0,635
Гемоглобин, г/л	143,8±13,5	145,1±14,0	140,7±11,8	0,200
ОХС, ммоль/л	4,2 (3,4; 4,8)	4,02 (3,6; 4,8)	4,5 (3,3; 5,0)	0,154
ТГ, ммоль/л	1,23 (0,9; 1,9)	1,23 (0,86; 1,89)	1,26 (1,04; 1,79)	0,155
МР ≥ 2-й ст., <i>n</i> (%)	44 (58,7)	29 (54,7)	15 (68,2)	0,281
ТР ≥ 2-й ст., <i>n</i> (%)	22 (29,3)	12 (22,6)	10 (45,5)	0,048
Ствол ЛКА > 50%, <i>n</i> (%)	9 (12)	4 (7,6)	5 (22,7)	0,07
Поражение КА, <i>n</i> (%):				
однососудистое	9 (12)	8 (15,1)	1 (4,6)	0,232
двухсосудистое	19 (25,3)	12 (22,6)	7 (31,8)	
трехсосудистое	34 (45,3)	26 (49,1)	8 (36,4)	
четырёхсосудистое	13 (17,3)	7 (13,2)	6 (27,3)	
Индекс Gensini, балл	71,5±41,0	73,2±42,3	67,5±38,3	0,502
ЧКВ ранее, <i>n</i> (%)	31 (41,3)	21 (39,6)	10 (45,5)	0,641
Euroscore II, %	3,1 (2,2; 5,4)	2,96 (2,2; 5,2)	4,6 (2,2; 7,2)	0,196
Тактика ведения:				
ОМТ, <i>n</i> (%)	4 (5,3)	2 (3,8)	2 (9,1)	0,503
АИКД/КРТ-Д, <i>n</i> (%)	3 (4)	1 (1,9)	2 (9,1)	
ЧКВ, <i>n</i> (%)	6 (8)	4 (7,6)	2 (9,1)	
КШ, <i>n</i> (%)	21 (28)	15 (28,3)	6 (27,3)	
КШ+ХРЛЖ, <i>n</i> (%)	19 (25,3)	15 (28,3)	4 (18,2)	
КШ+МК, <i>n</i> (%)	18 (24)	12 (22,6)	6 (27,3)	
КШХ+ХРЛЖ+МК/ТК, <i>n</i> (%)	4 (5,3)	4 (7,6)	0	
ВАБК, <i>n</i> (%)	16 (25) <i>n</i> = 62	11 (23) <i>n</i> = 47	5 (33) <i>n</i> = 15	0,344
Госпитальная летальность, <i>n</i> (%)	8 (10,7)	—	—	—

Примечание: *p* – уровень значимости межгрупповых различий, ИМТ – индекс массы тела, ФК – функциональный класс, ХСН – хроническая сердечная недостаточность, NYHA – New York Heart Association, СД – сахарный диабет, АГ – артериальная гипертония, ФП – фибрилляция предсердий, ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких, ЖЭС – желудочковая экстрасистолия, ПБЛНПГ – полная блокада левой ножки пучка Гиса, ИМ – инфаркт миокарда, СКФ – скорость клубочковой фильтрации, ХБП – хроническая болезнь почек, ОХС – общий холестерин, ТГ – триглицериды, МР – митральная регургитация, ТР – трикуспидальная регургитация, ЛКА – левая коронарная артерия, ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство, ОМТ – оптимальная медикаментозная терапия, АИКД/КРТ-Д – имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор/кардиовертер-дефибриллятор с функцией кардиоресинхронизирующей терапии, КШ – коронарное шунтирование, ХРЛЖ – хирургическая реконструкция ЛЖ, МК – митральный клапан, ТК – трикуспидальный клапан, ВАБК – внутриаортальная баллонная контрпульсация.

достаточности (ХСН), выраженную дилатацию и систолическую дисфункцию ЛЖ, перенесенный ранее ИМ и многососудистое поражение коронарного русла. Тактика лечения в когорте была неоднородной. Большинство пациентов (62 пациента (82,7%)) прошли хирургическую реваскуляризацию, остальные – ЧКВ, устройство-ориентированное лечение и консервативное ведение. По исходным клиническим характеристикам группы выживших и умерших пациентов были в целом сопоставимы.

Статистически значимые межгрупповые различия выявлены только по частоте трикуспидальной регургитации ≥2-й степени, которая чаще встречалась у пациентов с неблагоприятным исходом (45,5 против 22,6%; *p* = 0,048). У пациентов, умерших в течение 3 лет, также отмечались тенденции к большей частоте поражения ствола ЛКА, ПБЛНПГ и более высокому EuroSCORE II, однако эти различия не достигали статистической значимости.

Медиана достигнутой дозы добутина составила

Таблица 2. Результаты стресс-эхокардиографии с добутамином

Table 2. Results of stress echocardiography with dobutamine

Показатель	Все пациенты, n = 75	Выжившие, n = 53	Умершие, n = 22	p
1	2	3	4	5
ППТ, м ²	1,92±0,16	1,93±0,16	1,89±0,16	0,287
ИММ ЛЖ, г/м ²	152,0 (133,3; 168,3)	150,9 (131,7; 167,3)	155,1 (139,1; 168,6)	0,511
Доза добутамина, мкг/кг/мин,	20,0 (17,5; 30)	20,0 (15; 30)	20,0 (20; 30)	0,715
Доза добутамина, n (%):				
10 мкг/кг/мин	5 (6,7)	4 (7,6)	1 (4,6)	0,990
15 мкг/кг/мин	14 (18,7)	10 (18,9)	4 (18,2)	
20 мкг/кг/мин	30 (40)	21 (39,3)	9 (40,9)	
30 мкг/кг/мин	17 (22,7)	12 (22,6)	5 (22,7)	
40 мкг/кг/мин	9 (12)	6 (11,3)	3 (13,6)	
Тип ответа на стресс, n (%):	n = 56	n = 39	n = 17	
Двухфазный	25 (44,6)	20 (51,3)	5 (29,4)	0,255
Улучшение	28 (50)	17 (43,6)	11 (64,7)	
Фиксированный	3 (5,4)	2 (5,1)	1 (5,9)	
Наличие жизнеспособного миокарда, n (%)	51 (68)	38 (71,7)	13 (59,1)	0,281
ЧСС покой, уд/мин	65 (57,5; 73)	65,9±10,6	67,7±14,4	0,552
ЧСС НДД, уд/мин	81,7±16,2***	81,1±14,8***	83,2±19,4***	0,600
ЧСС пик, уд/мин	95,0±19,3***	94,7±20,4***	95,7±17,3***	0,865
ЧСС макс, уд/мин	93,6±18,6***	92,9±18,8***	95,5±18,4***	0,577
САД, покой, мм рт. ст.	104,5±16,4	105,6±17,1	101,8±14,6	0,356
САД, НДД, мм рт. ст.	114 (104; 124)***	115 (107; 127)***	111±11,7***	0,116
САД, пик, мм рт. ст.	117,8±17,8***	121,1±17,8***	110,2±15,7***	0,034
САД, макс, мм рт. ст.	120 (111; 134)***	124,2±19,4***	116,8±12,3***	0,142
VTI LVOT, покой, см	13,6 (10,7; 15,7)	13,8 (11,6; 16)	12,3±3,9	0,048
VTI LVOT, НДД, см	17,8 (15,1; 20,5)***	18,2 (15,7; 20,7)***	15,1 (13,3; 19,3)***	0,019
VTI LVOT пик, см	18,1 (14,3; 21,7)***	19,1±4,5***	15,1 (13,4; 19,3)***	0,019
VTI LVOT макс, см	18,6 (15,3; 21,3)***	18,9 (17,2; 21,6)***	16,2 (13,4; 19,7)***	0,019
УИ доплер, покой, мл/м ²	27,2±7,6	28,0±7,6	25,3±7,4	0,157
УИ доплер, НДД, мл/м ²	36,1±8,9***	37,2±8,1***	33,7±10,5***	0,121
УИ доплер, пик, мл/м ²	37,3±9,8***	38,4±8,6***	31,6 (27,4; 39,6)***	0,045
УИ доплер, макс, мл/м ²	38,4±9,3***	39,3±8,4***	33,4 (29,1; 41,4)***	0,073
СИ доплер, покой, л/мин/м ²	1,76±0,41	1,80±0,39	1,66±0,45	0,191
СИ доплер, НДД, л/мин/м ²	2,86 (2,33; 3,48)***	2,96±0,65***	2,36 (2,02; 3,17)***	0,100
СИ доплер, пик, л/мин/м ²	3,37 (2,87; 4,01)***	3,60±0,89***	3,09 (2,49; 3,37)***	0,069
СИ доплер, макс, л/мин/м ²	3,20 (2,89; 3,92)***	3,46±0,86***	3,18 (2,60; 3,58)***	0,358
Индекс объема ЛП, покой, мл/м ²	54,1 (44,9; 62,0)	53,6±12,2	54,5 (47,3; 61,1)	0,701
Индекс объема ЛП, НДД, мл/м ²	50,4 (40,5; 57,2)***	50,1±12,5***	52,0 (40,4; 57,1)**	0,862
Индекс объема ЛП, пик, мл/м ²	46,6 (37,6; 54,7)***	47,6 (36,7; 53,9)***	42,8 (39,3; 57,7)**	0,783
КДИ, покой, мл/м ²	112,9 (102,9; 127,4)	113,5 (103,5; 127,6)	109,0 (99,9; 127)	0,572
КДИ, НДД, мл/м ²	106,6 (95,9; 120,6)***	106,8 (97,7; 120,5)***	104,6 (91,2; 126,3)**	0,671
КДИ, пик, мл/м ²	105,2 (92,2; 120,9)***	105,8 (93; 121)***	104,5 (88,9; 120,7)**	0,979
КСИ, покой, мл/м ²	77,0 (69,6; 90,7)	75,3 (68,9; 90,6)	77,8 (71,2; 95,4)	0,580
КСИ, НДД, мл/м ²	66,0 (56,5; 76,4)***	64,8 (55,6; 75,1)***	68,8 (60,2; 83,2)***	0,245
КСИ, пик, мл/м ²	66,4 (54,3; 80,5)***	64,4 (53,6; 79,7)***	72,0 (54,9; 84)***	0,428
ФВ ЛЖ, покой, %	30,1±5,6	30,8±5,1	27,0 (24,3; 32,8)	0,047
ФВ ЛЖ НДД, %	37,9±6,9***	39,0±6,9***	35,0±6,3***	0,019
ФВ ЛЖ, пик, %	37,3±7,9***	38,1±7,9***	35,5±7,8***	0,259
ФВ ЛЖ, макс, %	39,4±7,1***	40,3±7,1***	36,5 (33,3; 40)***	0,017
ДФВ ЛЖ, НДД, ед.	7,7±3,5	8,2±3,4	6,6±3,7	0,077
ДФВ ЛЖ, пик, ед.	7,7±4,7	7,7±4,9	7,8±4,2	0,925
ДФВ ЛЖ, макс, ед.	9,3±3,7	9,5±3,8	8,8±3,6	0,456
ИНЛС, покой, ед.	2,21±0,24	2,25 (2,06; 2,38)	2,24±0,24	0,653
ИНЛС НДД, ед.	1,91±0,24***	1,89±0,22***	1,94±0,26***	0,399
ИНЛС, пик, ед.	1,96±0,24***	1,96±0,25***	1,96±0,21***	0,947
ИНЛС, макс, ед.	1,85±0,23***	1,84±0,23***	1,88±0,23***	0,473
ДИНЛС, НДД, ед.	0,30±0,14	0,30±0,14	0,30±0,14	0,873
ДИНЛС, пик, ед.	0,25 (0,13; 0,38)	0,26±0,19	0,25 (0,19; 0,38)	0,877
ДИНЛС, макс, ед.	0,38 (0,25; 0,44)	0,36±0,16	0,38 (0,27; 0,44)	0,442
GLS, покой, %	-6,2±2,64	-6,5±2,7	-5,4±2,4	0,097
GLS, НДД, %	-8,2±2,7***	-8,7±2,8***	-7,1±2,2***	0,020

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
GLS, пик, %	-8,2 (-9,7; -6,2)***	-8,5±2,8***	-6,9 (-8; -5,1)	0,001
GLS, макс, %	-8,7±2,8***	-9,5 (-10,5; -7,4)***	-7,7±2,4***	0,025
ΔGLS, НДД, ед.	-2,0±1,1	-2,1±1,1	-1,8 (-2,5; 1,0)	0,145
ΔGLS, пик, ед.	-1,8 (-2,9; -1,2)	-2,0±1,2	-1,5 (-2,2; -0,6)	0,089
ΔGLS, макс, ед.	-2,5±1,1	-2,7±1,1	-2,3±1,0	0,152
TAPSE, покой, мм	18,2±3,5	18,7±3,4	16,8±3,6	0,030
TAPSE, НДД, мм	21,0 (18,0; 24,0)***	22,0 (18,0; 24,0)***	18,0 (16,0; 22,0)**	0,039
TAPSE, пик, мм	21,1±4,3***	21,7±4,0***	19,4±4,7***	0,074
TAPSE, макс, мм	22,0 (18,0; 26,0)***	23,0 (19,0; 26,0)***	20,2±4,6***	0,020
S' пж, покой, см/с	9,0 (7,0; 10,0)	9,5 (8,1; 10,0)	8,0 (7,0; 8,8)	0,008
S' пж, НДД, см/с	12,7±4,0***	13,3±3,9***	10,0 (8,0; 13,3)***	0,020
S' пж, пик, см/с	13,8 (10,5; 17,0)***	14,5±3,7***	11,1±4,0**	0,003
S' пж, макс, см/с	14,2±3,7***	14,8±3,4***	12,5 (10,0; 14,0)***	0,006
E/e', покой, ед.	17,8 (12,8; 22,8)	17,7 (12,9; 22,0)	18,9 (12,7; 27,5)	0,523
E/e', НДД, ед.	13,2 (9,2; 17,8)***	13,1 (9,0; 18,0)***	13,4 (10,9; 17,0)***	0,432
E/e', пик, ед.	11,3 (8,5; 16,4)***	12,7±5,6***	9,5 (8,4; 15)***	0,449
СДПЖ, покой, мм рт. ст. RVSP, mmHg	46,0 (32,5; 55,0) n = 62	47,0 (32,0; 56,0) n = 43	48,3±14,7 n = 19	0,541
СДПЖ, НДД, мм рт. ст.	55,5±16,1*** n = 49	55,8±17,0** n = 32	54,8±14,6 n = 17	0,830
СДПЖ, пик, мм рт. ст.	55,2±14,7* n = 35	54,4±16,4 n = 23	56,8±11,4 n = 12	0,660

Примечание: ** ($p < 0,01$) и *** ($p < 0,001$) – значимые внутригрупповые различия показателя в динамике относительно покоя, значение p в последнем столбце – уровень значимости межгрупповых различий показателя, ППТ – площадь поверхности тела, ИММ ЛЖ – индекс массы миокарда левого желудочка, ЧСС – частота сердечных сокращений, САД – систолическое артериальное давление, НДД – низкие дозы добутина, VTI_{LVOT} – интеграл линейной скорости потока в выводящем отделе левого желудочка, УИ – ударный индекс, СИ – сердечный индекс, ЛП левое предсердие, КДИ – конечно-диастолический индекс, КСИ – конечно-систолический индекс, ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка, ИНЛС – индекс нарушения локальной сократимости, GLS – глобальная продольная деформация левого желудочка, TAPSE – систолическая экскурсия плоскости кольца трикуспидального клапана, S'пж – скорость систолического движения базального сегмента свободной стенки ПЖ, E/e' – соотношение пиковой скорости трансмитрального кровотока в фазу раннего наполнения левого желудочка и пиковой скорости раннего диастолического движения фиброзного кольца митрального клапана от боковой части, СДПЖ – систолическое давление в правом желудочке.

20 мкг/кг/мин и не различалась между группами (табл. 2). Этап более 20 мкг/кг/мин прошли 56 (74,7%) пациентов. Стресс-тест был выполнимым, однако достижение более высоких доз добутина у части больных ограничивалось клинически значимыми причинами прекращения теста. На рисунке 1 представлен спектр основных причин остановки пробы и осложнений.

Признаки жизнеспособного миокарда по традиционным критериям (ИНЛС и ФВ ЛЖ) были выявлены у 51 (68%) пациента. Среди больных, получивших дозу добутина более 20 мкг/кг/мин ($n = 56$), двухфазный тип ответа наблюдался у 44,6%; межгрупповых различий по типу стресс-ответа не получено. Наличие жизнеспособного миокарда, тип стресс-ответа, прирост ФВ ЛЖ и изменение ИНЛС значимо не различались между группами и не обеспечивали убедительной стратификации риска 3-летней общей летальности. На фоне инотропной стимуляции отмечалась ожидаемая положительная значимая динамика гемодинамических показателей и контрактильности ЛЖ и ПЖ (табл. 2). При межгрупповом сравнении установлено, что при близкой исходной степени выраженности ремоделирования ЛЖ и объема поражения ЛЖ по величине ИНЛС пациенты с неблагоприятным исходом имели более тяжелую исходную и стресс-индуцированную систолическую дисфункцию обоих желудочков, более низкие значения VTI_{LVOT} , а также менее благоприятные показатели продольной деформации ЛЖ. В то же время традиционные показатели сократительного резерва ЛЖ, оцененного по ΔФВ ЛЖ, ДИНЛС не продемонстрировали убедительных межгрупповых различий. Не получено значимых различий и по резерву ΔGLS.

Согласно результатам однофакторного регрессионно-

го анализа Кокса, статистически значимая ассоциация с 3-летней общей летальностью была выявлена для VTI_{LVOT} , ФВ ЛЖ, GLS и TAPSE при введении инотропных низких доз добутина, а также для максимальных стресс-индуцированных значений GLS, TAPSE и S'пж (табл. 3). При этом для максимального значения TAPSE было выявлено нарушение допущения о пропорциональности рисков, что ограничивает интерпретацию данного показателя в рамках модели Кокса.

При проведении многофакторного регрессионного анализа Кокса с учетом ограниченного размера выборки и небольшого числа неблагоприятных исходов ($n = 22$) в каждую модель включали не более двух факторов. Модели строили путем сочетания показателя функции ПЖ (TAPSE или S'пж) с показателем функции ЛЖ (VTI_{LVOT} , ФВ ЛЖ или GLS), полученным на том же этапе ДСЭ: при введении инотропных низких доз добутина или при достижении максимальных стресс-индуцированных значений. Модели, в которых хотя бы один из факторов сохранял статистически значимую ассоциацию с 3-летней общей летальностью, представлены в таблице 4 и на рисунке 2. Во всех представленных моделях VIFmax не превышал 1,45, что свидетельствует об отсутствии значимой мультиколлинеарности между включенными предикторами. Для двухфакторных моделей не выявлено нарушения допущения о пропорциональности рисков. В данных моделях максимальные значения S'пж и TAPSE, а также TAPSE при введении низких доз добутина сохраняли статистически значимую ассоциацию с 3-летней общей летальностью; показатели сократимости ЛЖ в соответствующих двухфакторных моделях статистической значимости не достигали. Однако с учетом нарушения

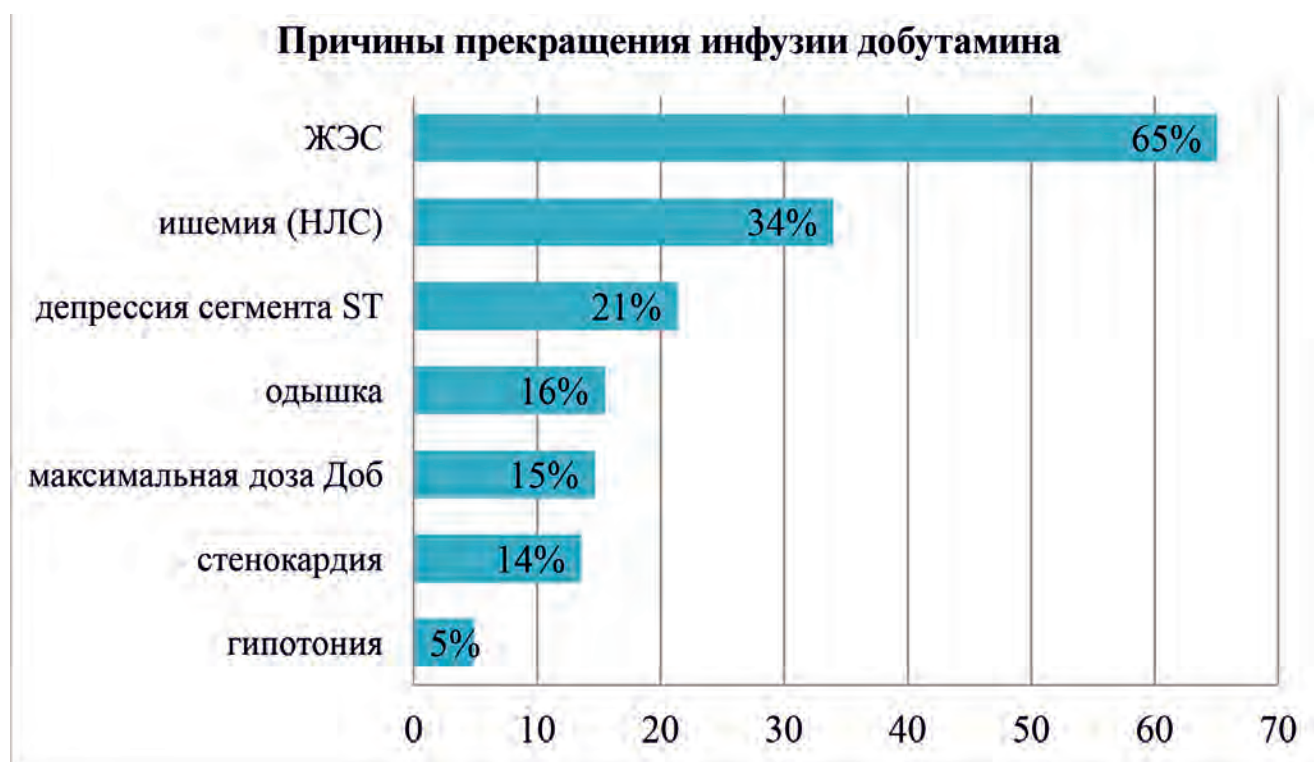


Рис. 1. Частота основных причин прекращения теста и осложнений стресс-эхокардиографии с добутином

Fig. 1. Frequency of the main reasons for test termination and complications of dobutamine stress echocardiography

Таблица 3. Взаимосвязь стресс-эхокардиографических параметров с 3-летней общей летальностью: результаты однофакторного регрессионного анализа Кокса**Table 3.** Association of stress echocardiographic parameters with 3-year all-cause mortality: results of univariable Cox regression analysis

Показатель	ОР [95% ДИ]	p модели	p ПР
VTI _{LVOT} покой, см	0,88 (0,77–1,01)	0,07	0,47
VTI _{LVOT} НДД, см	0,88 (0,77–0,99)	0,04	0,21
VTI _{LVOT} макс, см	0,90 (0,80–1,01)	0,07	0,19
ФВ ЛЖ, покой, %	0,94 (0,87–1,01)	0,10	0,58
ФВ ЛЖ НДД, %	0,94 (0,89–0,99)	0,02	0,90
ФВ ЛЖ, макс, %	0,95 (0,90–1,01)	0,09	0,99
GLS, НДД, %	1,20 (1,02–1,41)	0,03	0,78
GLS, макс, %	1,18 (1,01–1,37)	0,04	0,78
TAPSE, покой, мм	0,89 (0,79–1,00)	0,05	0,053
TAPSE, НДД, мм	0,90 (0,83–0,97)	0,01	0,12
TAPSE, макс, мм	0,90 (0,84–0,97)	0,01	0,04
S'пж, покой, см/с	0,85 (0,70–1,03)	0,09	0,38
S'пж, НДД, см/с	0,92 (0,83–1,01)	0,09	0,59
S'пж, макс, см/с	0,84 (0,74–0,95)	0,01	0,84

Примечание: ОР – отношение рисков, 95% ДИ – 95% доверительный интервал ОР, ПР – пропорциональность рисков, VTI_{LVOT} – интеграл линейной скорости потока в выводящем отделе левого желудочка, ФВ – фракция выброса, ЛЖ – левый желудочек, GLS – глобальная продольная деформация левого желудочка, TAPSE – систолическая экскурсия плоскости кольца трикуспидального клапана, S'пж – скорость систолического движения базального сегмента свободной стенки правого желудочка.

пропорциональности рисков для максимального TAPSE в однофакторном анализе данный результат требует осторожной интерпретации.

По данным анализа Каплана – Мейера статистически значимое разделение кривых выживаемости выявлено для показателей насосной функции ЛЖ и продольной сократительной функции ПЖ (рис. 3, 4). При максимальном стресс-индуцированном VTI_{LVOT} > 18 см 3-летняя выживаемость составила 80,0 против 56,7% ($p = 0,03$). При S'пж в покое > 9,5 см/с выживаемость составила 89,3 против 59,6% ($p = 0,009$), а при максимальном стресс-индуци-

рованным значения S'пж > 14 см/с – 90,0 против 57,8% ($p = 0,005$).

Обсуждение

Полученные результаты следует рассматривать в контексте пересмотра традиционной роли стресс-визуализации у пациентов с выраженной ишемической дисфункцией ЛЖ. Хотя длительное наблюдение в исследовании STICH подтвердило преимущество хирургической реваскуляризации над консервативным ведением на отдаленную выживаемость [1], дополнительное исследование

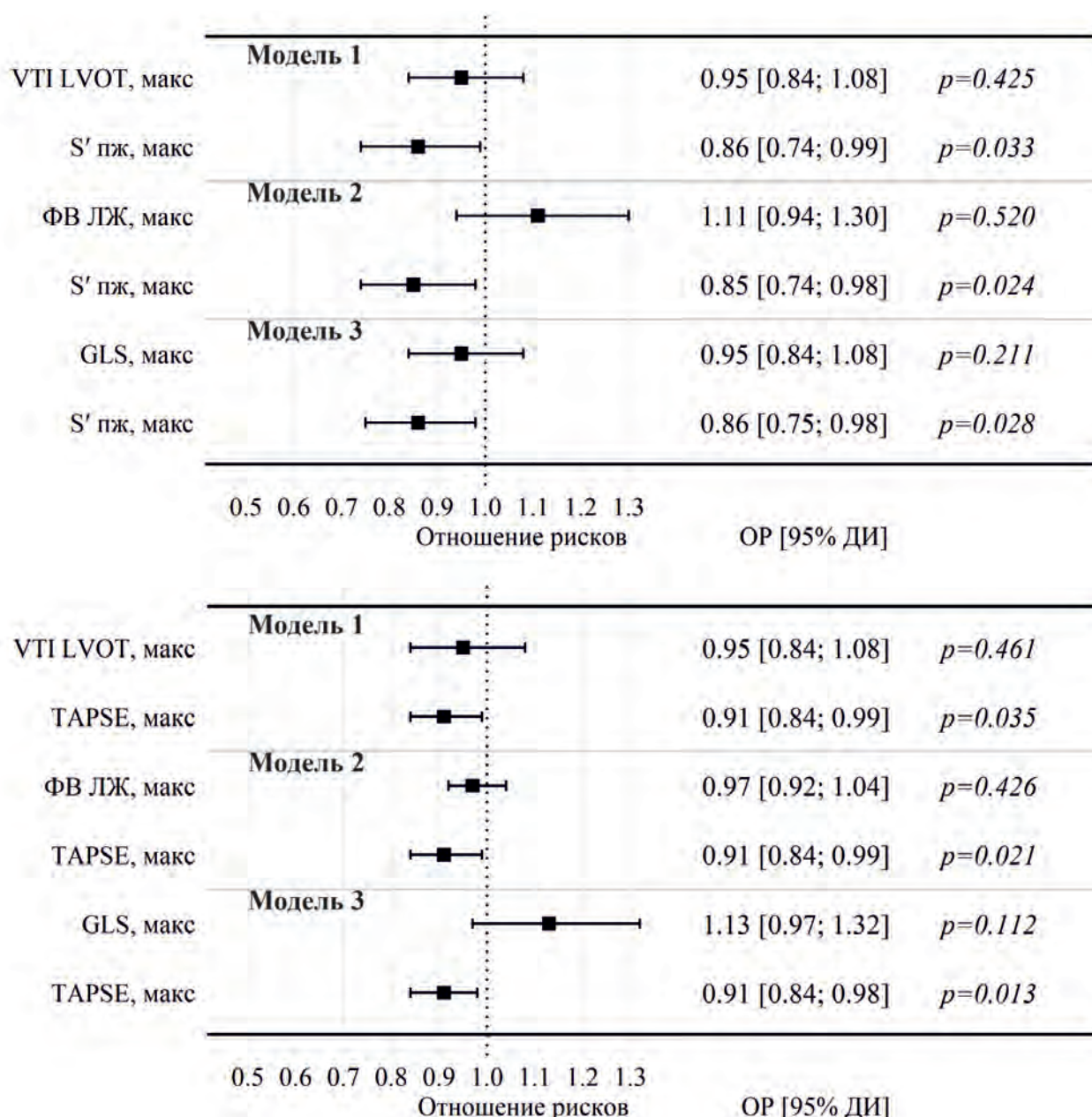


Рис. 2. Взаимосвязь максимальных значений S'пж и TAPSE с 3-летней общей летальностью в двухфакторных моделях Кокса: forest plot
Fig. 2. Association of maximum values of RV S' and TAPSE with 3-year overall mortality in two-factor Cox models: forest plot

дование STICH-жизнеспособность, как и последующие РКИ, не показали прогностических преимуществ стратегии, основанной преимущественно на оценке ишемии и жизнеспособности [3–7]. Согласно современной концепции, представленной Panza J.A., et al., восстановление сократимости ЛЖ после реваскуляризации не является единственным и, вероятно, главным механизмом прогностической пользы вмешательства. Оценка жизнеспособности скорее отражает вероятность технической и функционально успешной реваскуляризации и сохранность остаточного миокарда, но не решает задачу индивидуальной прогностической стратификации [19].

В нашем исследовании традиционные показатели сократительного резерва ЛЖ (ФВ и ИНЛС) не продемонстрировали убедительной связи с 3-летней выживаемостью, тогда как более выраженные различия были выявлены для параметров сократимости ПЖ и насосной функции ЛЖ. Наиболее стабильная ассоциация с ис-

ходом получена для стресс-индуцированной величины S'пж. Такая структура результатов позволяет предположить, что в данной популяции прогноз определяется не только резервом ЛЖ, но и интегральным состоянием бивентрикулярной функции и гемодинамической адаптации к нагрузке на фоне тяжелого ремоделирования ЛЖ, многососудистого поражения, вторичной легочной гипертензии и повышенного давления наполнения ЛЖ. Снижение резерва ПЖ может отражать более глубокое нарушение межжелудочкового взаимодействия и гемодинамическую уязвимость, чем ΔФВ ЛЖ или ΔИНЛС. Такая интерпретация согласуется с современными представлениями о роли оценки жизнеспособности миокарда при ишемической дисфункции ЛЖ. РКИ не демонстрируют связи объема жизнеспособного миокарда с преимуществом реваскуляризации по клиническим исходам [3–7]. Таким образом, в этой категории больных традиционная бинарная логика «жизнеспособный/нежизнеспособный миокард»

Таблица 4. Взаимосвязь параметров стресс-эхокардиографии с 3-летней общей летальностью в двухфакторных моделях регрессии Кокса
Table 4. Association of stress echocardiographic parameters with 3-year all-cause mortality in two-variable Cox regression models

Модель		С-индекс	AIC	VIF _{max}	p ПР	p модели
Фактор	ρ					
Модель 1						
S' пж, макс	0,035	0,701	178,8	1,28	0,417	0,016
VTI _{LVOT} макс	0,164					
Модель 2						
S'пж, макс	0,028	0,690	177,9	1,14	0,938	0,010
GLS, макс	0,211					
Модель 3						
S' пж, макс	0,024	0,686	179,1	1,25	0,977	0,018
ФВ ЛЖ, макс	0,520					
Модель 4						
TAPSE, макс	0,013	0,677	177,7	1,06	0,153	0,009
GLS, макс	0,112					
Модель 5						
TAPSE, макс	0,035	0,669	179,8	1,45	0,112	0,025
VTI LVOT макс	0,461					
Модель 6						
TAPSE, макс	0,021	0,660	179,7	1,20	0,109	0,024
ФВ ЛЖ, макс	0,426					
Модель 7						
TAPSE, НДД	0,028	0,676	177,9	1,09	0,321	0,010
GLS, НДД	0,079					

Примечание: AIC – информационный критерий Акаике, С-индекс – индекс конкордантности, VIF_{max} – максимальное значение фактора инфляции дисперсии в модели, ПР – пропорциональность рисков.

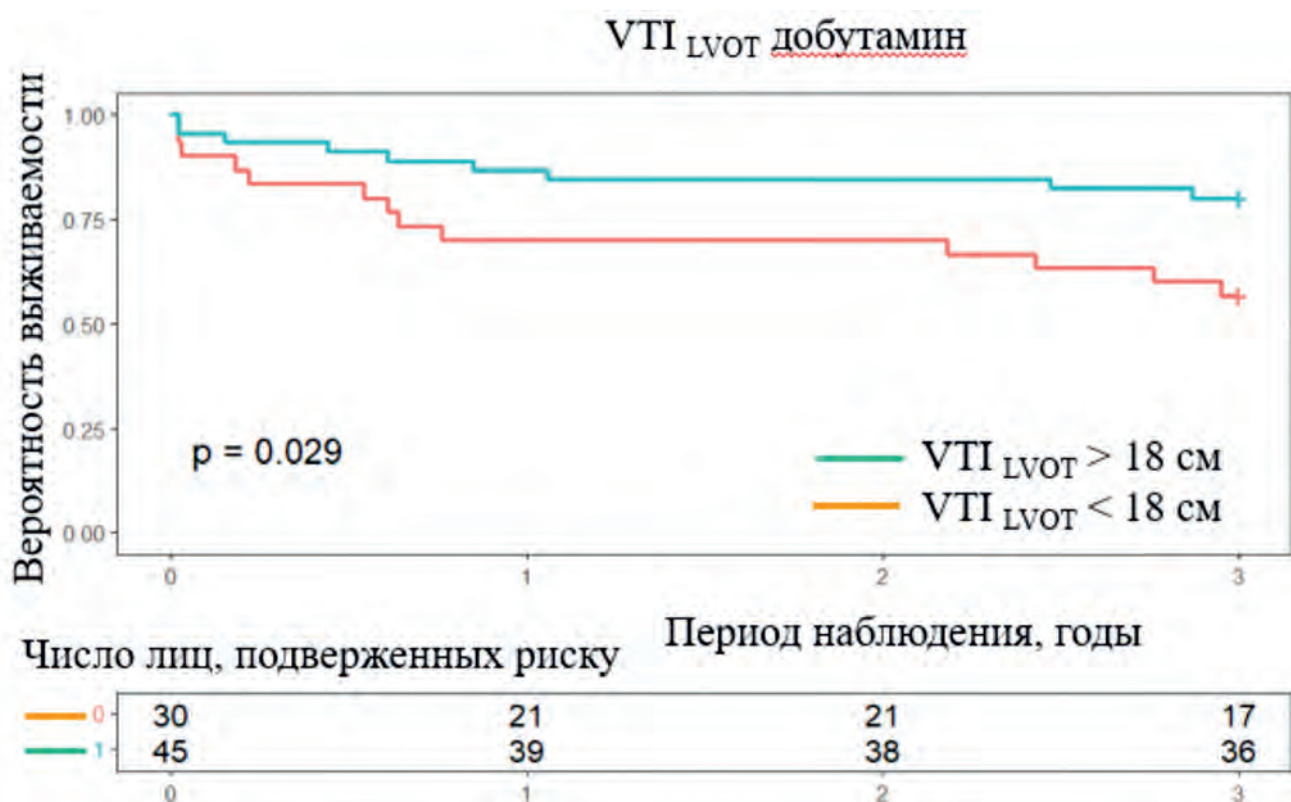


Рис. 3. Кривые выживаемости Каплана – Мейера, стратифицированные по величине интеграла линейной скорости кровотока в выносящем тракте левого желудочка (VTILVOT) при проведении стресс-эхокардиографии с добутамином
 Fig. 3. Kaplan-Meier survival curves stratified by values of the integral of linear blood flow velocity in the LV outflow tract (VTILVOT) during dobutamine stress echocardiography

представляется недостаточной для объяснения клинического риска и требует дополнения показателями системного гемодинамического ответа.

На этом фоне особый интерес представляет роль ПЖ.

Наиболее близкой к нашей клинической популяции является работа Kukulski T., et al., выполненная у пациентов в рамках исследования STICH с тяжелой дисфункцией ЛЖ, подвергавшихся КШ с хирургической реконструк-

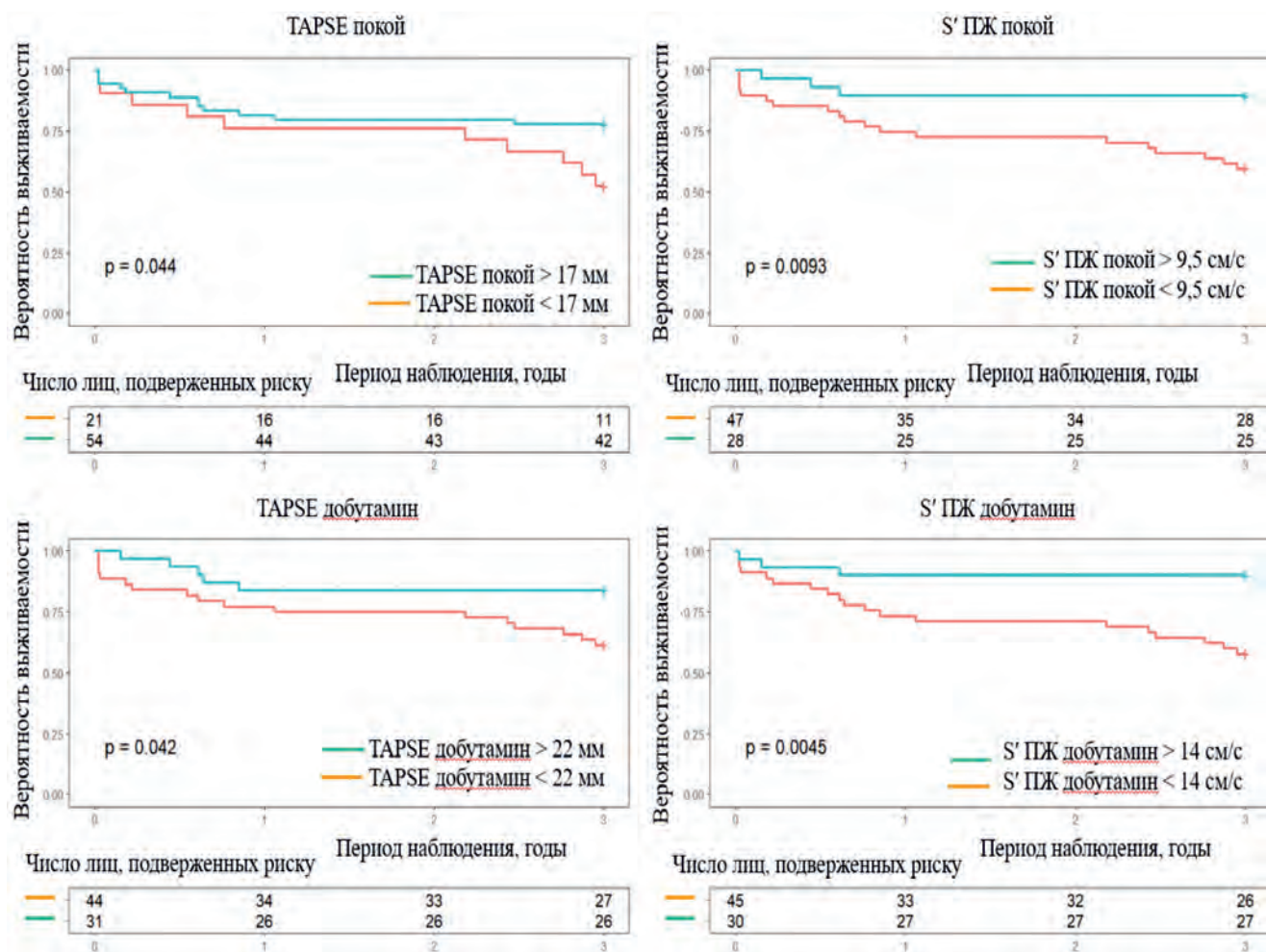


Рис. 4. Кривые выживаемости Каплана–Мейера, стратифицированные по показателям сократительной функции правого желудочка в покое и при стресс-эхокардиографии с добутамином

Fig. 4. Kaplan-Meier survival curves stratified by right ventricular contractility at rest and during dobutamine stress echocardiography

цией ЛЖ или без нее. Авторы показали, что умеренная или тяжелая дисфункция ПЖ ассоциировалась с более выраженным ремоделированием ЛЖ, большей тяжестью митральной регургитации, более высокими давлениями наполнения и легочной гипертензией, а также влияла на отдаленные результаты хирургического лечения [8]. Близкие результаты были получены Garatti A., et al. и Couperus L.E., et al. [9, 20]. Следовательно, функция ПЖ выступает не второстепенной характеристикой, а маркером выраженного структурно-функционального ремоделирования ЛЖ и неблагоприятного гемодинамического фенотипа. В этом контексте выявленная ассоциация стресс-индуцированного S'пж с 3-летней выживаемостью представляется патофизиологически обоснованной. Сходная закономерность показана Towheed A., et al. у пациентов после хирургии аортального или митрального клапанов: предоперационная дисфункция ПЖ была связана с более высокой 30-дневной летальностью и являлась независимым предиктором ранних неблагоприятных исходов [10].

С практической точки зрения наши результаты поддерживают более широкий подход к интерпретации ДСЭ у больных с ишемической систолической дисфункцией ЛЖ. Современная стресс-ЭхоКГ постепенно переходит от преимущественно визуальной оценки НЛС к количественному анализу деформации ЛЖ, гемодинамического

резерва и функции ПЖ [15]. Однако значение этих маркеров, их оптимальные комбинации и место в рутинной стратификации риска пока определены не полностью и требуют дальнейшего клинического подтверждения в исследованиях. С учетом полученных данных S'пж, TAPSE и VTI_{LVO} могут рассматриваться как потенциально значимые компоненты итоговой модели риска, дополняющие стандартные показатели сократительного резерва ЛЖ. Следовательно, оценка функции ПЖ при ДСЭ у больных с тяжелой ишемической дисфункцией ЛЖ должна оцениваться не как второстепенное дополнение, а как клинически значимый элемент комплексной интерпретации исследования и возможный инструмент уточнения прогноза при выборе лечебной тактики.

Выраженная клиническая и гемодинамическая гетерогенность пациентов с ишемической систолической дисфункцией ЛЖ делает особенно востребованным системный подход к анализу данных. Изолированная интерпретация отдельных ЭхоКГ переменных может быть недостаточной, тогда как интеграция клинических, лабораторных и визуализационных признаков способна точнее отражать индивидуальный профиль риска. Современные публикации по искусственному интеллекту в ЭхоКГ показывают, что наиболее перспективные направления связаны с автоматизацией количественных измерений, снижением межнаблюдательной вариабельности,

многомерной интерпретацией сложных данных и фенотипированием пациентов [13]. В этом контексте наши результаты следует рассматривать не только как наблюдение о прогностической роли ПЖ, но и как основание для разработки более сложных фенотипических моделей риска у пациентов с ишемической систолической дисфункцией ЛЖ.

Ограничения исследования

Исследование имеет ряд ограничений: одноцен-
тровый ретроспективный дизайн; отсутствие анализа
причин летальных исходов – фактор, снижающий при-
чинно-следственную интерпретацию полученных резуль-
татов; неоднородность лечебной тактики; небольшое
число наблюдений, повышающее риск нестабильности
многофакторных моделей; отсутствие анализа воспроиз-
водимости ЭхоКГ измерений, что ограничивает устойчи-
вость выводов и не позволяет окончательно определить
место отдельных ЭхоКГ параметров в клиническом алго-
ритме. Полученные результаты следует рассматривать
как гипотезогенерирующие и требующие подтверждения
в более крупных проспективных исследованиях со стан-
дартизированной лечебной тактикой и унифицирован-
ным протоколом количественной оценки функции обоих
желудочков.

Перспективы исследований

Для решения представленной проблемы необходимы проспективные многоцентровые исследования с унифицированным расширенным протоколом ДСЭ, стандартизированной оценкой бивентрикулярного резерва и заранее заданными конечными точками. Протоколы должны предусматривать централизованный слепой анализ изображений, оценку воспроизводимости эхокардиографических показателей структуры и функции обоих желудочков, а также сопоставление этих параметров с данными магнитно-резонансной томографии сердца. Оптимальным представляется включение не менее 300–350 пациентов, что обеспечит достаточное число исходов для построения ограниченных многофакторных моделей риска. Такой подход позволит валидировать интегральные модели риска и уточнить роль функции ПЖ в индивидуализации лечебной тактики и стратификации риска.

Заключение

В исследуемой когорте пациентов с ИБС и выраженной систолической дисфункцией ЛЖ 3-летняя выживаемость составила 70,7%, при этом основная часть неблагоприятных исходов реализовалась в течение первого года наблюдения. Традиционные критерии жизнеспособности миокарда и сократительного резерва ЛЖ не продемонстрировали убедительной прогностической значимости в отношении 3-летней общей летальности. Наиболее устойчивые ассоциации с неблагоприятным исходом были выявлены для показателей продольной сократительной функции ПЖ, прежде всего S'пж в покое и при добутаминовой стимуляции, а также для параметров насосной функции ЛЖ. Полученные данные свидетельствуют о потенциальной ценности включения количественной оценки функции ПЖ в стресс-эхокардиографическую стратификацию риска у пациентов с ишемической систолической дисфункцией ЛЖ и требуют подтверждения в более крупных проспективных исследованиях.

Декларация ИИ. В процессе подготовки рукописи

авторы не использовали генеративные технологии искусственного интеллекта.

Литература / References

1. Velazquez E.J., Lee K.L., Jones R.H., et al. Coronary artery bypass surgery in patients with ischemic cardiomyopathy. *N. Engl. J. Med.* 2016;374:1511–1520. DOI: [10.1056/NEJMoa1602001](#)
2. Perera D., Clayton T., O'Kane P.D., et al. Percutaneous revascularization for ischemic left ventricular dysfunction. *N. Engl. J. Med.* 2022;387(15):1351–1360. DOI: [10.1056/NEJMoa2206606](#)
3. Bonow R.O., Maurer G., Lee K.L., et al. Myocardial viability and survival in ischemic left ventricular dysfunction. *N. Engl. J. Med.* 2011;364(17):1617–1625. DOI: [10.1056/NEJMoa1100358](#)
4. Cleland J.G., Calvert M., Freemantle N., et al. The Heart Failure Revascularisation Trial (HEART). *Eur. J. Heart Fail.* 2011;13:227–233. DOI: [10.1093/eurjhf/hfq230](#)
5. Mc Ardle B., Shukla T., Nichol G., et al. Long-term follow-up of outcomes with F-18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography imaging-assisted management of patients with severe left ventricular dysfunction secondary to coronary disease. *Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2016;9:e004331. DOI: [10.1161/CIRCIMAGING.115.004331](#)
6. Erthal F., Wiefels C., Promislow S., et al. Myocardial viability: From PARR-2 to IMAGE HF – current evidence and future directions. *Int. J. Cardiovasc. Sci.* 2019;32(1):70–83. DOI: [10.5935/2359-4802.20180068](#)
7. Perera D., Ryan M., Morgan H.P., et al. Viability and outcomes with revascularization or medical therapy in ischemic ventricular dysfunction: a prespecified secondary analysis of the REVIVED-BCIS2 trial. *JAMA Cardiol.* 2023;8(12):1154–1161. DOI: [10.1001/jamacardio.2023.3803](#)
8. Kukulska T., She L., Racine N., et al. Implication of right ventricular dysfunction on long-term outcome in patients with ischemic cardiomyopathy undergoing coronary artery bypass grafting with or without surgical ventricular reconstruction. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2015;149(5):1312–1321. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2014.09.117](#)
9. Couperus L.E., Delgado V., Palmen M., et al. Right ventricular dysfunction affects survival after surgical left ventricular restoration. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2017;153(4):845–852. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2016.09.038](#)
10. Towheed A., Sabbagh E., Gupta R., et al. Right ventricular dysfunction and short-term outcomes following left-sided valvular surgery: an echocardiographic study. *J. Am. Heart Assoc.* 2021;10(4):e016283. DOI: [10.1161/JAHA.120.016283](#)
11. Шипулин В.М., Прякин А.С., Андреев С.Л. и др. Современные клинико-фундаментальные аспекты в диагностике и лечении пациентов с ишемической кардиомиопатией (обзор). *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины.* 2021;36(1):20–29. DOI: [10.29001/2073-8552-2021-36-1-20-29](#) EDN: [NJRDHP](#)
- Shipulin V.M., Pryakhin A.S., Andreev S.L., et al. Modern clinical and fundamental aspects in the diagnosis and treatment of patients with ischemic cardiomyopathy (Review). *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine.* 2021;36(1):20–29. (In Russ.) DOI: [10.29001/2073-8552-2021-36-1-20-29](#) EDN: [NJRDHP](#)
12. Rad A.A., Tserioti E., Magoulidis D.E., et al. Assessment of myocardial viability in ischemic cardiomyopathy with reduced left ventricular function undergoing coronary artery bypass grafting. Meta-analysis. *Clin. Cardiol.* 2024;47(7):e24307. DOI: [10.1002/cic.24307](#)
13. O'Driscoll J.M., Hawkes W., Beqiri A., et al. Left ventricular assessment with artificial intelligence increases the diagnostic accuracy of stress echocardiography. *Eur. Heart J. Open.* 2022;2(5):oeac059. DOI: [10.1093/ehjopen/oeac059](#)
14. Ballo H., Doghman F., Hartikainen J., et al. Speckle-tracking echocardiography for predicting improvement of myocardial contractile function after revascularization: a meta-analysis of prospective trials. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* 2023;39(3):541–553. DOI: [10.1007/s10554-022-02753-z](#)
15. Picano E., Pierard L., Peteiro J., et al. The clinical use of stress echocardiography in chronic coronary syndromes and beyond coronary artery disease: a clinical consensus statement from the European Association of Cardiovascular Imaging of the ESC. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2024;25(2):e65–e90. DOI: [10.1093/ehjci/ead250](#)
16. Pellikka P.A., Arruda-Olson A., Chaudhry F.A., et al. Guidelines for performance, interpretation, and application of stress echocardiography in ischemic heart disease: from the American Society of Echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2020;33(1):1–41.e8. DOI: [10.1016/j.echo.2019.07.001](#)

17. Lancellotti P., Pellikka P.P., Budts W., et al. The clinical use of stress echocardiography in non-ischaemic heart disease: recommendations from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2016;17(11):1191–1229. DOI: [10.1093/ehjci/jew190](https://doi.org/10.1093/ehjci/jew190)
18. Mukherjee M., Rudski L.G., Addetia K., et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults and special considerations in pulmonary hypertension: recommendations from the American Society of Echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2015;38(3):141–186. DOI: [10.1016/j.echo.2025.01.006](https://doi.org/10.1016/j.echo.2025.01.006)
19. Panza J.A., Chirzowski L., Bonow R.O. Myocardial viability assessment before surgical revascularization in ischemic cardiomyopathy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2021;78(10):1068–1077. DOI: [10.1016/j.jacc.2021.07.004](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.07.004)
20. Garatti A., Castelvich S., Di Mauro M., et al. Impact of right ventricular dysfunction on the outcome of heart failure patients undergoing surgical ventricular reconstruction. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2015;47(2):333–340. DOI: [10.1093/ejcts/ezu152](https://doi.org/10.1093/ejcts/ezu152)

Информация о вкладе авторов

Шипулин В.М. – концепция исследования, выполнял хирургические вмешательства; Рябова Т.Р. – выполняла стресс-эхокардиографию, формировала базу данных, осуществляла анализ и интерпретацию данных и статистическую обработку результатов, написала исходную версию рукописи; Абраменко Е.Е. – выполняла фрагменты статистической обработки результатов и участвовала в доработке исходной рукописи; Соколов А.А. – доработка и пересмотр рукописи; Андреев С.Л. – сбор клинических данных, отдаленных исходов, выполнял хирургические вмешательства; Шипулин В.В. – участвовал в формировании и ведении базы данных; Завадовский К.В. – доработка и критический пересмотр рукописи.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об авторах

Рябова Тамара Ростиславовна, канд. мед. наук, старший научный сотрудник, лаборатория ультразвуковых и функциональных методов исследования, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, e-mail: rtr@cardio-tomsk.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8573-5695>.

Абраменко Елена Евгеньевна, канд. мед. наук, научный сотрудник, отделение неотложной кардиологии, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, e-mail: eae@cardio-tomsk.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3763-945X>.

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

Андреев Сергей Леонидович, канд. мед. наук, старший научный сотрудник, отделение сердечно-сосудистой хирургии, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, e-mail: anselen@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4049-8715>.

Шипулин Владимир Митрофанович, д-р мед. наук, профессор, главный научный сотрудник, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, e-mail: shipulin@cardio-tomsk.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1956-0692>.

Шипулин Владимир Владимирович, канд. мед. наук, научный сотрудник, лаборатория радионуклидных методов исследования, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, e-mail: shipartphoto@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9887-8214>.

Завадовский Константин Валерьевич, д-р мед. наук, заведующий отделом лучевой диагностики, НИИ кардиологии Томского НИМЦ, Томск, Россия, e-mail: konstz@cardio-tomsk.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1513-8614>.

Поступила 13.04.2026;
рецензия получена 27.07.2026;
принята к публикации 02.09.2026.

Information on author contributions

Shipulin V.M. – study concept; surgical interventions; Ryabova T.R. – stress echocardiography; database; data analysis and interpretation, and statistical processing of the results; initial version of the manuscript; Abramenko E.E. – parts of the statistical processing of the results; revision of the initial manuscript; Sokolov A.A. – revision of the manuscript; Andreev S.L. – clinical data and long term outcomes; surgical interventions; Shipulin V.V. – database creation and maintenance; Zavadovsky K.V. – critical revision of the manuscript.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Information about the authors

Tamara R. Ryabova, Cand. Sci. (Med.), Senior Research Scientist, Department of Functional Diagnostics and Ultrasound, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia, e-mail: rtr@cardio-tomsk.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8573-5695>.

Elena E. Abramenko, Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Department of Emergency Cardiology, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia, e-mail: eae@cardio-tomsk.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3763-945X>.

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

Sergei L. Andreev, Cand. Sci. (Med.), Senior Research Scientist, Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia, e-mail: anselen@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4049-8715>.

Vladimir M. Shipulin, Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Research Scientist, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia, e-mail: shipulin@cardio-tomsk.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1956-0692>.

Vladimir V. Shipulin, Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Department of Nuclear Medicine, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia, e-mail: shipartphoto@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9887-8214>.

Konstantin V. Zavadovsky, Dr. Sci. (Med.), Head of Department of Radiation Diagnostics, Cardiology Research Institute, Tomsk NRMC, Tomsk, Russia. e-mail: konstz@cardio-tomsk.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1513-8614>.

Received 13.04.2026;
review received 27.07.2026;
accepted for publication 02.09.2026.