

Влияние локализации коронарного стеноза на глобальные показатели деформации миокарда левого желудочка у пациентов с умеренной предтестовой вероятностью ишемической болезни сердца

Мазур В. В., Николаева Т. О., Мазур Е. С., Орлов Ю. А.

Цель. Изучить влияние локализации гемодинамически значимого коронарного стеноза на глобальные показатели деформации миокарда левого желудочка у пациентов с умеренной предтестовой вероятностью (ПТВ) ишемической болезни сердца (ИБС).

Материал и методы. В исследование включены 79 пациентов с умеренной ПТВ ИБС (медиана возраста 62,0 года, мужчин 52), которым были выполнены стресс-эхокардиографическое исследование и в течение 2 мес. после этого — инвазивная коронарная ангиография. После стресс-эхокардиографии методом спекл-трекинг эхокардиографии определялись значения глобального продольного стрейна (ГПС) и глобального постсистолического индекса (ГПСИ). Гемодинамически значимые коронарные стенозы были выявлены у 53 пациентов, в т.ч. стеноз передней межжелудочковой ветви (ПМЖВ) — у 23 пациентов, огибающей ветви (ОВ) — у 16, правой коронарной артерии (ПКА) — у 14.

Результаты. У больных с коронарным стенозом медианные значения ГПС были ниже, чем у пациентов без стеноза в условиях покоя (18,8 vs 21,9%, $p=0,0003$) и после физической нагрузки (20,3 vs 24,3%, $p=0,0001$). Медианные значения ГПСИ при наличии стеноза были выше, чем при его отсутствии (в покое 2,94 vs 1,62%, $p=0,0091$, после нагрузки — 7,88 vs 1,35%, $p<0,0001$). Значения ГПС в покое при стенозе ПМЖВ, ОВ и ПКА равнялись 18,4%, 18,5% и 20,0% ($p=0,0008$), после нагрузки — 16,9%, 21,1% и 24,3% ($p<0,0001$). Соответствующие значения ГПСИ в покое равнялись 2,88%, 5,18% и 2,77% ($p=0,0126$), после нагрузки — 8,24%, 7,85% и 4,59% ($p<0,0001$). При стенозе ПКА значения ГПС в покое и после нагрузки и значения ГПСИ в покое статистически значимо не отличались от показателей пациентов без коронарного стеноза.

Заключение. У пациентов с умеренной ПТВ ИБС глобальные показатели деформации миокарда левого желудочка зависят не только от наличия гемодинамически значимого коронарного стеноза, но и от его локализации. Наиболее выраженное снижение ГПС и возрастание ГПСИ отмечается при стенозе ПМЖВ, наименее выраженное — при стенозе ПКА.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца, умеренная предтестовая вероятность, стресс-эхокардиография, спекл-трекинг эхокардиография, глобальный продольный стрейн, глобальный постсистолический индекс.

Отношения и деятельность: нет.

ФГБОУ ВО Тверской государственный медицинский университет Минздрава России, Тверь, Россия.

Мазур В. В. * — д.м.н., профессор кафедры госпитальной терапии и профессиональных болезней, ORCID: 0000-0003-4818-434X, Николаева Т. О. — к.м.н., доцент, зав. кафедрой пропедевтики внутренних болезней, ORCID: 0000-0002-1103-5001, Мазур Е. С. — д.м.н., профессор, зав. кафедрой госпитальной терапии и профессиональных болезней, ORCID: 0000-0002-8879-3791, Орлов Ю. А. — к.м.н., доцент кафедры госпитальной терапии и профессиональных болезней, ORCID: 0000-0001-9114-0436.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author): vera.v.mazur@gmail.com

АГ — артериальная гипертензия, ГПС — глобальный продольный стрейн, ГПСИ — глобальный постсистолический индекс, ДИ — доверительный интервал, ИБС — ишемическая болезнь сердца, КАГ — коронарная ангиография, ЛЖ — левый желудочек, ОВ — огибающая ветвь, ПКА — правая коронарная артерия, ПМЖВ — передняя межжелудочковая ветвь, п.п. — процентный пункт, ПТВ — предтестовая вероятность, СД — сахарный диабет, стресс-ЭхоКГ — стресс-эхокардиография, ЭхоКГ — эхокардиография, AUC — площадь под кривой ошибок.

Рукопись получена 23.02.2026

Рецензия получена 13.03.2026

Принята к публикации 28.06.2026



Для цитирования: Мазур В. В., Николаева Т. О., Мазур Е. С., Орлов Ю. А. Влияние локализации коронарного стеноза на глобальные показатели деформации миокарда левого желудочка у пациентов с умеренной предтестовой вероятностью ишемической болезни сердца. *Российский кардиологический журнал*. 2026;31(7):6859. doi: 10.15829/1560-4071-2026-6859. EDN: RYONPX

Impact of coronary stenosis location on global left ventricular myocardial strain in patients with moderate pretest probability of coronary artery disease

Mazur V. V., Nikolaeva T. O., Mazur E. S., Orlov Yu. A.

Aim. To study the impact of hemodynamically significant coronary stenosis location on global left ventricular myocardial strain in patients with moderate pretest probability (PTP) of coronary artery disease (CAD).

Material and methods. The study included 79 patients with moderate PTP of CAD (median age, 62,0 years; men, 52) who underwent stress echocardiography followed by invasive coronary angiography within 2 months. After stress echocardiography, global longitudinal strain (GLS) and global post-systolic index (GPSI) were determined using speckle-tracking echocardiography. Hemodynamically significant coronary stenoses were detected in 53 patients, including stenosis of the left anterior descending (LAD) artery in 23 patients, left circumflex (LCx) artery in 16 patients, and right coronary artery (RCA) in 14 patients.

Results. In patients with coronary stenosis, median GLS values were lower than in patients without stenosis at rest (18,8 vs 21,9%, $p=0,0003$) and after exercise

(20,3 vs 24,3%, $p=0,0001$). Median GPSI values were higher in stenosis than without it (at rest 2,94 vs 1,62%, $p=0,0091$, after exercise 7,88 vs 1,35%, $p<0,0001$). The resting GLS values for LAD, LCx, and RCA stenosis were 18,4%, 18,5%, and 20,0% ($p=0,0008$), while after exercise they were 16,9%, 21,1%, and 24,3% ($p<0,0001$), respectively. The corresponding resting GPSI values were 2,88%, 5,18%, and 2,77% ($p=0,0126$), while after exercise they were 8,24%, 7,85%, and 4,59% ($p<0,0001$), respectively. In RCA stenosis, the resting and post-exercise GLS values and the resting GPSI value did not differ significantly from those in patients without coronary stenosis.

Conclusion. In patients with moderate pretest probability (PTP) of CAD, global left ventricular myocardial strain depends not only on the presence of hemodynamically significant coronary stenosis but also on its location. The most pronounced decrease in GLS and increase in GPSI are observed with LAD stenosis, while the least pronounced increase is observed with RCA stenosis.

Keywords: coronary artery disease, moderate pretest probability, stress echocardiography, speckle-tracking echocardiography, global longitudinal strain, global postsystolic index.

Relationships and Activities: none.

Tver State Medical University, Tver, Russia.

Mazur V.V.* ORCID: 0000-0003-4818-434X, Nikolaeva T.O. ORCID: 0000-0002-1103-5001, Mazur E.S. ORCID: 0000-0002-8879-3791, Orlov Yu.A. ORCID: 0000-0001-9114-0436.

*Corresponding author:
vera.v.mazur@gmail.com

Received: 23.02.2026 **Revision Received:** 13.03.2026 **Accepted:** 28.06.2026

For citation: Mazur V.V., Nikolaeva T.O., Mazur E.S., Orlov Yu.A. Impact of coronary stenosis location on global left ventricular myocardial strain in patients with moderate pretest probability of coronary artery disease. *Russian Journal of Cardiology*. 2026;31(7):6859. doi: 10.15829/1560-4071-2026-6859. EDN: RYOHFX

Ключевые моменты

Что уже известно о предмете исследования?

- Значения глобального продольного стрейна и глобального постсистолического индекса левого желудочка у пациентов с коронарными стенозами и без таковых существенно различаются.

Что нового?

- На показатели глобальной деформации миокарда левого желудочка влияет не только наличие гемодинамически значимого коронарного стеноза, но и его локализация.

Возможный вклад в клиническую практику

- При проведении стресс-эхокардиографии в качестве дополнительной опции целесообразно использовать определение глобального постсистолического индекса левого желудочка, поскольку диагностические возможности этого показателя выше возможностей глобального продольного стрейна, и мало зависят от локализации стеноза.

Key messages

What is already known about the subject?

- The values of left ventricular global longitudinal strain and global postsystolic index differ significantly in patients with and without coronary stenosis.

What might this study add?

- Global left ventricular myocardial strain values are influenced not only by the presence of hemodynamically significant coronary stenosis but also by its location.

How might this impact on clinical practice?

- When performing stress echocardiography, left ventricular global postsystolic index should be used as an additional option, as its diagnostic potential of this indicator are superior to those of the global longitudinal strain and are little dependent on stenosis location.

Согласно действующим клиническим рекомендациям [1], пациентам с умеренной предтестовой вероятностью (ПТВ) ишемической болезни сердца (ИБС) рекомендуется проведение дополнительных специфических неинвазивных визуализирующих тестов, из которых наиболее доступным является эхокардиографическое исследование (ЭхоКГ) с физической нагрузкой (стресс-ЭхоКГ). Недостатком этого метода является субъективизм оценки изменений сократительной способности различных сегментов миокарда левого желудочка (ЛЖ) после физической нагрузки [2, 3]. Объективную оценку сократительной способности миокарда дают показатели его деформации, в частности, глобальный продольный стрейн (ГПС) и глобальный постсистолический индекс (ГПСИ), определяемые с помощью метода спекл-трекинг ЭхоКГ [4-6].

Судя по представленным в литературе данным, значения глобальных показателей деформации миокарда ЛЖ у пациентов с коронарными стенозами и без таковых существенно различаются, что позволяет использовать эти показатели для оценки

вероятности выявления при коронарной ангиографии (КАГ) гемодинамически значимого коронарного атеросклероза у пациентов с умеренной ПТВ ИБС [7-10]. Однако диагностические возможности глобальных показателей деформации в отношении гемодинамически значимых коронарных стенозов оказались не очень высокими [11], что может быть связано с влиянием на деформацию миокарда целого ряда факторов, не связанных с нарушением его кровоснабжения, например, с наличием у пациента сопутствующих заболеваний или факторов сердечно-сосудистого риска [12].

По некоторым данным, на показатели деформации ЛЖ влияет не только наличие гемодинамически значимого коронарного стеноза, но и его локализация [13-15]. Однако этот вопрос остается открытым и заслуживающим дальнейшего изучения, поскольку наличие такого влияния может существенно повлиять на диагностическую ценность результатов спекл-трекинг ЭхоКГ.

Цель работы — изучить влияние локализации гемодинамически значимого коронарного стеноза на глобальные показатели деформации миокарда ЛЖ у пациентов с умеренной ПТВ ИБС.

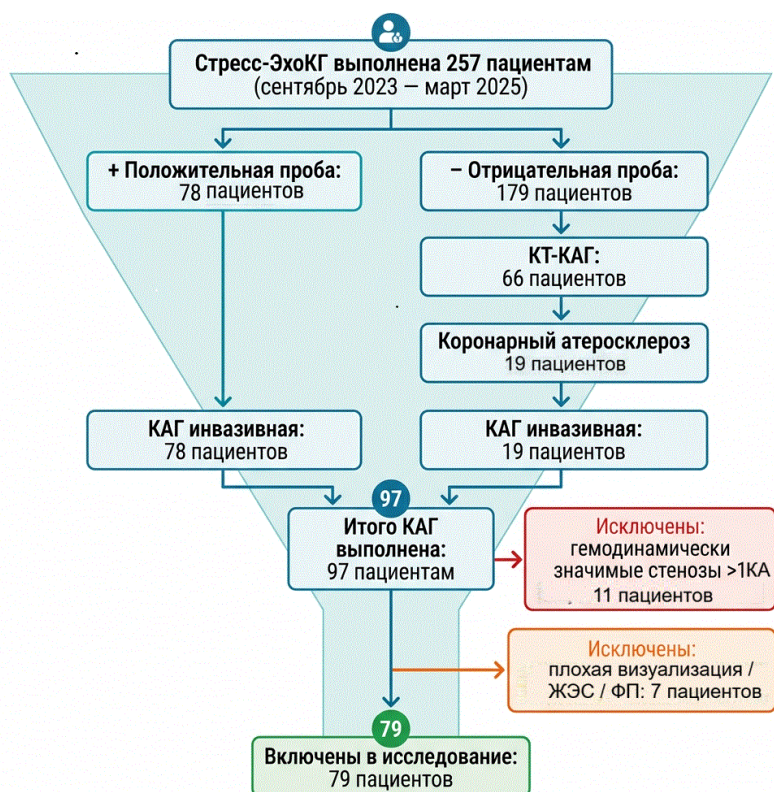


Рис. 1. Блок-схема набора пациентов в исследование.

Сокращения: ЖЭС — желудочковая экстрасистолия, КА — коронарная артерия, КАГ — коронароангиография, КТ-КАГ — неинвазивная ангиография, стресс-ЭхоКГ — стресс-эхокардиография, ФП — фибрилляция предсердий.

Материал и методы

Одномоментное одноцентровое исследование было одобрено Этическим комитетом и было выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской Декларации. Все включенные в исследование пациенты дали письменное информированное согласие на использование результатов их обследования в научных целях.

В исследование включались пациенты с умеренной ПТВ обструктивной ИБС, соответствующей 33 [25; 41]% (межквартильные интервалы — Ме [Q1; Q3]), которым были выполнены стресс-ЭхоКГ и не позже, чем через 3 мес. после этого — инвазивная КАГ. Включение пациентов в исследование проводилось с сентября 2023 по март 2025 г. За это время стресс-ЭхоКГ была выполнена 257 пациентам, удовлетворяющим критерию включения. У 78 (30,4%) пациентов проба оказалась положительной. Всем пациентам с положительным результатом нагрузочной пробы была выполнена КАГ, после чего эти пациенты были включены в настоящее исследование. Кроме того, в исследование вошли 19 пациентов с отрицательным результатом нагрузочной пробы, которым были выполнены неинвазивная компьютерная ангиография,

а после нее — инвазивная КАГ. Пациенты, у которых были выявлены гемодинамически значимые стенозы более чем в одном сосудистом регионе исключались из исследования (11 пациентов), у остальных — проводился дополнительный анализ файлов, записанных в режиме спекл-трекинг ЭхоКГ до и после стресс-ЭхоКГ, с целью определения показателей продольной деформации и постсистолического сокращения миокарда ЛЖ. У 7 пациентов такой анализ выполнить не удалось из-за неприемлемого качества визуализации, частой желудочковой экстрасистолии или фибрилляции предсердий, и они были исключены из исследования. В результате в исследование вошли 79 пациентов (рис. 1).

Учитывались пол и возраст пациентов, наличие сопутствующих артериальной гипертензии (АГ), сахарного диабета (СД) и ожирения, а также атеросклероза брахиоцефальных и/или периферических артерий по данным ультразвукового сканирования сосудов.

Стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой на велоэргометре проводилась в соответствии с действующими нормативными документами [16] на ультразвуковой системе Vivid S70 (GE, США), критерием положительного результата стресс-ЭхоКГ было появление нарушений локальной сократимости миокарда ЛЖ.

Таблица 1

Характеристики обследованных пациентов

Показатель	Все больные (n=79)	Стеноза нет (n=26)	Стеноз есть (n=53)	p
Мужчины, n (%)	52 (65,8%)	14 (53,8%)	38 (71,7%)	0,1183
Возраст, лет	62,0 [57,0; 66,0]	59,0 [56,0; 68,0]	63,0 [57,0; 66,0]	0,4905
АГ, n (%)	66 (83,5%)	18 (69,2%)	48 (90,6%)	0,0241
СД, n (%)	19 (24,1%)	2 (7,7%)	17 (32,1%)	0,0236
Ожирение, n (%)	22 (27,8%)	6 (23,1%)	16 (30,2%)	0,5103
ПТВ ИБС, %	33 [25; 41]	28 [23; 34]	36 [27; 42]	0,017
Некоронарный атеросклероз, n (%)	41 (51,9%)	10 (38,5%)	31 (58,5%)	0,0962
Положительный результат стресс-ЭхоКГ, n (%)	60 (75,9%)	10 (38,5%)	50 (94,3%)	<0,0001
ГПС в покое, %	19,4 [16,8; 21,8]	21,9 [19,3; 22,8]	18,8 [16,1; 20,6]	0,0003
ГПС после нагрузки, %	22,4 [17,4; 24,8]	24,3 [22,3; 27,6]	20,3 [14,6; 24,1]	0,0001
ГПСИ в покое, %	2,59 [1,07; 4,26]	1,62 [1,00; 2,76]	2,94 [1,69; 5,84]	0,0091
ГПСИ после нагрузки, %	4,82 [1,61; 8,76]	1,35 [0,35; 2,76]	7,88 [4,69; 10,5]	<0,0001

Примечание: данные представлены в виде медианы и межквартильного интервала — Me [Q1; Q3] или абсолютного и относительно числа носителей признака — n (%).

Сокращения: АГ — артериальная гипертензия, ГПС — глобальный продольный стрейн, ГПСИ — глобальный постсистолический индекс, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ПТВ — предстесовая вероятность, СД — сахарный диабет, ЭхоКГ — эхокардиография.

До начала и не позже 2 мин после завершения нагрузки выполнялось ЭхоКГ-исследование с частотой смены кадров не менее 60 в секунду и записью на жесткий диск системы для последующего анализа. Продольную деформацию миокарда измеряли в апикальных двухкамерной, четырехкамерной позициях и апикальной позиции по длинной оси ЛЖ путем отслеживания эндокардиальной границы ЛЖ в конце систолы. Наряду со стандартным протоколом оценки показателей продольной деформации в 17 сегментах ЛЖ проводили оценку сегментарного постсистолического индекса, т.е. процентного отношения разности пикового постсистолического стрейна и максимального систолического стрейна к пиковому постсистолическому стрейну. На основании полученных данных автоматически рассчитывались ГПС и ГПСИ, т.е. средние значения показателей для всех 17 сегментов ЛЖ.

Инвазивная КАГ проводилась на ангиографической системе Philips Allura Xper не позже, чем через 3 мес. после выполнения стресс-ЭхоКГ. При анализе результатов КАГ учитывалось сужение артерий по площади, стеноз считали анатомически значимым при сужении $\geq 70\%$ (обструктивное поражение). Гемодинамически значимый коронарный атеросклероз при КАГ был выявлен у 53 из 79 включенных в исследование пациентов: у 23 (43,4%) — стеноз передней межжелудочковой ветви (ПМЖВ) левой коронарной артерии, у 16 (30,2%) — огибающей ветви (ОВ) левой коронарной артерии и у 14 (26,4%) — правой коронарной артерии (ПКА).

Статистический анализ проводился с помощью программы MedCalc® Statistical Software version 20.106 (MedCalc Software Ltd, Ostend, Belgium). Для количественных переменных определялись медианы и меж-

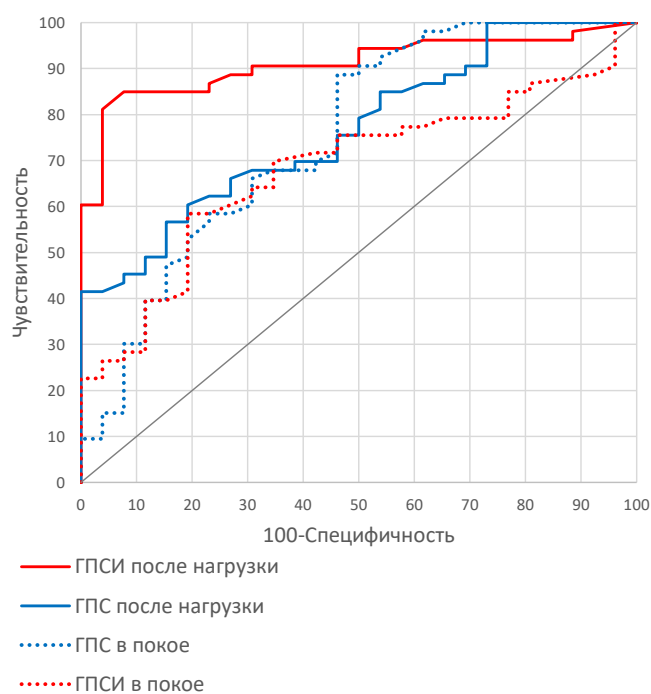


Рис. 2. ROC-кривые показателей деформации миокарда как предикторов выявления гемодинамически значимого коронарного стеноза.

Сокращения: ГПС — глобальный продольный стрейн, ГПСИ — глобальный постсистолический индекс.

квартильные интервалы, для качественных — абсолютное число и доля их носителей, выраженная в процентах. Межгрупповые различия оценивались по критериям Манна-Уитни и хи-квадрат. Оценка влияния локализации стеноза на показатели деформации миокарда проводилась с помощью критерия Крускала-Уоллиса. Межгрупповые различия в этом случае оценивались по критерию Манна-Уитни с внесением по-

Таблица 2

Показатели деформации миокарда ЛЖ в покое и после нагрузки при различной локализации коронарного стеноза

Показатель	0. Нет стеноза (n=26)	1. Стеноз ПМЖВ (n=23)	2. Стеноз ОВ (n=16)	3. Стеноз ПКА (n=14)	p
ГПС до нагрузки, %	21,9 ^{1,2} [19,3; 22,8]	18,4 ⁰ [15,9; 20,8]	18,5 ^{0,3} [15,5; 18,9]	20,0 ² [18,5; 20,9]	0,0008
ГПС после нагрузки, %	24,3 ^{1,2} [22,3; 27,6]	16,9 ^{0,3} [12,8; 21,7]	21,1 ⁰ [15,5; 24,0]	24,3 ¹ [19,5; 25,1]	<0,0001
ГПСИ до нагрузки, %	1,62 ² [1,00; 2,77]	2,88 [1,16; 4,28]	5,18 ⁰ [2,44; 7,29]	2,77 [0,94; 3,35]	0,0126
ГПСИ после нагрузки, %	1,35 ^{1,2,3} [0,35; 2,77]	8,24 ^{0,3} [7,29; 14,3]	7,85 ^{0,3} [4,67; 11,6]	4,59 ^{0,1,2} [2,76; 7,59]	<0,0001

Примечание: данные представлены в виде медианы и межквартильного интервала — Ме [Q1; Q3]. Верхним индексом отмечены значения, статистически значимо ($p < 0,05$) отличающиеся от значений в группах больных⁰ — без стеноза, ¹ — со стенозом ПМЖВ, ² — со стенозом ОВ, ³ — со стенозом ПКА.

Сокращения: ГПС — глобальный продольный стрейн, ГПСИ — глобальный постсистолический индекс, ОВ — огибающая ветвь левой коронарной артерии, ПКА — правая коронарная артерия, ПМЖВ — передняя межжелудочковая ветвь левой коронарной артерии.

правки Бонферрони на множественность сравнений. Для изучения взаимосвязи между значениями деформации ГПС и наличием коронарного стеноза проводился ROC-анализ. Определялась площадь под кривой ошибок (AUC) и ее 95% доверительный интервал (ДИ). Статистическая значимость различий AUC оценивалась по методу DeLong, et al. (1988). Результаты признавались статистически значимыми при вероятности нулевой гипотезы $< 5\%$ ($p < 0,05$).

Результаты

Средний возраст включенных в исследование пациентов был близок к 60 годам, среди них преобладали мужчины, у подавляющего большинства пациентов отмечалась АГ, у половины — атеросклероз брахиоцефальных или периферических артерий, у каждого пятого — СД и/или ожирение (табл. 1).

Пациенты с гемодинамически значимым коронарным стенозом и без такового были сопоставимы по возрасту, половому составу, распространенности ожирения и некоронарного атеросклероза. Однако такие факторы риска ИБС, как АГ и СД, а, соответственно, и ПТВ ИБС, у больных с коронарным стенозом встречались значительно чаще, чем у пациентов альтернативной группы. Результат стресс-ЭхоКГ был положительным у подавляющего большинства больных с коронарным стенозом и у части пациентов без поражения коронарных артерий.

Как до физической нагрузки, так и после нее ГПС у больных с коронарным стенозом в среднем был ниже, а ГПСИ — выше, чем у пациентов без гемодинамически значимого поражения коронарных артерий. Причем после нагрузки эти различия стали более выраженными, чем в состоянии покоя. Так, до нагрузки разность средних величин ГПС у пациентов с коронарным стенозом и без такового составляла 3,1 процентных пункта (п.п.), а после нагрузки — 4,0 п.п. Разность средних значений ГПСИ равнялась соответственно 1,32 и 6,53 п.п. Таким образом, физиче-

ская нагрузка увеличивает межгрупповые различия по ГПС и ГПСИ, что позволяет ожидать возрастания дискриминирующую способность этих показателей в отношении гемодинамически значимого коронарного стеноза.

Действительно, после физической АUC для ГПСИ возросла на 0,229 (0,105–0,353) единицы, однако прогностические возможности ГПС после физической нагрузки остались практически такими же, как и в покое (рис. 2).

Из 53 пациентов с гемодинамически значимым коронарным стенозом у 23 (43,4%) был выявлен стеноз ПМЖВ, у 16 (30,2%) — стеноз ОВ, у 14 (26,4%) — стеноз ПКА. Как следует из представленных в таблице 2 данных, глобальные показатели деформации миокарда ЛЖ у пациентов с различной локализацией стеноза существенно различались между собой и не всегда отличались от показателей пациентов без коронарного стеноза. Так, у больных со стенозом ПКА средние значения ГПС ни в покое, ни после физической нагрузки не отличались от показателей пациентов без коронарных стенозов. Значения ГПСИ в покое при стенозе ПМЖВ и ПКА также не отличались от показателей пациентов без стеноза. Однако значения ГПСИ после нагрузки при любой локализации стеноза были статистически значимо выше, чем у пациентов без поражения коронарных артерий.

Существенно различалась и диагностические возможности рассматриваемых показателей в отношении стенозов разной локализации (рис. 3 и табл. 3). Наиболее высокие диагностические возможности ГПС и ГПСИ в условиях физического покоя продемонстрировали в отношении стеноза ОВ, а после физической нагрузки — в отношении стеноза ПМЖВ. Для всех показателей наименьшими оказались диагностические возможности в отношении стеноза ПКА, причем связь значений ГПС после физической нагрузки и ГПСИ в покое с наличием коронарного стеноза ПКА оказалась статистически незначимой

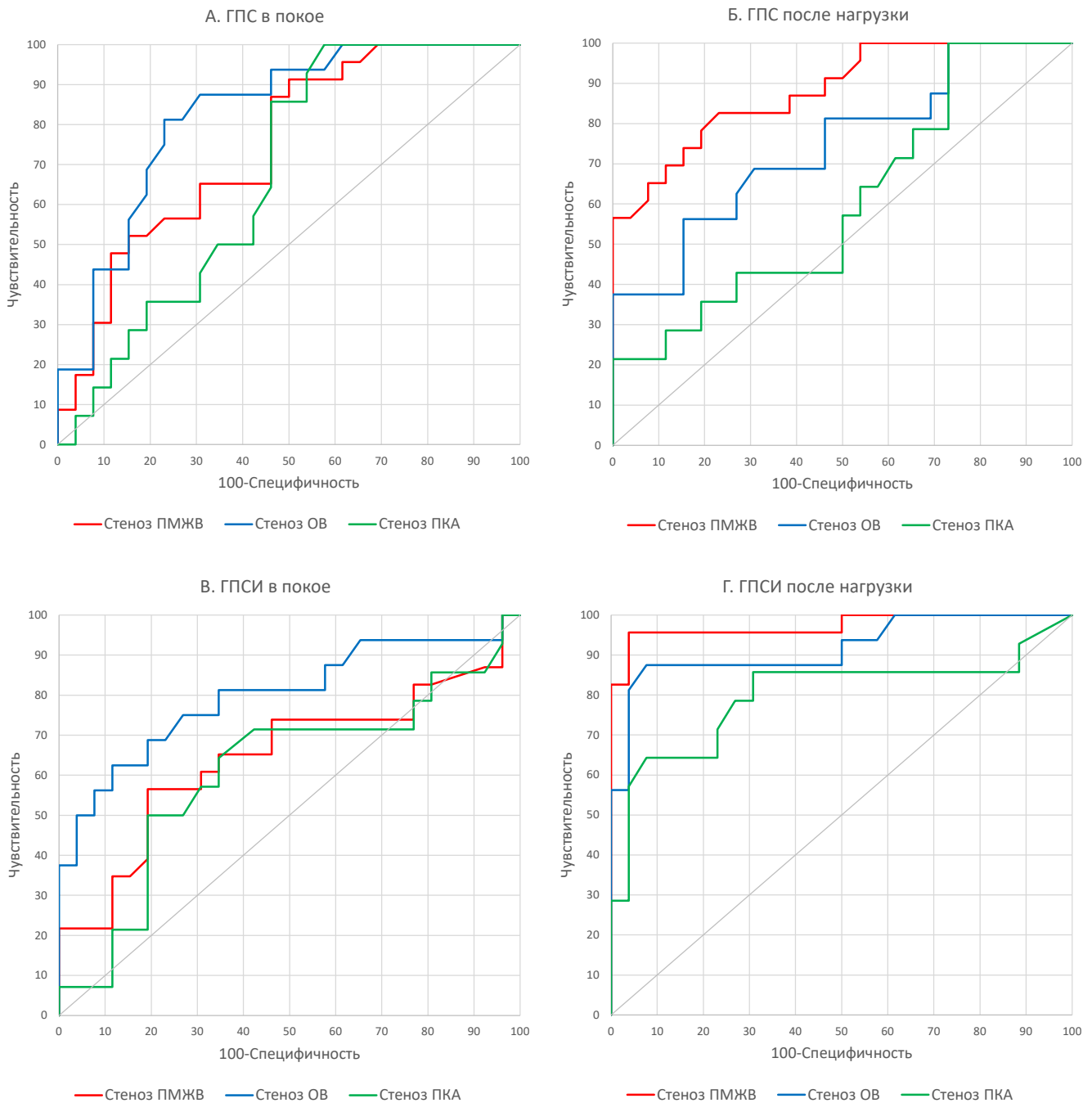


Рис. 3. ROC-кривые показателей деформации миокарда в покое и после физической нагрузки как предикторов выявления гемодинамически значимых коронарных стенозов различной локализации.

Сокращения: ГПС — глобальный продольный стрейн, ГПСИ — глобальный постсистолический индекс, ОБ — огибающая ветвь левой коронарной артерии, ПКА — правая коронарная артерия, ПМЖВ — передняя межжелудочковая ветвь левой коронарной артерии.

($p=0,2855$ и $p=0,2964$). Незначимой оказалась и связь ГПСИ в покое с наличием стеноза ПМЖВ ($p=0,0828$).

Статистически значимую связь с наличием стеноза любой локализации продемонстрировали ГПС в покое и ГПСИ после физической нагрузки, причем диагностические возможности ГПСИ при любой локализации стеноза были выше, чем у ГПС. Площадь под кривой ошибок для ГПСИ при нагрузке была

больше, чем для ГПС в покое на $0,227$ ($0,0800-0,375$; $p=0,0025$) при стенозе ПМЖВ, на $0,0913$ ($-0,0732-0,256$; $p=0,2765$) при стенозе ОБ и на $0,124$ ($-0,125-0,372$; $p=0,3289$) при стенозе ПКА.

Обсуждение

Настоящее исследование показало, что значения ГПС и ГПСИ у пациентов с умеренной ПТВ

Таблица 3

**Площадь под кривыми ошибок показателей деформации миокарда ЛЖ в покое
и после нагрузки при различной локализации коронарного стеноза**

Показатель	Стеноз			
	0. Любой	1. ПМЖВ	2. ОВ	3. ПКА
ГПС в покое	0,751 (0,641-0,842)	0,746 (0,601-0,859)	0,827 (0,679-0,926)	0,674 (0,508-0,814)
ГПС после нагрузки	0,767 (0,658-0,855)	0,882 ³ (0,758-0,957)	0,744 (0,586-0,866)	0,603 ¹ (0,436-0,754)
ГПСИ в покое	0,681 (0,567-0,782)	0,645 (0,496-0,777)	0,798 (0,646-0,906)	0,607 (0,440-0,758)
ГПСИ после нагрузки	0,910 (0,825-0,963)	0,973 (0,881-0,999)	0,918 (0,791-0,980)	0,798 (0,641-0,908)

Примечание: представлена площадь под кривой ошибок (AUC) и ее 95% доверительный интервал. Верхним индексом отмечены значения, статистически значимо ($p < 0,05$) отличающиеся от значений в группах больных¹ — со стенозом ПМЖВ, ³ — со стенозом ПКА.

Сокращения: ГПС — глобальный продольный стрейн, ГПСИ — глобальный постсистолический индекс, ОВ — огибающая ветвь левой коронарной артерии, ПКА — правая коронарная артерия, ПМЖВ — передняя межжелудочковая ветвь левой коронарной артерии.

ИБС как в покое, так и после физической нагрузки зависят не только от наличия гемодинамически значимого коронарного стеноза, но и от его локализации. Максимальные различия показателей глобальной деформации у пациентов со стенозом коронарных артерий и без такового были выявлены при стенозе ПМЖВ, минимальные — при стенозе ПКА. Вследствие этого диагностические возможности ГПС и ГПСИ в отношении стеноза ПМЖВ оказались существенно более высокими, чем в отношении стеноза ПКА.

Аналогичные результаты были получены и в других исследованиях [13-15]. Так, в исследовании Rumbinaite E, et al. [13], изучавших возможность использования ГПСИ для диагностики гемодинамически значимых коронарных стенозов у лиц с умеренной ПТВ ИБС. В исследование были включены 38 пациентов без поражения коронарных артерий и 45 больных с гемодинамически значимым коронарным стенозом. В условиях покоя средние значения ГПСИ в указанных группах составили $4,07 \pm 1,37$ и $4,59 \pm 3,04\%$ ($p=0,32$), а на фоне введения высоких доз добутина — $5,23 \pm 1,96$ vs $10,46 \pm 3,42\%$ ($p=0,02$). Статистически значимые различия ГПСИ на фоне введения добутина сохранялись при сравнении пациентов без стеноза и со стенозом ПМЖВ ($6,12 \pm 2,18$ vs $10,88 \pm 3,47\%$, $p=0,02$) и стенозом ПКА ($6,24 \pm 2,33$ vs $11,21 \pm 3,41\%$, $p=0,008$). Однако различия между пациентами без стеноза коронарных артерий и со стенозом ОВ оказались статистически незначимыми: $6,48 \pm 2,46$ и $8,12 \pm 3,32\%$ ($p=0,17$).

Таким образом, результаты рассмотренного исследования, с одной стороны, подтверждают полученные в настоящем исследовании данные о влиянии локализации коронарного стеноза на показатели деформации миокарда ЛЖ, а с другой стороны, явно им противоречат. Действительно, по данным настоящего исследования наиболее выраженные различия ГПСИ между пациентами со стенозом и без

такового отмечаются при стенозе ПМЖВ, а наименее выраженные и статистически незначимые — при стенозе ПКА. Напротив, по данным Rumbinaite E, et al. [13], такие различия наиболее выражены при стенозе ПКА, а наименее выражены при стенозе ОВ. Указанное противоречие свидетельствует о необходимости дальнейшего изучения связи между локализацией коронарного стеноза и показателями деформации миокарда ЛЖ. Заслуживает изучения и патогенетический механизм, лежащий в основе этой связи.

Связь ГПС при физической нагрузке с локализацией стеноза можно объяснить различиями в размерах зоны ишемии, возникающей при стенозах различной локализации. Как правило, нарушение кровотока по ПМЖВ ведет к появлению более обширной зоны ишемии, чем нарушение кровотока по ПКА [17]. Чем больше зона ишемии, тем большее число сегментов ЛЖ снижают свою сократительную активность, тем более выраженным оказывается снижение ГПС. Механизм появления (возрастания) постсистолического укорочения при ишемии миокарда окончательно не выяснен [18], однако вполне вероятно, что чем больше зона ишемии, тем более выраженное влияние возрастание постсистолического укорочения в этой зоне оказывает на ГПСИ.

Следует отметить, что влияние локализации стеноза на ГПСИ менее выражено, чем на ГПС. Представленные на рисунках 3 Б и 3 Г ROC-кривые наглядно свидетельствуют, что ГПС после физической нагрузки не способен выявить стеноз ПКА ($AUC=0,603$, $p=0,2855$), в то время как ГПСИ после нагрузки при такой локализации стеноза сохраняет вполне приемлемые диагностические возможности ($AUC=0,798$, $p=0,0009$). Причина выявленных различий остается не ясной, но их наличие объясняет более высокие диагностические возможности ГПСИ после физической нагрузки в отношении стеноза любой локализации ($AUC=0,910$ vs $0,767$, $p=0,0003$).

Судя по доступной литературе, прямых сравнений диагностических возможностей ГПС и ГПСИ ранее не проводилось, однако в работах Степановой А. И. и др. [19, 20] диагностические возможности этих показателей оценивались на примерно одинаковых контингентах обследуемых. Примерно одинаковыми оказались и результаты исследований: для ГПС после нагрузки на тредмиле $AUC=0,76$ (95% ДИ: 0,63-0,89; $p<0,001$), а для ГПСИ — 0,74 (95% ДИ: 0,63-0,85; $p<0,001$). Расхождение с результатами настоящего исследования можно объяснить двумя обстоятельствами. Во-первых, в исследования Степановой А. П. и др. включались пациенты как с предполагаемой, так и с диагностированной ИБС, в то время как в настоящее исследование включались только лица с умеренной ПТВ ИБС. Во-вторых, в этих исследованиях оценивались диагностические возможности показателей деформации миокарда в отношении выраженного коронарного атеросклероза (индекс Gensini ≥ 35 баллов), а не наличия гемодинамически значимого коронарного стеноза. Тем не менее расхождение оценок диагностических возможностей ГПС и ГПСИ по данным настоящего и упомянутых исследований указывает на необходимость дальнейшего изучения этого вопроса.

Имеет смысл остановиться на еще одном результате настоящего исследования, не имеющим прямого отношения к его цели, но достаточно важном с практической точки зрения. По данным настоящего исследования, диагностические возможности ГПСИ после нагрузки существенно выше, чем в покое (AUC для стеноза любой локализации 0,910 vs 0,681, $p=0,0001$), в то время как диагностические возможности ГПС после нагрузки и в покое примерно одинаковы ($AUC=0,767$ и 0,751, $p=0,7404$). Возрастание диагностических возможностей ГПСИ после физической нагрузки отмечено как в работе Rumbinaite E, et al. [9], так и в работе Степановой А. И. и др. [20]. По данным последнего из упомянутых исследований, физическая нагрузка приводит к возрастанию AUC с $0,57\pm 0,05$ до $0,74\pm 0,06$ ($p=0,0295$). В другой работе тех же авторов [19] показано, что диагностические возможности ГПС после физической нагрузки также возрастают ($AUC=0,63\pm 0,06$ vs $0,76\pm 0,06$, однако этот

прирост не достигает уровня статистической значимости ($p=0,1255$).

Таким образом, судя по результатам настоящего исследования, при проведении стресс-ЭхоКГ в качестве дополнительной опции целесообразно использовать определение ГПСИ, а не ГПС, поскольку, во-первых, диагностические возможности ГПСИ выше возможностей ГПС, и, во-вторых, значения ГПСИ в меньшей мере, чем значения ГПС, зависят от локализации стеноза.

Ограничения исследования. Включенные в исследование пациенты представляют собой смещенную выборку относительно генеральной совокупности пациентов с умеренной ПТВ ИБС, поскольку, во-первых, из исследования исключались пациенты с гемодинамически значимым стенозом двух или трех коронарных артерий, во-вторых, пациенты с отрицательным результатом стресс-ЭхоКГ попадали в исследование лишь в случае выявления при компьютерной КАГ показаний к проведению инвазивной КАГ.

Гемодинамическая значимость выявленных при КАГ стенозов оценивалась рентгенхирургом, но не была верифицирована с помощью определения фракционного резерва кровотока.

Заключение

У пациентов с умеренной ПТВ ИБС глобальные показатели деформации миокарда ЛЖ зависят не только от наличия гемодинамически значимого коронарного стеноза, но и от его локализации. Наиболее выраженное снижение ГПС и возрастание ГПСИ отмечается при стенозе ПМЖВ, наименее выраженное — при стенозе ПКА.

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

Декларация ИИ. Технологии генеративного ИИ не использовались в подготовке текста рукописи. На финальном этапе подготовки статьи для создания блок-схемы набора пациентов в исследование (рис. 1) в качестве вспомогательного инструмента использовалась нейросеть Gamma (<https://gamma.app/>).

Литература/References

1. Barbarash OL, Karpov YuA, Panov AV, et al. 2024 Clinical practice guidelines for Stable coronary artery disease. Russian Journal of Cardiology. 2024;29(9):6110. (In Russ.) Барбараш О.Л., Карпов Ю.А., Панов А.В. и др. Стабильная ишемическая болезнь сердца. Клинические рекомендации 2024. Российский кардиологический журнал. 2024;29(9):6110. doi:10.15829/1560-4071-2024-6110.
2. Nikolaeva TO, Mazur VV, Mazur ES. Possibilities and prospects of echocardiographic diagnostics of regional contractility disorders of the left ventricular myocardium in patients with chronic ischemic heart disease. Science and Innovations in Medicine. 2025;10(3):201-10. (In Russ.) Николаева Т.О., Мазур В.В., Мазур Е.С. Возможности и перспективы эхокардиографической диагностики нарушений локальной сократимости миокарда левого желудочка при хронической ишемической болезни сердца. Наука и инновации в медицине. 2025;10(3):201-10. doi:10.35693/SIM688475.
3. Abramenko EE, Ryabova TR, Yolglin II, Ryabov VV. Diagnostic value of exercise stress echocardiography on a horizontal cycle ergometer in patients with low-risk non-ST elevation acute coronary syndrome. Russian Journal of Cardiology. 2023;28(8):5409. (In Russ.) Абраменко Е.Е., Рябова Т.Р., Ёлгин И.И., Рябов В.В. Диагностическая значимость стресс-эхокардиографии с физической нагрузкой на горизонтальном велоэргометре у пациентов с острым коронарным синдромом без подъема сегмента ST низкого риска. Российский кардиологический журнал. 2023;28(8):5409. doi:10.15829/1560-4071-2023-5409.
4. Stepanova AI, Alekhin MN. Capabilities and limitation of speckle tracking stress echocardiography. Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine. 2019;34(1):10-7. (In Russ.) Степанова А.И., Алехин М.Н. Возможности и ограничения спекл-трекинг стресс-эхокардиографии. Сибирский медицинский журнал. 2019;34(1):10-7. doi:10.29001/2073-8552-2019-34-1-10-17.
5. Alekhin MN, Stepanova AI. Echocardiography in the Assessment of Postsystolic Shortening of the Left Ventricle Myocardium of the Heart. Kardiologiia. 2020;60(12):110-6. (In Russ.) Алехин М.Н., Степанова А.И. Эхокардиография в оценке постсистолического

- укорочения миокарда левого желудочка сердца. Кардиология. 2020;60(12):110-6. doi:10.18087/cardio.2020.12.n1087.
6. Oleynikov VE, Smirnov YuG, Galimskaya VA, et al. New capabilities in assessing the left ventricular contractility by two-dimensional speckle tracking echocardiography. Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine. 2020;35(3):79-85. (In Russ.) Олейников В.Э., Смирнов Ю.Г., Галимская В.А. и др. Новые возможности оценки сократимости левого желудочка методом двумерной speckle tracking эхокардиографии. Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. 2020;35(3):79-85. doi:10.29001/2073-8552-2020-35-3-79-85.
 7. Tyurina LG, Khamidova LT, Ryubalko NV, et al. Role of speckle-tracking echocardiography in diagnosis and further prognosis of coronary heart disease. Medical alphabet. 2023;(16):7-18. (In Russ.) Тюрина Л.Г., Хамидова Л.Т., Рыбалко Н.В. и др. Роль спекл-трекинг — эхокардиографии в современной диагностике и прогнозе при коронарной недостаточности. Медицинский алфавит. 2023;(16):7-18. doi:10.33667/2078-5631-2023-16-7-18.
 8. Zhuravleva OA, Ryabova TR, Vrublevsky AV, et al. Evaluation of left ventricular global longitudinal strain as an adjunct to standard and ABCDE stress echocardiography for risk stratification in ischemic heart disease. Kardiologiya. 2025;65(6):12-22. (In Russ.) Журавлева О.А., Рябова Т.Р., Врублевский А.В. и др. Оценка глобальной продольной деформации левого желудочка как дополнение к стандартной и расширенной стресс-эхокардиографии в стратификации риска при ишемической болезни сердца. Кардиология. 2025;65(6):12-22. doi:10.18087/cardio.2025.6.n2895.
 9. Kersten J, Jerg A, KirstenJ, et al. Applications of Speckle Tracking Echocardiography in Stress Echocardiography: A Systematic Review on Feasibility, Diagnostic, and Clinical Utility. Echocardiography. 2025;42: e70251. doi:10.1111/echo.70251.
 10. Antoniou N, Iliopoulou S, Raptis DG, et al. Global Longitudinal Strain in Stress Echocardiography: A Review of Its Diagnostic and Prognostic Role in Noninvasive Cardiac Assessment. Diagnostics. 2025;15:2076. doi:10.3390/diagnostics15162076.
 11. Norum IB, Ruddox V, Edvardsen T, Otterstad JE. Diagnostic accuracy of left ventricular longitudinal function by speckle tracking echocardiography to predict significant coronary artery stenosis. A systematic review. BMC Medical Imaging. 2015;15:25. doi:10.1186/s12880-015-0067-y.
 12. Mansour MJ, Al-Jaroudi W, Hamoui O, et al. Multimodality imaging for evaluation of chest pain using strain analysis at rest and peak exercise. Echocardiography. 2018;35(8):1157-63. doi:10.1111/echo.13885.
 13. Rumbinaite E, Karuzas A, Verikas D, et al. Detection of Functionally Significant Coronary Artery Disease: Role of Regional Post Systolic Shortening. J Cardiovasc Echogr. 2020;30(3):131-9. doi:10.4103/jcecho.jcecho_55_19.
 14. Ilardi F, Santoro C, Maréchal P, et al. Accuracy of Global and Regional Longitudinal Strain at Peak of Dobutamine Stress Echocardiography to Detect Significant Coronary Artery Disease. International Journal of Cardiovascular Imaging. 2021;37(4):1321-31. doi:10.1007/s10554-020-02121-y.
 15. Lin J, Gao L, He J, et al. Comparison of Myocardial Layer-Specific Strain and Global Myocardial Work Efficiency During Treadmill Exercise Stress in Detecting Significant Coronary Artery Disease. Frontiers in Cardiovascular Medicine. 2021;8:786943. doi:10.3389/fcvm.2021.786943.
 16. 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/jead250.
 17. Uusitalo V, Luotolahti M, Pietilä M, et al. Two-Dimensional Speckle-Tracking during Dobutamine Stress Echocardiography in the Detection of Myocardial Ischemia in Patients with Suspected Coronary Artery Disease. J Am Soc Echocardiogr. 2016;29(5):470-9. doi:10.1016/j.echo.2015.12.013.
 18. Brainin P. Myocardial Postsystolic Shortening and Early Systolic Lengthening: Current Status and Future Directions. Diagnostics. 2021;11:1428. doi:10.3390/diagnostics11081428.
 19. Stepanova AI, Radova NF, Alekhin MN. Speckle Tracking Stress Echocardiography on Treadmill in Assessment of the Functional Significance of the Degree of Coronary Artery Disease. Kardiologiya. 2021;61(3):4-11. (In Russ.) Степанова А.И., Радова Н.Ф., Алехин М.Н. Спекл-трекинг стресс-эхокардиография с использованием тредмил-теста в оценке функциональной значимости степени стеноза коронарных артерий. Кардиология. 2021;61(3):4-11. doi:10.18087/cardio.2021.3.n1462.
 20. Stepanova AI, Radova NF, Alekhin MN. Diagnostic value of postsystolic shortening of the left ventricular myocardium assessed during speckle tracking stress echocardiography on the treadmill in patients with coronary artery disease. Kardiologiya. 2022;62(1):57-64. (In Russ.) Степанова А.И., Радова Н.Ф., Алехин М.Н. Диагностическое значение постсистолического укорочения миокарда левого желудочка у пациентов с ишемической болезнью сердца при speckle-tracking стресс-эхокардиографии с использованием тредмил-теста. Кардиология. 2022;62(1):57-64. doi:10.18087/cardio.2022.1.n1724.

Адреса организаций авторов: ФГБОУ ВО Тверской государственный медицинский университет Минздрава России, ул. Советская, д. 4, Тверь, 170100, Россия.

Addresses of the authors' institutions: Tver State Medical University, Sovetskaya str., 4, Tver, 170100, Russia.

Паспорт доверия статьи

Параметр	Результат	Параметр	Результат
Раскрытие вклада каждого автора	Присутствует	Проверка литературных источников	Присутствует
Раскрытие конфликта интересов	Присутствует	Проверка на заимствования и генерацию	Присутствует
Предоставление декларации ИИ	Присутствует	Постпубликационный мониторинг	Присутствует