

## Article/Review

# Современная роль стресс-эхокардиографии в диагностике и лечении хронического коронарного синдрома: от физиологии к клинической тактике

Х.Г. Фозилов <sup>1</sup> , Ф.М. Бекметова <sup>2</sup> , Б.Б. Рузиев <sup>\*3</sup>, Ш.А. Оринбаев <sup>2</sup> 

- <sup>1</sup> доктор медицинских наук, директор Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра кардиологии, Ташкент, 100052, Узбекистан
- <sup>2</sup> Научно-исследовательская лаборатория диагностики сердечно-сосудистых заболеваний неинвазивными методами, Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр кардиологии, Ташкент, 100052, Узбекистан
- <sup>3</sup> аспирант 1 курса, Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр кардиологии, Ташкент, 100052, Узбекистан
- cardiocenter@ssv.uz (Х.Ф.), bekmetova@rambler.ru (Ф.Б.), bek.rudi@bk.ru (Б.Р.), orinbaev.sherzod@gmail.com (Ш.О.)
- \* Correspondence: bek.rudi@bk.ru; Tel.: +998 92 0887567 (Б.Р.)

## Аннотация:

Хронический коронарный синдром (ХКС) остаётся одной из ведущих причин смертности и инвалидизации во всём мире, особенно в странах Центральной Азии и Республике Узбекистан. В обзоре представлен современный взгляд на роль стресс-эхокардиографии в диагностике, стратификации риска и определении тактики лечения пациентов с ХКС. Рассмотрены эволюция понятия ХКС, ключевые патофизиологические механизмы ишемии (эпикардальные стенозы, микрососудистая дисфункция, вазоспазм), а также состояния ANOCA/INOCA. Проведён сравнительный анализ диагностической и прогностической ценности стресс-эхокардиографии с другими методами (ЭКГ-стресс-тест, СPECT, ПЭТ, стресс-MPT). Особое внимание уделено стресс-эхокардиографии с физической нагрузкой на полулежачем велоэргометре, преимуществам визуализации на пике нагрузки и современным количественным технологиям (strain, коронарный резерв кровотока). Анализ landmark-исследований (COURAGE, FAME, ISCHEMIA) и рекомендаций ESC 2024 показал, что стресс-эхокардиография является эффективным «gatekeeper» для инвазивной коронароангиографии и играет важную роль в принятии решений об эндоваскулярной реваскуляризации. Обсуждаются экономическая эффективность метода, его безопасность и оператор-зависимость. Заключение. Стресс-эхокардиография представляет собой доступный, безопасный и высокоэффективный метод функциональной диагностики, обладающий оптимальным соотношением «стоимость–эффективность». В условиях Республики Узбекистан и Центральной Азии широкое внедрение стресс-эхокардиографии, особенно на полулежачем велоэргометре, может существенно оптимизировать диагностические алгоритмы и улучшить результаты лечения пациентов с хроническим коронарным синдромом.

**Ключевые слова:** хронический коронарный синдром, стресс-эхокардиография, полулежачий велоэргометр, ишемия, стратификация риска, реваскуляризация, коронарный резерв кровотока, стрейн (деформация миокарда), Центральная Азия, Узбекистан.

**Цитирование:** Х.Г. Фозилов, Ф.М. Бекметова, Б.Б. Рузиев, Ш.А. Оринбаев. Современная роль стресс-эхокардиографии в диагностике и лечении хронического коронарного синдрома: от физиологии к клинической тактике. 2026, 3,2, 2. <https://doi.org/10.70626/cardiouz-2026-3-00084>

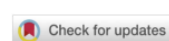
Полученный: 11.02.2026

Исправленный: 26.04.2026

Принято: 25.06.2026

Опубликованный: 29.06.2026

Copyright:



## The Contemporary Role of Stress Echocardiography in the Diagnosis and Management of Chronic Coronary Syndrome: From Physiology to Clinical Strategy

Khurshid G.Fozilov <sup>1</sup> , Feruza M.Bekmetova <sup>2</sup> , Behzod B.Ruziyev <sup>\*3</sup>, Sherzod A.Orinbayev <sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Doctor of Medical Sciences, Director of the Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Cardiology, Tashkent, 100052, Uzbekistan

<sup>2</sup> Research Laboratory for the Diagnosis of Cardiovascular Diseases Using Non-Invasive Methods, Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Cardiology, Tashkent, 100052, Uzbekistan

<sup>3</sup> First-year postgraduate student, Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Cardiology, Tashkent, 100052, Uzbekistan  
cardiocenter@ssv.uz (Kh.F.), bekmetova@rambler.ru (F.B.), bek.rudi@bk.ru (B.R.), orinbaev.sherzod@gmail.com (Sh.O.)

### Abstract:

Chronic coronary syndrome (CCS) remains one of the leading causes of mortality and disability worldwide, particularly in Central Asian countries and the Republic of Uzbekistan. This review presents a contemporary perspective on the role of stress echocardiography in the diagnosis, risk stratification, and management of patients with CCS. The evolution of the CCS concept, the key pathophysiological mechanisms of ischemia (epicardial stenoses, microvascular dysfunction, vasospasm), and ANOCA/INOCA conditions are examined. A comparative analysis of the diagnostic and prognostic value of stress echocardiography versus other modalities (ECG stress testing, SPECT, PET, stress MRI) is provided. Special attention is given to semi-supine bicycle exercise stress echocardiography, the advantages of peak-exercise imaging, and contemporary quantitative technologies (strain, coronary flow reserve). Analysis of landmark trials (COURAGE, FAME, ISCHEMIA) and the 2024 ESC Guidelines demonstrates that stress echocardiography serves as an effective gatekeeper for invasive coronary angiography and plays an important role in decision-making regarding endovascular revascularization. The cost-effectiveness, safety, and operator dependency of the method are discussed. Conclusion. Stress echocardiography represents an accessible, safe, and highly effective functional diagnostic modality with an optimal cost-effectiveness ratio. In the Republic of Uzbekistan and Central Asia, the widespread implementation of stress echocardiography — particularly the semi-supine bicycle exercise protocol — has the potential to substantially optimize diagnostic algorithms and improve outcomes in patients with chronic coronary syndrome.

**Keywords:** chronic coronary syndrome, stress echocardiography, semi-supine bicycle ergometer, ischemia, risk stratification, revascularization, coronary flow reserve, strain, Central Asia, Uzbekistan.

### Введение

Хронический коронарный синдром (ХКС) представляет собой одну из наиболее значимых медико-социальных проблем современного здравоохранения. Согласно рекомендациям Европейского общества кардиологов, термин «хронические коронарные синдромы» объединяет различные клинические проявления ишемической болезни сердца за пределами острого коронарного синдрома и подчёркивает динамический характер заболевания даже в периоды клинической стабильности [1].

Ишемическая болезнь сердца, лежащая в основе ХКС, остаётся ведущей причиной смерти во всём мире. По данным Global Burden of Disease Study, в 2021 году ишемическая болезнь сердца стала причиной около 9 миллионов смертей, при этом наблюдается значительный рост абсолютного числа случаев, особенно в регионах с низким и средним уровнем социально-экономического развития. Центральная Азия, включая Республику Узбекистан, относится к регионам с наиболее высоким бременем сердечно-сосудистых заболеваний. В 2021 году возрастандартизированный показатель смертности от ишемической болезни сердца в Центральной Азии был одним из самых высоких в мире и составил 265,51 на 100 000 населения, а показатель DALYs — 4864,49 на 100 000 населения [2].

В Республике Узбекистан ситуация остаётся особенно напряжённой. В 2021 году зарегистрировано 97 390 смертей от сердечно-сосудистых заболеваний, с возрастандартизированным показателем смертности около 479 на 100 000 населения. Сердечно-сосудистая патология, включая хронический коронарный синдром, составляет более 40–50% в структуре общей смертности республики. Узбекистан демонстрирует один из самых высоких темпов прироста стандартизированных показателей заболеваемости ишемической болезнью сердца среди стран инициативы «Один пояс — один путь» [3].

Социально-экономическое бремя ХКС складывается не только из высокой летальности, но и из значительной инвалидизации, снижения качества жизни пациентов и огромных прямых и косвенных экономических потерь. Пациенты с ХКС часто страдают от ограничения физической активности, хронической усталости, тревожно-депрессивных расстройств и потери трудоспособности. В странах с ограниченными ресурсами, таких как Узбекистан, это бремя дополнительно усугубляет нагрузку на систему здравоохранения и усиливает социально-экономическое неравенство.

Несмотря на существенный прогресс в диагностике и лечении, включая широкое внедрение чрескожных коронарных вмешательств и оптимальной медикаментозной терапии, выбор тактики лечения пациентов с ХКС остаётся сложной задачей. Современная парадигма подчёркивает приоритет функциональной оценки ишемии миокарда над чисто анатомическим подходом. В этом контексте стресс-эхокардиография, благодаря своей доступности, безопасности, отсутствию радиационной нагрузки и высокой диагностической ценности, занимает особое место среди неинвазивных методов.

В 2019 году Европейское общество кардиологов (ESC) ввело новый термин «хронические коронарные синдромы» (Chronic Coronary Syndromes, CCS), который пришёл на смену традиционным понятиям «стабильная стенокардия» и «стабильная ишемическая болезнь сердца» [4]. Это изменение терминологии отразило современное понимание ишемической болезни сердца как динамического процесса, характеризующегося периодами стабильности и нестабильности даже при отсутствии острого коронарного синдрома. В обновлённых рекомендациях ESC 2024 года этот подход был сохранён и расширен [1].

Переход от концепции «стабильной стенокардии» к «хроническому коронарному синдрому» подчёркивает гетерогенность заболевания, включающего не только фиксированные эпикардиальные стенозы, но и микрососудистую дисфункцию, вазоспастические механизмы и состояния ANOCA/INOCA (angina with non-obstructive coronary arteries / ischaemia with non-obstructive coronary arteries). Такая концептуальная эволюция позволила более точно отразить клиническое многообразие заболевания и персонализировать диагностические и лечебные подходы.

Одновременно произошла фундаментальная **смена парадигмы** в стратегии ведения пациентов с ХКС — от преимущественно анатомического подхода (ориентированного на степень стеноза по данным коронароангиографии) к функциональному подходу, при котором ключевым фактором становится наличие, объём и клиническая значимость индуцибельной ишемии миокарда. Крупные рандомизированные исследования, такие как COURAGE, FAME и особенно ISCHEMIA, продемонстрировали, что рутинная реваскуляризация на основании только анатомических данных не всегда улучшает прогноз, в то время как функциональная оценка ишемии позволяет более точно определять пациентов, которым действительно показано эндоваскулярное лечение [5].

В этом контексте стресс-эхокардиография, как один из наиболее доступных и информативных методов функциональной диагностики, приобретает особую клиническую значимость. Она позволяет не только выявлять ишемию, но и оценивать её порог, объём и влияние на функцию левого желудочка в реальном времени.

**Цель настоящего обзора** — систематизировать современные данные о роли стресс-эхокардиографии в диагностике хронического коронарного синдрома, оценить её диагностическую и прогностическую ценность, а также проанализировать влияние результатов метода на принятие решений об эндоваскулярном лечении. Особое внимание уделено сравнению различных видов стресс-эхокардиографии (в частности, на полулежащем велоэргометре) с другими функциональными и анатомическими методами, а также оценке применимости метода в условиях Центральной Азии.

В обзоре последовательно рассматриваются патофизиологические основы ХКС, современные методы диагностики ишемии, история и методология стресс-эхокардиографии, её сравнительная эффективность, роль в определении лечебной тактики, экономическая эффективность, а также существующие пробелы и перспективы дальнейших исследований.

### Современное понимание патогенеза и патофизиологии хронического коронарного синдрома

Патогенез хронического коронарного синдрома (ХКС) представляет собой сложный, многоуровневый и динамический процесс, выходящий далеко за пределы классической модели фиксированного атеросклеротического стеноза. Согласно современным представлениям, ХКС возникает в результате взаимодействия структурных и функциональных нарушений в коронарном сосудистом русле, приводящих к несоответствию между потребностью миокарда в кислороде и его доставкой [1].

**Атеросклероз коронарных артерий** остаётся ведущим патологическим субстратом. Ключевым инициальным звеном является **эндотелиальная дисфункция** — нарушение баланса между вазодилатирующими (оксид азота, простациклин) и вазоконстрикторными (эндотелин-1, тромбоксан А2) факторами. Гемодинамический стресс, окислительный стресс, воспаление, гиперлипидемия, артериальная гипертензия, гипергликемия и курение приводят к снижению биодоступности оксида азота, повышению экспрессии адгезионных молекул и активации воспалительного каскада. Это способствует прогрессированию атеросклеротической бляшки, ремоделированию сосудистой стенки и нарушению коронарного резервного кровотока даже при отсутствии значимого стеноза просвета артерии.

**Основные механизмы развития ишемии миокарда** при ХКС включают три взаимодополняющих уровня:

1. **Эпикардальные (макрососудистые) стенозы** — классический механизм, при котором фиксированное сужение просвета коронарной артерии (обычно >50–70%) ограничивает прирост кровотока при повышении метаболического спроса миокарда.
2. **Микрососудистая дисфункция** — структурные и функциональные изменения мелких сосудов (преартериол и капилляров), включая гипертрофию гладкомышечных клеток, периваскулярный фиброз, редфакцию капиллярной сети и нарушение эндотелий-зависимой и независимой вазодилатации.
3. **Вазоспазм** — как эпикардальный, так и микрососудистый, обусловленный повышенной реактивностью гладкой мускулатуры и эндотелиальной дисфункцией.

Особое клиническое значение в последние годы приобрели состояния **ANOCA** (стенокардия без обструктивного поражения коронарных артерий) и **INOCA** (ишемия без обструктивного поражения коронарных артерий). Эти состояния встречаются у 40–60% пациентов, особенно женщин, обращающихся с типичными ангинозными жалобами. По современным данным, основными причинами ANOCA/INOCA являются микрососудистая дисфункция (до 50%) и вазоспастические механизмы (20–40%). Данные пациенты имеют сниженное качество жизни и повышенный риск неблагоприятных сердечно-сосудистых событий по сравнению с лицами без симптомов, несмотря на отсутствие значимых эпикардальных стенозов.

**Роль индуцибельной ишемии миокарда** в прогнозе заболевания долгое время считалась определяющей. Однако результаты крупного рандомизированного исследования **ISCHEMIA**

### Методы диагностики ишемии миокарда: сравнительная характеристика

Современная диагностика хронического коронарного синдрома основана на комбинированном использовании анатомических и функциональных методов визуализации. Согласно рекомендациям ESC 2024 года, выбор начального диагностического теста определяется предтестовой (клинической) вероятностью обструктивного поражения коронарных артерий с учётом возраста, пола, характера симптомов и факторов риска [1].

**Неинвазивные анатомические методы** представлены в первую очередь **компьютерной томографической коронароангиографией (КТ-КАГ, ССТА)**. Этот метод обладает исключительно высокой отрицательной прогностической ценностью (более 95–98%) и рекомендуется как тест первой линии у пациентов с низкой и умеренной предтестовой вероятностью (5–50%) (класс рекомендации I, уровень A). КТ-КАГ позволяет не только исключить значимые стенозы, но и оценить состав атеросклеротических бляшек, индекс коронарного кальция (CACS) и, при использовании специальных алгоритмов, приблизительную функциональную значимость стенозов (CT-FFR). Основными ограничениями метода являются лучевая нагрузка, снижение точности у пациентов с выраженным кальцинозом и относительно высокая стоимость.

**Функциональные методы** направлены на прямое выявление индуцибельной ишемии миокарда и играют ключевую роль в стратификации риска и принятии решения о реваскуляризации.

**Электрокардиографические стресс-тесты** (прежде всего тредмил-тест) остаются наиболее доступным методом начальной оценки. Они позволяют оценить толерантность к физической нагрузке, воспроизвести симптомы и зарегистрировать изменения ЭКГ. Расширенный анализ результатов (Duke Treadmill Score, скорость восстановления ЧСС, хронотропная компетентность и др.) существенно повышает прогностическую ценность метода. Однако стандартный ЭКГ-стресс-тест имеет относительно низкую диагностическую точность (чувствительность 66%, специфичность 61%), особенно у женщин, пожилых пациентов и при наличии исходных изменений на ЭКГ.

**Изотопные методы** — однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ/SPECT) и позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) — широко используются для оценки перфузии миокарда. SPECT является наиболее распространённым визуализирующим методом в мире. ПЭТ превосходит SPECT по точности, особенно в количественной оценке миокардиального кровотока и коронарного резерва, что критически важно при диагностике микрососудистой дисфункции. Оба метода сопровождаются лучевой нагрузкой и требуют специальной инфраструктуры.

**Стресс-магнитно-резонансная томография (стресс-MРТ)** демонстрирует одну из самых высоких диагностических характеристик. Метод позволяет одновременно оценивать перфузию, функцию левого желудочка, жизнеспособность миокарда и анатомию без ионизирующего излучения. Основными ограничениями являются высокая стоимость, длительность исследования и противопоказания (клаустрофобия, имплантированные устройства, тяжёлая почечная недостаточность).

**Стресс-эхокардиография** занимает особое положение благодаря оптимальному сочетанию доступности, безопасности, отсутствия радиационной нагрузки и высокой специфичности. Метод позволяет в реальном времени оценивать локальную сократимость миокарда, клапанный аппарат и дополнительные параметры (миокардиальная деформация, коронарный резерв кровотока). Особенно ценной является стресс-эхокардиография с физической нагрузкой на полулежащем велоэргометре, обеспечивающая визуализацию на пике нагрузки.

**Сравнительная диагностическая точность** основных методов представлена в таблице 1.

**Таблица 1.** Сравнительная диагностическая точность неинвазивных методов выявления обструктивной ишемической болезни сердца (адаптировано по данным мета-анализов) [6,7].

| Метод                               | Чувствительность (%) | Специфичность (%) | LR+  | LR–  | AUC    |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------|------|------|--------|
| ЭКГ-стресс-тест (EST)               | 66                   | 61                | 3,57 | 0,55 | 0,68   |
| Стресс-эхокардиография              | 81                   | 85                | 7,94 | 0,22 | 0,88   |
| SPECT (миокардиальная сцинтиграфия) | 82                   | 74                | 3,15 | 0,24 | 0,85   |
| Стресс-MРТ                          | 83                   | 89                | 7,55 | 0,19 | 0,91   |
| ПЭТ                                 | 88–90                | 82–85             | —    | —    | ≥ 0,90 |

*Примечание:* данные представлены в обобщённом виде.

Итак, каждый метод имеет оптимальные клинические сценарии применения. Выбор диагностической стратегии должен быть индивидуализирован с учётом предтестовой вероятности, сопутствующей патологии, местной доступности, экспертизы и экономических возможностей. Современные рекомендации подчёркивают предпочтительность функциональных методов визуализации у пациентов с умеренной и высокой вероятностью ХКС, поскольку именно они позволяют наиболее точно определить наличие клинически значимой ишемии и обосновать необходимость эндоваскулярного лечения.

### Стресс-эхокардиография: история, методология и современные технологии

Стресс-эхокардиография (стресс-ЭхоКГ) — это динамический метод диагностики ишемии миокарда, основанный на визуализации нарушений локальной сократимости левого желудочка, возникающих при индуцированной ишемии. Метод сочетает эхокардиографическое исследование с различными видами нагрузки и занимает одно из ведущих мест в функциональной диагностике хронического коронарного синдрома благодаря высокой специфичности, безопасности и широкой доступности.

**История развития метода** начинается в конце 1970-х годов. Одной из первых ключевых работ считается исследование **Wann et al. (1979)**, в котором авторы продемонстрировали возможность выявления нарушений локальной сократимости миокарда с помощью двухмерной (cross-sectional) эхокардиографии во время и после физической нагрузки у пациентов с ишемической болезнью сердца [8].

В 1986 году **Berthe и соавторы** впервые описали использование добутаминовой инфузии в сочетании с эхокардиографией для оценки ишемии миокарда [9]. Значительный вклад в развитие и стандартизацию фармакологического стресса внёс **Eugenio Picano** и его школа в Пизе. В 1985–1986 годах Picano et al. разработали и внедрили в практику высокодозовый дипиридамовый стресс-эхокардиографический тест, а в последующие годы активно занимались изучением безопасности и эффективности добутаминового стресса [10,11].

**Виды стресс-эхокардиографии** различаются по типу применяемой нагрузки:

- **С физической нагрузкой** — наиболее физиологичный вид (тредмил или велоэргометр);
- **Фармакологический стресс** — добутаминовый (наиболее распространён), дипиридамовый, аденозиновый;
- **Чреспищеводная электрическая стимуляция предсердий** — используется реже, преимущественно при невозможности выполнения других видов нагрузки.

**Стресс-эхокардиография с физической нагрузкой на полулежащем (semi-supine) велоэргометре** в настоящее время считается одним из наиболее перспективных вариантов. Главным преимуществом является возможность **визуализации миокарда на пике нагрузки** в реальном времени. Это позволяет точно определять ишемический порог (уровень нагрузки, ЧСС и double product, при котором появляются нарушения сократимости), оценивать распространённость ишемии и избегать ложноотрицательных результатов, связанных с быстрым восстановлением функции миокарда после прекращения нагрузки.

По сравнению с **пост-тредмил визуализацией** (когда пациент после беговой дорожки быстро укладывается для эхокардиографии) полулежащий велоэргометр имеет значительные преимущества. После тредмил-теста ЧСС быстро снижается, и преходящие ишемические изменения могут исчезнуть в течение 30–90 секунд, что снижает чувствительность метода. Многочисленные исследования показали, что визуализация на пике нагрузки повышает чувствительность стресс-ЭхоКГ, особенно при одно- и двухсосудистых поражениях.

**Стандартная оценка** проводится с использованием **17-сегментной модели** левого желудочка (рекомендация American Society of Echocardiography). Каждый сегмент оценивается по 5-балльной шкале, рассчитывается индекс нарушения локальной сократимости (Wall Motion Score Index, WMSI) [12]. Для улучшения качества визуализации широко применяются **ультразвуковые контрастные препараты**, которые особенно важны у пациентов с ожирением или плохим акустическим окном.

Современные технологии существенно расширили возможности метода. **Спекл-трекинг эхокардиография (стрейн)** позволяет количественно оценивать деформацию миокарда и выявлять субклинические нарушения сократимости до появления видимых глазом изменений. **Коронарный резерв кровотока (CFR)** оценивается по скорости кровотока в передней нисходящей артерии. Также анализируется **динамика фракции выброса левого желудочка** — отсутствие её прироста или снижение на пике нагрузки указывает на значимую ишемию.

**Стандарты выполнения и интерпретации** стресс-эхокардиографии определены в ключевых документах. Рекомендации Американского общества эхокардиографии (ASE) 2020 года и рекомендации ESC 2024 года чётко регламентируют показания, протоколы, критерии прекращения теста и правила интерпретации результатов [1,12]. Стресс-эхокардиография

прошла долгий путь от экспериментального метода до одного из наиболее востребованных инструментов функциональной диагностики. Современные протоколы, особенно с использованием физической нагрузки на полулежащем велоэргометре и количественных технологий (стрейн, CFR), позволяют получать высококачественную информацию не только о наличии ишемии, но и о её функциональной значимости, что имеет решающее значение для определения оптимальной лечебной тактики у пациентов с хроническим коронарным синдромом.

### **Диагностическая и прогностическая ценность стресс-эхокардиографии**

Стресс-эхокардиография занимает одно из ведущих мест среди неинвазивных методов диагностики ишемии миокарда благодаря оптимальному сочетанию диагностической точности, безопасности, отсутствия ионизирующего излучения и относительно низкой стоимости. Её клиническая ценность подтверждена многочисленными мета-анализами и крупными наблюдательными исследованиями.

**Сравнение со стандартным электрокардиографическим стресс-тестом** демонстрирует значительное превосходство стресс-ЭхоКГ. Стандартный ЭКГ-стресс-тест имеет относительно низкую диагностическую точность. По данным крупного систематического обзора и мета-анализа 104 исследований (16 824 пациента, 1990–2025 гг.), суммарная чувствительность EST составила 0,66 (95% ДИ 0,59–0,72), а специфичность — 0,61 (95% ДИ 0,55–0,67). В то же время стресс-эхокардиография показала существенно лучшие результаты: чувствительность 0,81 (95% ДИ 0,79–0,83) и специфичность 0,85 (95% ДИ 0,82–0,87). Положительное отношение правдоподобия (LR+) для стресс-ЭхоКГ значительно выше, чем для ЭКГ-теста (7,94 против 3,57), что делает её гораздо более надёжным методом подтверждения диагноза [6].

**Сравнение со SPECT, ПЭТ и стресс-MPT** показывает, что стресс-эхокардиография занимает достойное место среди визуализирующих методов. Согласно тому же мета-анализу, миокардиальная перфузионная сцинтиграфия (SPECT) имеет чувствительность 0,82, но более низкую специфичность — 0,74. Стресс-MPT демонстрирует наивысшие показатели: чувствительность 0,83 и специфичность 0,89. ПЭТ превосходит остальные методы по точности количественной оценки коронарного резерва кровотока, однако его доступность существенно ограничена. Стресс-эхокардиография при этом предлагает наиболее сбалансированный профиль, особенно при использовании контрастных препаратов и количественного анализа [7].

Особую ценность представляет стресс-эхокардиография на полулежащем велоэргометре, позволяющая проводить визуализацию на пике нагрузки. Этот подход повышает чувствительность метода при выявлении умеренной ишемии и более точно определяет ишемический порог по сравнению с визуализацией после тредмил-теста.

**Прогностическое значение** стресс-эхокардиографии высоко. Объём индуцибельной ишемии (количество вовлечённых сегментов) и низкий ишемический порог (появление нарушений сократимости на небольшой нагрузке) являются независимыми предикторами неблагоприятных сердечно-сосудистых событий. Нормальный результат стресс-ЭхоКГ ассоциируется с очень низким годовым риском основных сердечных событий (<1%). Даже у пациентов с известной ИБС отрицательный стресс-тест прогнозирует благоприятный исход. Пост-хок анализ исследования ISCHEMIA подтвердил, что больший объём ишемии коррелирует с повышенным риском спонтанного инфаркта миокарда и ухудшением качества жизни.

Реальные данные из крупных регистров подтверждают высокую клиническую ценность метода. В британском многоцентровом регистре **EVAREST** (Echocardiography: Value and Accuracy at REst and STress), включившем более 8000 пациентов, стресс-эхокардиография продемонстрировала отличную прогностическую точность в реальной клинической практике. Нормальный результат теста ассоциировался с крайне низким риском событий в течение года. Более того, результаты стресс-ЭхоКГ значимо влияли на изменение лечебной тактики: у пациентов с положительным тестом и обширной ишемией значительно чаще выполнялась коронароангиография и реваскуляризация [13].

### **Роль стресс-эхокардиографии в определении тактики реваскуляризации**

В современной кардиологии стресс-эхокардиография играет важнейшую роль не только в диагностике ишемии миокарда, но и в принятии клинических решений относительно

необходимости реваскуляризации. Функциональная оценка ишемии с помощью стресс-тестов позволяет перейти от анатомически ориентированной стратегии к персонализированному подходу, при котором реваскуляризация выполняется только пациентам, у которых она может принести реальную клиническую пользу.

**Влияние функциональной оценки на решение о чрескожном коронарном вмешательстве (ЧКВ)** является фундаментальным. Наличие, объём и ишемический порог индуцибельной ишемии по данным стресс-эхокардиографии напрямую коррелируют с вероятностью выполнения инвазивной коронароангиографии и последующей реваскуляризации. Выраженная ишемия ( $\geq 4$ –5 сегментов) или появление нарушений локальной сократимости на низкой нагрузке ( $< 70\%$  от максимальной ЧСС) значительно повышают вероятность направления пациента на ЧКВ (рис.1).



**Рис. 1.** Схема влияния результатов стресс-эхокардиографии на лечебную тактику.

Ключевыми исследованиями, радикально изменившими парадигму лечения пациентов со стабильным течением хронического коронарного синдрома, стали крупные рандомизированные исследования COURAGE, FAME и ISCHEMIA.

Исследование **COURAGE (2007)** продемонстрировало, что у пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца добавление чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) к оптимальной медикаментозной терапии (ОМТ) не приводит к снижению риска смерти или инфаркта миокарда по сравнению с одной лишь оптимальной медикаментозной терапией, хотя и обеспечивает лучший контроль симптомов [14].

Исследование **FAME trial (2009)** и его продолжения убедительно показали преимущество физиологически ориентированного подхода. Использование фракционного резерва кровотока (FFR) для отбора стенозов на реваскуляризацию позволило значительно улучшить клинические исходы и снизить количество имплантируемых стентов по сравнению с ангиографически ориентированной стратегией [15].

Наиболее значимым исследованием последнего десятилетия стало исследование **ISCHEMIA (2020)**. У пациентов с умеренной или тяжёлой ишемией по данным стресс-визуализации (включая стресс-эхокардиографию) рутинная инвазивная стратегия не привела к снижению риска сердечно-сосудистой смерти или инфаркта миокарда по сравнению с консервативной стратегией на фоне оптимальной медикаментозной терапии. В то же время инвазивный подход лучше контролировал ангинозные симптомы и улучшал качество жизни пациентов. Субанализы исследования подтвердили, что наибольшая клиническая польза от реваскуляризации наблюдается у пациентов с обширной ишемией и выраженной симптоматикой [5].

Основные характеристики и результаты этих поворотных исследований представлены в **Таблице 2**.

**Функциональный подход** (оценка ишемии) в настоящее время превалирует над чисто анатомическим. Рекомендации ESC 2024 года чётко указывают, что реваскуляризация должна

Таблица 2. Ключевые рандомизированные исследования, определившие современную тактику реваскуляризации при хроническом коронарном синдроме.

| Исследование                    | Год публикации | Дизайн и численность пациентов              | Основные критерии включения                              | Сравниваемые стратегии                                                          | Основные результаты                                                                                                      | Клиническое значение                                                                |
|---------------------------------|----------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| COURAGE [14]                    | 2007           | Рандомизированное, многоцентровое; n = 2287 | Стабильная ИБС + стеноз ≥ 70%                            | ЧКВ + ОМТ vs ОМТ (оптимальная медикаментозная терапия)                          | Нет различий в смерти и ИМ. Лучший контроль симптомов в группе ЧКВ                                                       | Первый удар по рутинной реваскуляризации при стабильной ИБС                         |
| FAME [15]                       | 2009           | Рандомизированное, многоцентровое; n = 1005 | Многососудистое поражение                                | Ангиография-ориентированная vs FFR-ориентированная реваскуляризация             | Снижение комбинированной конечной точки (смерть + ИМ + повторная реваскуляризация) на 30% в группе FFR                   | Доказательство преимущества физиологического подхода                                |
| FAME 2 [16]                     | 2012           | Рандомизированное; n = 888                  | Стабильная ИБС + FFR ≤ 0,80                              | FFR-ориентированное ЧКВ + ОМТ vs ОМТ                                            | Снижение срочных реваскуляризаций. Нет различий в смерти и ИМ                                                            | Подтверждение роли FFR в отборе пациентов                                           |
| ISCHEMIA [5]                    | 2020           | Рандомизированное, международное; n = 5179  | Умеренная/тяжелая ишемия + анатомически значимые стенозы | Инвазивная стратегия (КАГ ± реваскуляризация) vs Консервативная стратегия (ОМТ) | Нет различий в первичной конечной точке (сердечно-сосудистая смерть + ИМ). Лучший контроль симптомов в инвазивной группе | Изменил парадигму: рутинная реваскуляризация не улучшает прогноз при стабильном ХКС |
| ISCHEMIA (5-летние данные) [17] | 2023–2024      | Продолжение наблюдения                      | —                                                        | —                                                                               | Снижение спонтанных ИМ в инвазивной группе после преодоления раннего procedural риска                                    | Важны для долгосрочной оценки                                                       |

Примечания: ОМТ — оптимальная медикаментозная терапия; FFR — фракционный резерв кровотока; ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство.

выполняться при наличии доказанной ишемии в зоне жизнеспособного миокарда и сохранении симптомов на фоне оптимальной медикаментозной терапии (класс I–IIa).

**Стресс-эхокардиография как «gatekeeper» (фильтр)** для инвазивной ангиографии особенно эффективна. Нормальный или слабо положительный результат теста позволяет с высокой степенью уверенности продолжить консервативное лечение и избежать ненужной коронароангиографии. Напротив, выявление обширной ишемии или низкого ишемического порога служит обоснованием для направления пациента на инвазивное обследование.

Данные реальной клинической практики подтверждают высокую практическую ценность метода. В крупном британском регистре **EVAREST/BSE-NSTEP** стресс-эхокардиография значимо влияла на изменение лечебной тактики. У пациентов с положительными результатами теста частота направления на коронароангиографию и реваскуляризацию была существенно выше, чем у пациентов с отрицательными результатами. При этом нормальный результат

стресс-ЭхоКГ ассоциировался с крайне низким риском событий в течение последующего года [13].

### **Экономическая эффективность, безопасность и практическая применимость**

Одним из важнейших преимуществ стресс-эхокардиографии является её высокая экономическая эффективность, особенно в сравнении с другими визуализирующими методами. Это делает метод особенно привлекательным для систем здравоохранения с ограниченными ресурсами.

**Фармакоэкономические исследования** убедительно подтверждают доминирующее положение стресс-ЭхоКГ. В исследовании **Javan-Noughabi et al. (2022)** проведён сравнительный анализ стоимости и эффективности стресс-эхокардиографии и однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (SPECT) у пациентов со стабильной болью в груди. По результатам моделирования стресс-ЭхоКГ оказалась доминирующей стратегией: ожидаемые затраты составили 1106,75 долларов США при 0,83 QALY (качественно скорректированных годах жизни), в то время как для SPECT — 1622,39 долларов США при 0,80 QALY. Таким образом, стресс-эхокардиография позволяла экономить значительные средства при сопоставимой или лучшей клинической эффективности [18].

**Сравнение затрат и эффективности** со SPECT и стресс-MPT показывает следующие преимущества стресс-ЭхоКГ:

- Значительно более низкая прямая стоимость исследования (оборудование, расходные материалы, персонал);
- Отсутствие затрат на радиофармпрепараты и обеспечение радиационной безопасности;
- Меньшее количество ложноположительных результатов (по сравнению со SPECT), что снижает частоту ненужных коронароангиографий;
- Возможность выполнения в амбулаторных условиях без дорогостоящей инфраструктуры.

Стресс-MPT, несмотря на высокую диагностическую точность, требует существенных капитальных вложений и эксплуатационных расходов, что ограничивает её широкое применение. SPECT занимает промежуточное положение, однако затраты на радиофармпрепараты и специальное оборудование делают его заметно дороже стресс-эхокардиографии.

**Безопасность** стресс-эхокардиографии оценивается как высокая. Частота серьёзных осложнений (инфаркт миокарда, тяжёлые аритмии, смерть) крайне низка и составляет менее 1 случая на 10 000 исследований. Добутаминовый стресс несколько более рискованный, чем физическая нагрузка, однако при строгом соблюдении протоколов и противопоказаний риск остаётся минимальным. Отсутствие ионизирующего излучения является важным преимуществом, особенно для молодых пациентов, женщин и при необходимости повторных исследований.

**Особенности применения в странах с ограниченными ресурсами**, включая Республику Узбекистан и другие государства Центральной Азии, делают стресс-эхокардиографию методом выбора. Высокая распространённость ХКС в сочетании с ограниченным количеством центров ядерной медицины и высокой стоимостью SPECT и стресс-MPT создают условия, при которых стресс-ЭхоКГ становится оптимальным балансом между доступностью, информативностью и экономической целесообразностью. Использование полулежачего велоэргометра и современных количественных технологий позволяет максимально реализовать потенциал метода даже в условиях региональных кардиологических центров.

### **Ограничения, пробелы в доказательной базе и перспективы**

Несмотря на высокую клиническую ценность стресс-эхокардиографии, метод имеет ряд ограничений и нерешённых вопросов, которые необходимо учитывать при внедрении в широкую клиническую практику.

**Основным ограничением** стресс-эхокардиографии является её **оператор-зависимость**. Качество исследования и точность интерпретации в значительной степени зависят от опыта и квалификации врача. Субъективная оценка нарушений локальной сократимости может приводить к межоператорской вариабельности результатов, особенно у пациентов с субоптимальным акустическим окном (ожирение, эмфизема лёгких, деформация грудной клетки).

Хотя использование контрастных препаратов и количественных технологий существенно снижает эту проблему, оператор-зависимость остаётся одним из главных вызовов метода.

Серьёзным пробелом в доказательной базе является **недостаток исследований в популяции Центральной Азии**, в том числе в Республике Узбекистан. Большинство крупных исследований и мета-анализов выполнено в Европе, Северной Америке и Восточной Азии. Этнические, генетические и коморбидные особенности (высокая распространённость артериальной гипертензии, сахарного диабета 2 типа, ожирения и метаболического синдрома) центрально-азиатской популяции могут влиять на переносимость нагрузки, диагностическую точность и прогностическое значение стресс-эхокардиографии. Данные о применении стресс-ЭхоКГ на полулежачем велоэргометре в данном регионе практически отсутствуют.

Ещё одним важным пробелом является **недостаточное изучение роли стресс-эхокардиографии при ANOCA/INOCA** (стенокардия и ишемия без обструктивного поражения коронарных артерий). Хотя метод с оценкой коронарного резерва кровотока (CFR) и миокардиальной деформации потенциально перспективен для диагностики микрососудистой дисфункции, большинство исследований фокусируется на обструктивном поражении. Данные о диагностической и прогностической ценности стресс-ЭхоКГ при микрососудистой стенокардии остаются ограниченными.

Кроме того, **недостаточно данных** о прямом влиянии результатов стресс-эхокардиографии на реальное изменение тактики эндоваскулярного лечения в проспективных исследованиях. Хотя регистры (например, EVAREST) показывают, что стресс-ЭхоКГ влияет на клинические решения, высококачественных рандомизированных исследований, оценивающих именно этот аспект в разных популяциях, пока недостаточно.

**Перспективы развития** метода связаны с внедрением современных технологий. Искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение уже демонстрируют способность снижать оператор-зависимость и повышать точность автоматического анализа локальной сократимости и strain. Трёхмерная стресс-эхокардиография (3D-stress echo) позволяет более точно оценивать объём поражённого миокарда. Перспективными являются комбинированные протоколы (например, стресс-ЭхоКГ + оценка коронарного резерва + стрейн), а также интеграция стресс-эхокардиографии с данными КТ-КАГ и биомаркерами. Заполнение выявленных пробелов, особенно проведение исследований в популяции Центральной Азии и оценка влияния метода на реальную лечебную тактику, является важной научной задачей. Дальнейшее развитие технологий (ИИ, 3D-визуализация, количественный анализ) позволит существенно повысить объективность и клиническую ценность метода в ближайшие годы.

## Заключение

Стресс-эхокардиография является одним из наиболее эффективных, безопасных и доступных методов функциональной диагностики ишемии миокарда у пациентов с хроническим коронарным синдромом. За более чем 45-летнюю историю метод эволюционировал от экспериментальной визуализации до высокотехнологичного инструмента, позволяющего оценивать не только наличие, но и функциональную значимость ишемии в реальном времени.

Ключевыми преимуществами стресс-эхокардиографии являются высокая специфичность, отсутствие ионизирующего излучения, возможность визуализации на пике нагрузки (особенно при использовании полулежачего велоэргометра), а также богатый спектр дополнительных параметров (миокардиальная деформация, коронарный резерв кровотока, динамика фракции выброса). Метод превосходит стандартный ЭКГ-стресс-тест по диагностической точности и демонстрирует сопоставимые результаты с SPECT при значительно более низкой стоимости. В современных алгоритмах он занимает достойное место наряду со стресс-МРТ и ПЭТ.

Согласно рекомендациям ESC 2024 года, стресс-эхокардиография рекомендуется (Class I, Level B) как один из методов первой линии для диагностики ишемии миокарда и стратификации риска у пациентов с умеренной и высокой предтестовой вероятностью хронического коронарного синдрома. Особое значение придаётся её роли в функциональной оценке перед принятием решения о реваскуляризации. Метод успешно выполняет функцию «gatekeeper», позволяя избежать большого количества ненужных инвазивных вмешательств и рационально использовать ресурсы здравоохранения [1].

Для Республики Узбекистан и стран Центральной Азии стресс-эхокардиография имеет особое стратегическое значение. Высокая распространённость ХКС, значительное социально-экономическое бремя заболевания и ограниченные возможности проведения дорогостоящих исследований (СПЕКТ, ПЭТ, стресс-МРТ) делают данный метод оптимальным выбором для широкого внедрения. Стресс-эхокардиография на полулежащем велоэргометре сочетает физиологичность нагрузки с высокой информативностью и может стать основой региональных диагностических алгоритмов. Дальнейшее развитие метода, включая широкое внедрение количественного анализа, искусственного интеллекта и проведение крупных исследований в популяции Центральной Азии, позволит ещё более полно реализовать его потенциал и улучшить результаты лечения пациентов с ишемической болезнью сердца в регионе.

#### **Основные выводы:**

- Стресс-эхокардиография является высокоинформативным, безопасным и экономически эффективным методом функциональной диагностики ишемии миокарда у пациентов с хроническим коронарным синдромом.
- Стресс-эхокардиография на полулежащем велоэргометре имеет важные преимущества благодаря визуализации на пике нагрузки, точному определению ишемического порога и возможности оценки дополнительных количественных параметров (стрейн, CFR).
- Функциональная оценка с помощью стресс-ЭхоКГ играет ключевую роль в стратификации риска и принятии решений о реваскуляризации, выступая в качестве эффективного фильтра для инвазивной ангиографии.
- Несмотря на доказанную ценность, существует дефицит данных по применению метода в популяции Центральной Азии и при ANOCA/INOCA.

#### **Практические рекомендации по применению стресс-эхокардиографии:**

1. Стресс-эхокардиография (особенно с физической нагрузкой на полулежащем велоэргометре) рекомендуется как метод выбора для пациентов с умеренной и высокой предтестовой вероятностью ХКС при наличии квалифицированного персонала.
2. При субоптимальном акустическом окне обязательно использовать ультразвуковые контрастные препараты.
3. У пациентов, неспособных выполнять физическую нагрузку, предпочтителен добутаминовый стресс-ЭхоКГ.
4. Результаты стресс-эхокардиографии должны обязательно включать оценку объёма ишемии, ишемического порога и дополнительных параметров (стрейн, динамика ФВ ЛЖ).
5. Нормальный результат стресс-ЭхоКГ позволяет безопасно продолжить консервативную терапию и отказаться от рутинной коронароангиографии.
6. Выраженная ишемия ( $\geq 4$ –5 сегментов) или низкий ишемический порог являются показанием для инвазивного обследования.

#### **Вклад авторов**

Концептуализация — Х.Г.Ф. и Ф.М.Б.; анализ литературы — Ф.М.Б., Б.Б.Р. и Ш.А.О.; подготовка первоначального текста — Ф.М.Б. и Б.Б.Р.; написание, рецензирование и редактирование — Х.Г.Ф., Ф.М.Б., Б.Б.Р. и Ш.А.О.; визуализация — Б.Б.Р. и Ш.А.О.; руководство и управление проектом — Х.Г.Ф. Все авторы ознакомились с опубликованной версией рукописи и согласились с ней.

#### **Authors' contribution**

Conceptualization, X.G.F. and F.M.B.; literature analysis, F.M.B., B.B.R. and Sh.A.O.; original draft preparation, F.M.B. and B.B.R.; writing, review and editing, X.G.F., F.M.B., B.B.R. and Sh.A.O.; visualization, B.B.R. and Sh.A.O.; supervision and project administration, X.G.F. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

#### **Источник финансирования**

Финансирование не было получено.

#### **Funding source**

No funding was received.

**Соответствие принципам этики**

Не требуется. Настоящая работа является обзором опубликованной литературы и не включает первичных данных пациентов или животных.

**Ethics approval**

Not applicable. This work is a review of the published literature and does not include original data from patients or animals.

**Информированное согласие на публикацию**

Не применимо. Обзорная статья не включает участников исследования.

**Consent for publication**

Not applicable. As a review article, it does not involve study participants.

**Заявление о доступности данных**

Не применимо. В рамках настоящего обзора новые данные не создавались. Все проанализированные данные содержатся в цитируемых публикациях.

**Data Availability Statement**

Not applicable. This review did not generate new data. All analyzed data are contained in the cited publications.

**Благодарности**

Авторы выражают благодарность сотрудникам Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра кардиологии за профессиональную поддержку при подготовке настоящего обзора.

**Acknowledgments**

The authors express their gratitude to the staff of the Republican Specialized Scientific-Practical Medical Center of Cardiology for their professional support in preparing this review.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest**

The authors declare no conflicts of interest.

**Сокращения**

|              |                                                    |
|--------------|----------------------------------------------------|
| ANOCA        | стенокардия при неструктивных коронарных артериях  |
| AUC          | площадь под ROC-кривой                             |
| CFR          | коронарный резерв кровотока                        |
| ESC          | Европейское общество кардиологов                   |
| FFR          | фракционный резерв кровотока                       |
| INOCA        | ишемия при неструктивных коронарных артериях       |
| LR           | отношение правдоподобия                            |
| PET (ПЭТ)    | позитронно-эмиссионная томография                  |
| SPECT        | однофотонная эмиссионная компьютерная томография   |
| ИБС          | ишемическая болезнь сердца                         |
| ИИ           | искусственный интеллект                            |
| КАГ          | коронарная ангиография                             |
| КТ-КАГ       | компьютерно-томографическая коронарная ангиография |
| ОМТ          | оптимальная медикаментозная терапия                |
| Стресс-МРТ   | стрессовая магнитно-резонансная томография         |
| Стресс-ЭхоКГ | стресс-эхокардиография                             |
| ФВ ЛЖ        | фракция выброса левого желудочка                   |
| ХКС          | хронический коронарный синдром                     |
| ЧКВ          | чрескожное коронарное вмешательство                |
| ЭКГ          | электрокардиография                                |

### Литература

- [1] Vrints C, Andreotti F, Koskinas KC, et al. 2024 ESC Guidelines for the management of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J*. 2024;45(36):3415-3537. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae177>.
- [2] Cheng Q, Zhou S, Zhong H, et al. Global, regional, and national burden and risk factors of ischemic heart disease, 1990-2021: an analysis of the global burden of disease study. *Front Public Health*. 2025;13:1563631. Published 2025 Apr 25. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1563631>.
- [3] Liang P, Kang J, Liu J, Huang H, Li G, Wu H. Trends and projections of ischemic heart disease burden in the Belt and Road countries and China from 1990 to 2021: a study based on the 2021 global burden of disease. *Ann Med*. 2025;57(1):2534100. <https://doi.org/10.1080/07853890.2025.2534100>.
- [4] Knuuti J, Wijns W, Saraste A, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J*. 2020;41(3):407-477. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz425>.
- [5] Maron DJ, Hochman JS, Reynolds HR, et al. Initial Invasive or Conservative Strategy for Stable Coronary Disease. *N Engl J Med*. 2020;382(15):1395-1407. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1915922>.
- [6] Sonaglioni A, Polymeropoulos A, Baravelli M, Nicolosi GL, Lombardo M, Biondi-Zoccai G. Diagnostic Accuracy of Exercise Stress Testing, Stress Echocardiography, Myocardial Scintigraphy, and Cardiac Magnetic Resonance for Obstructive Coronary Artery Disease: Systematic Reviews and Meta-Analyses of 104 Studies Published from 1990 to 2025. *J Clin Med*. 2025;14(17):6238. Published 2025 Sep 4. <https://doi.org/10.3390/jcm14176238>.
- [7] Danad I, Szymonifka J, Twisk JWR, et al. Diagnostic performance of cardiac imaging methods to diagnose ischaemia-causing coronary artery disease when directly compared with fractional flow reserve as a reference standard: a meta-analysis. *Eur Heart J*. 2017;38(13):991-998. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw095>.
- [8] Wann LS, Faris JV, Childress RH, Dillon JC, Weyman AE, Feigenbaum H. Exercise cross-sectional echocardiography in ischemic heart disease. *Circulation*. 1979;60(6):1300-1308. <https://doi.org/10.1161/01.cir.60.6.1300>.
- [9] Berthe C, Pierard LA, Hiernaux M, et al. Predicting the extent and location of coronary artery disease in acute myocardial infarction by echocardiography during dobutamine infusion. *Am J Cardiol*. 1986;58(13):1167-1172. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(86\)90376-0](https://doi.org/10.1016/0002-9149(86)90376-0).
- [10] Picano E, Distanto A, Masini M, Morales MA, Lattanzi F, L'Abbate A. Dipyridamole-echocardiography test in effort angina pectoris. *Am J Cardiol*. 1985;56(7):452-456. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(85\)90884-7](https://doi.org/10.1016/0002-9149(85)90884-7).
- [11] Picano E, Mathias W Jr, Pingitore A, Bigi R, Previtali M. Safety and tolerability of dobutamine-atropine stress echocardiography: a prospective, multicentre study. Echo Dobutamine International Cooperative Study Group. *Lancet*. 1994;344(8931):1190-1192. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(94\)90508-8](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(94)90508-8).
- [12] Pellikka PA, Arruda-Olson A, Chaudhry FA, 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. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2019.07.001>.
- [13] Woodward W, Dockerill C, McCourt A, et al. Real-world performance and accuracy of stress echocardiography: the EVAREST observational multi-centre study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2022;23(5):689-698. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeab092>.
- [14] Boden WE, O'Rourke RA, Teo KK, et al. Optimal medical therapy with or without PCI for stable coronary disease. *N Engl J Med*. 2007;356(15):1503-1516. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa070829>.
- [15] Tonino PA, De Bruyne B, Pijls NH, et al. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention. *N Engl J Med*. 2009;360(3):213-224. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0807611>.
- [16] De Bruyne B, Pijls NH, Kalesan B, et al. Fractional flow reserve-guided PCI versus medical therapy in stable coronary disease. *N Engl J Med*. 2012;367(11):991-1001. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1205361>.
- [17] Hochman JS, Anthonopolos R, Reynolds HR, et al. Survival After Invasive or Conservative Management of Stable Coronary Disease. *Circulation*. 2023;147(1):8-19. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.122.062714>.
- [18] Javan-Noughabi J, Rezapour A, Hajahmadi M, Alipour V. Economic evaluation of single-photon emission-computed tomography versus stress echocardiography in stable chest pain patients. *Sci Rep*. 2022;12(1):15223. Published 2022 Sep 8. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19496-8>.

**Отказ от ответственности/Примечание издателя:** Заявления, мнения и данные, содержащиеся во всех публикациях, принадлежат исключительно авторам. Журнал и редакторы не несут ответственности за ущерб людям или имуществу, возникший в результате идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в содержании.

**Disclaimer of liability/Publisher's Note:** The statements, opinions and data contained in all publications belong exclusively to the authors. The journal and editors are not responsible for damage to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products mentioned in the content.