



New Day in Medicine
Новый День в Медицине

NDM



TIBBIYOTDA YANGI KUN

Ilmiy referativ, marifiy-ma'naviy jurnal



AVICENNA-MED.UZ



ISSN 2181-712X.
EISSN 2181-2187

7 (93) 2026

Сопредседатели редакционной коллегии:

**Ш. Ж. ТЕШАЕВ,
А. Ш. РЕВИШВИЛИ**

Ред. коллегия:
М.И. АБДУЛЛАЕВ
А.А. АБДУМАЖИДОВ
Р.Б. АБДУЛЛАЕВ
Л.М. АБДУЛЛАЕВА
А.Ш. АБДУМАЖИДОВ
М.А. АБДУЛЛАЕВА
Х.А. АБДУМАДЖИДОВ
Б.З. АБДУСАМАТОВ
У.О. АБИДОВ
М.М. АКБАРОВ
Х.А. АКИЛОВ
М.М. АЛИЕВ
С.Ж. АМИНОВ
Ш.Э. АМОНОВ
Ш.М. АХМЕДОВ
Ю.М. АХМЕДОВ
С.М. АХМЕДОВА
Т.А. АСКАРОВ
М.А. АРТИКОВА
Д.Т. АШУРОВА
Ж.Б. БЕКНАЗАРОВ (главный редактор)
Е.А. БЕРДИЕВ
Б.Т. БУЗРУКОВ
Р.К. ДАДАБАЕВА
М.Н. ДАМИНОВА
К.А. ДЕХКОНОВ
Э.С. ДЖУМАБАЕВ
А.А. ДЖАЛИЛОВ
Н.Н. ЗОЛотова
А.Ш. ИНОЯТОВ
С. ИНДАМИНОВ
А.И. ИСКАНДАРОВ
А.С. ИЛЪЯСОВ
Э.Э. КОБИЛОВ
А.М. МАННАНОВ
Д.М. МУСАЕВА
Т.С. МУСАЕВ
М.Р. МИРЗОЕВА
Ф.Г. НАЗИРОВ
Н.А. НУРАЛИЕВА
Ф.С. ОРИПОВ
Б.Т. РАХИМОВ
Х.А. РАСУЛОВ
Ш.И. РУЗИЕВ
С.А. РУЗИБОЕВ
С.А. ГАФФОРОВ
С.Т. ШАТМАНОВ (Кыргызстан)
Ж.Б. САТТАРОВ
Б.Б. САФОВ (отв. редактор)
И.А. САТИВАЛДИЕВА
Ш.Т. САЛИМОВ
Д.И. ТУКСАНОВА
М.М. ТАДЖИЕВ
А.Ж. ХАМРАЕВ
Б.Б. ХАСАНОВ
Д.А. ХАСАНОВА
Б.З. ХАМДАМОВ
Э.Б. ХАККУЛОВ
Г.С. ХОДЖИЕВА
А.М. ШАМСИЕВ
А.К. ШАДМАНОВ
Н.Ж. ЭРМАТОВ
Б.Б. ЕРГАШЕВ
Н.Ш. ЕРГАШЕВ
И.Р. ЮЛДАШЕВ
Д.Х. ЮЛДАШЕВА
А.С. ЮСУПОВ
Ш.Ш. ЯРИКУЛОВ
М.Ш. ХАКИМОВ
Д.О. ИВАНОВ (Россия)
К.А. ЕГЕЗАРЯН (Россия)
DONG JINCHENG (Китай)
КУЗАКОВ В.Е. (Россия)
Я. МЕЙЕРНИК (Словакия)
В.А. МИТИШ (Россия)
В.И. ПРИМАКОВ (Беларусь)
О.В. ПЕШИКОВ (Россия)
А.А. ПОТАПОВ (Россия)
А.А. ТЕПЛОВ (Россия)
Т.Ш. ШАРМАНОВ (Казахстан)
А.А. ЩЕГОЛОВ (Россия)
С.Н. ГУСЕЙНОВА (Азербайджан)
Prof. Dr. KURBANHAN MUSLUMOV (Azerbaijan)
Prof. Dr. DENIZ UYAK (Germany)

ТИББИЁТДА ЯНГИ КУН НОВЫЙ ДЕНЬ В МЕДИЦИНЕ NEW DAY IN MEDICINE

*Илмий-рефератив, маънавий-маърифий журнал
Научно-реферативный,
духовно-просветительский журнал*

УЧРЕДИТЕЛИ:

**БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ
ООО «ТИББИЁТДА ЯНГИ КУН»**

Национальный медицинский
исследовательский центр хирургии имени
А.В. Вишневского является генеральным
научно-практическим
консультантом редакции

Журнал был включен в список журнальных
изданий, рецензируемых Высшей
Аттестационной Комиссией
Республики Узбекистан
(Протокол № 201/03 от 30.12.2013 г.)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

М.М. АБДУРАХМАНОВ (Бухара)
Г.Ж. ЖАРЫЛКАСЫНОВА (Бухара)
А.Ш. ИНОЯТОВ (Ташкент)
Г.А. ИХТИЁРОВА (Бухара)
Ш.И. КАРИМОВ (Ташкент)
У.К. КАЮМОВ (Тошкент)
Ш.И. НАВРУЗОВА (Бухара)
А.А. НОСИРОВ (Ташкент)
А.Р. ОБЛОКУЛОВ (Бухара)
Б.Т. ОДИЛОВА (Ташкент)
Ш.Т. УРАКОВ (Бухара)

7 (93)

2026

Июль

www.bsmi.uz
https://newdaymedicine.com
E: ndmuz@mail.ru
Тел: +99890 8061882

УДК 616.132.2-073.43-073.97

**«СТРЕСС-ЭХОКАРДИОГРАФИЯ НА ПОЛУЛЕЖАЧЕМ ВЕЛОЭРГОМЕТРЕ В
СРАВНЕНИИ С ТРЕДМИЛ-ТЕСТОМ: ПРЕИМУЩЕСТВА, ОГРАНИЧЕНИЯ И ВЛИЯНИЕ
НА ВЫБОР ТАКТИКИ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ»**

Х.Г. Фозилов <https://orcid.org/0000-00030-0356-4795> e-mail: cardiocenter@ssv.uz
Ф.М. Бекметова <https://orcid.org/0000-0002-0619-4729> e-mail: bekmetova@rambler.ru

Б.Б. Рузиев e-mail: bek.rudi@bk.ru

Б.Т. Хасанов <https://orcid.org/0009-0007-0032-4231> e-mail: botirtulkinovichkhasanov@gmail.com

Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр кардиологии
Узбекистан, 100052, Ташкент, Мирзо-улуغبекский район, ул. ОСИЁ, 4 Тел: 71 2689494
E-mail: cardiocenter@ssv.uz

✓ **Резюме**

Актуальность. Выбор оптимального нагрузочного теста у пациентов с хроническим коронарным синдромом (ХКС) остаётся важной клинической задачей, особенно в условиях ограниченных ресурсов здравоохранения. Тредмил-тест и стресс-эхокардиография на полулежащем велоэргометре являются наиболее распространёнными методами, однако их сравнительная диагностическая ценность, прогностическое значение и влияние на лечебную тактику изучены недостаточно.

Цель обзора — провести системное сравнение двух методов по физиологическим, диагностическим, прогностическим и практическим характеристикам, а также оценить их влияние на принятие решений об эндоваскулярной реваскуляризации.

Основные результаты. Тредмил-тест превосходит по физиологичности нагрузки, достигаемым значениям METs и максимальной ЧСС, а также обладает высокой прогностической ценностью при расширенном анализе (Duke Treadmill Score, Heart Rate Recovery, хронотропная компетентность). В то же время стресс-эхокардиография на полулежащем велоэргометре демонстрирует значительно более высокую диагностическую точность (чувствительность 85–90%, специфичность 83–88%) благодаря визуализации миокарда непосредственно на пике нагрузки. Метод позволяет точно определять ишемический порог, объём ишемии и количественные параметры (strain, коронарный резерв кровотока, динамику фракции выброса ЛЖ).

Данные регистров EVAREST/BSE-NSTEP подтверждают, что стресс-ЭхоКГ на велоэргометре существенно сильнее влияет на клиническое принятие решений, чем тредмил-тест, изменяя лечебную тактику в 35–55% случаев и оптимизируя отбор пациентов для коронароангиографии и ЧКВ. Метод особенно ценен у пожилых пациентов, женщин, лиц с ожирением и при подозрении на ANOCA/INOCA.

Заключение. Стресс-эхокардиография на полулежащем велоэргометре и тредмил-тест дополняют друг друга. Рациональное сочетание обоих методов с учётом клинической задачи позволяет повысить точность диагностики ишемии и оптимизировать стратегию лечения пациентов с ХКС. В условиях Центральной Азии полулежащий протокол имеет высокий потенциал благодаря хорошей переносимости и благоприятному профилю «стоимость–эффективность».

Ключевые слова: стресс-эхокардиография, полулежащий велоэргометр, тредмил-тест, ишемия миокарда, хронический коронарный синдром, реваскуляризация, ANOCA/INOCA.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF SEMI-SUPINE BICYCLE STRESS ECHOCARDIOGRAPHY
AND TREADMILL EXERCISE TESTING IN PATIENTS WITH CHRONIC CORONARY
SYNDROME: DIAGNOSTIC PERFORMANCE, LIMITATIONS, AND IMPACT ON
REVASCULARIZATION STRATEGY**

X.G. Fozilov <https://orcid.org/0000-00030-0356-4795> e-mail: cardiocenter@ssv.uz
Ph.M. Bekmetova <https://orcid.org/0000-0002-0619-4729> e-mail: bekmetova@rambler.ru

B.B. Ruziyev e-mail: bek.rudi@bk.ru

B.T. Khasanov <https://orcid.org/0009-0007-0032-4231> e-mail: botirtulkinovichkhasanov@gmail.com

Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Cardiology Uzbekistan, 100052,
Tashkent, Mirzo-Ulugbek district, st. OSIYO, 4 Tel: 71 2689494 E-mail: cardiocenter@ssv.uz

✓ **Resume**

Background

Selecting the optimal exercise stress test for patients with chronic coronary syndrome (CCS) remains an important clinical challenge, particularly in healthcare settings with limited resources. Treadmill exercise testing and semi-supine bicycle stress echocardiography are among the most commonly used functional stress-testing modalities. However, their diagnostic performance, prognostic value, and impact on therapeutic decision-making have not yet been comprehensively evaluated.

Objective

This review aimed to systematically compare treadmill exercise testing and semi-supine bicycle stress echocardiography in terms of their physiological, diagnostic, prognostic, and practical characteristics, as well as to evaluate their influence on clinical decision-making regarding endovascular revascularization.

Main Findings

Treadmill exercise testing provides a more physiological form of exercise and enables patients to achieve higher metabolic equivalents (METs) and maximum heart rate (HR). In addition, it offers substantial prognostic value through advanced exercise parameters, including the Duke Treadmill Score, Heart Rate Recovery, and chronotropic competence.

In contrast, semi-supine bicycle stress echocardiography demonstrates superior diagnostic accuracy by allowing real-time visualization of myocardial function at peak exercise, with a reported sensitivity of 85–90% and specificity of 83–88%.

Furthermore, this technique enables accurate assessment of the ischemic threshold, ischemic burden, and quantitative functional parameters, including myocardial strain, coronary flow reserve, and changes in left ventricular ejection fraction during exercise.

According to data from the EVAREST and BSE-NSTEP registries, bicycle stress echocardiography has a significantly greater impact on clinical decision-making than treadmill exercise testing. The use of this modality changes therapeutic management in 35–55% of cases and improves patient selection for coronary angiography and percutaneous coronary intervention (PCI).

This technique is particularly valuable in:

- elderly patients;
- women;
- patients with obesity;
- individuals with suspected angina or ischemia with non-obstructive coronary arteries (ANOCA/INOCA).

Conclusions

Semi-supine bicycle stress echocardiography and treadmill exercise testing should be regarded as complementary rather than competing diagnostic modalities.

Appropriate selection and rational application of these methods according to the clinical objective can improve the diagnostic accuracy of myocardial ischemia detection and optimize treatment strategies for patients with chronic coronary syndrome.

In Central Asian healthcare settings, the semi-supine bicycle protocol appears particularly promising because of its good patient tolerability and favorable cost-effectiveness.

Keywords: stress echocardiography; semi-supine bicycle ergometer; treadmill exercise testing; myocardial ischemia; chronic coronary syndrome; revascularization; ANOCA; INOCA.

**SURUNKALI KORONAR SINDROMLI BEMORLARDA YARIM CHALQANCHA YOTGAN
HOLDA VELOSIPEDDA STRESSLI EKOKARDIOGRAFIYA VA YUGURISH
YO'LAKCHASIDA MASHQ QILISH SINOVLARINING QIYOSIY TAHLILI: DIAGNOSTIKA
SAMARADORLIGI, CHEKLOVLARI VA REVASKULYARIZATSIYA STRATEGIYASIGA
TA'SIRI**

X.G. Fozilov <https://orcid.org/0000-00030-0356-4795> e-mail: cardiocenter@ssv.uz

Ph.M. Bekmetova <https://orcid.org/0000-0002-0619-4729> el-mail: bekmetova@rambler.ru

B.B. Ro'ziyev e-mail: bek.rudi@bk.ru

B.T. Xasanov <https://orcid.org/0009-0007-0032-4231> e-mail: botirtulkinovichkhasanov@gmail.com

O'zbekiston Respublika ixtisoslashtirilgan kardiologiya ilmiy-amaliy tibbiyot markazi, 100052,
Toshkent, Mirzo-Ulug'bek tumani, OSIYO ko'chasi, 4 Tel: 71 2689494 E-mail: cardiocenter@ssv.uz

✓ **Rezyume**

Surunkali koronar sindrom (CCS) bilan og'rigan bemorlar uchun optimal jismoniy mashqlar stress testini tanlash, ayniqsa cheklangan resurslarga ega sog'liqni saqlash muassasalarida muhim klinik muammo bo'lib qolmoqda. Yugurish yo'lakchasida jismoniy mashqlar testi va yarim supin velosiped stress ekokardiografiyasi eng ko'p qo'llaniladigan funktsional stress test usullari qatoriga kiradi. Biroq, ularning diagnostika samaradorligi, prognostik qiymati va terapevtik qarorlar qabul qilishga ta'siri hali to'liq baholanmagan.

Maqsad: Ushbu sharh yugurish yo'lakchasida mashq sinovlari va yarim supin velosiped stress ekokardiografiyasini fiziologik, diagnostik, prognostik va amaliy xususiyatlari nuqtai nazaridan tizimli ravishda taqqoslashga, shuningdek, ularning endovaskulyar revaskulyarizatsiya bo'yicha klinik qarorlar qabul qilishga ta'sirini baholashga qaratilgan edi.

Asosiy topilmalar: Yugurish yo'lakchasida mashq sinovlari mashqning yanada fiziologik shaklini taqdim etadi va bemorlarga yuqori metabolik ekvivalentlar (METs) va maksimal yurak urish tezligiga (HR) erishish imkonini beradi. Bundan tashqari, u Dyuk yugurish yo'lakchasi balli, yurak urish tezligini tiklash va xronotropik kompetentsiya kabi ilg'or mashq parametrlari orqali sezilarli prognostik qiymatni taklif etadi.

Aksincha, yarim supin velosiped stress ekokardiografiyasi eng yuqori mashq paytida miokard funksiyasini real vaqt rejimida vizualizatsiya qilish imkonini berib, yuqori diagnostik aniqlikni namoyish etadi, bunda sezgirlik 85-90% va o'ziga xoslik 83-88% ni tashkil qiladi.

Bundan tashqari, ushbu usul ishemik chegara, ishemik yuk va miqdoriy funktsional parametrlarni, jumladan, miokard zo'riqishi, koronar oqim zaxirasi va mashq paytida chap qorincha chiqarish fraksiyasining o'zgarishini aniq baholash imkonini beradi.

EVAREST va BSE-NSTEP registraridan olingan ma'lumotlarga ko'ra, velosipedda stressli ekokardiografiya yugurish yo'lakchasida mashq qilish testiga qaraganda klinik qarorlar qabul qilishga sezilarli darajada katta ta'sir ko'rsatadi. Ushbu usuldan foydalanish 35-55% hollarda terapevtik boshqaruvni o'zgartiradi va koronar angiografiya va perkutan koronar aralashuv (PCI) uchun bemorlarni tanlashni yaxshilaydi.

Ushbu usul ayniqsa quyidagilarda qimmatlidir:

- keksa bemorlar;
- ayollar;
- semizlik bilan og'rigan bemorlar;
- obstruktiv bo'lmagan koronar arteriyalar bilan angina yoki ishemiyaga shubha qilingan shaxslar (ANOCA/INOCA).

Xulosalar

Yarim supin velosipedda stressli ekokardiografiya va yugurish yo'lakchasida mashq qilish testi raqobatbardosh diagnostika usullari emas, balki bir-birini to'ldiruvchi sifatida qaralishi kerak.

Klinik maqsadga muvofiq ushbu usullarni to'g'ri tanlash va oqilona qo'llash miokard ishemiyasini aniqlashning diagnostik aniqligini oshirishi va surunkali koronar sindromli bemorlarni davolash strategiyalarini optimallashtirishi mumkin.

Markaziy Osiyo sog'liqni saqlash muassasalarida yarim supin velosiped protokoli bemorlar tomonidan yaxshi qabul qilinishi va qulay iqtisodiy samaradorligi tufayli ayniqsa istiqbolli ko'rinadi.

Kalit so'zlar: stressli ekokardiografiya; yarim chalqancha yotgan velosiped ergometri; yugurish yo'lakchasida mashqlarni tekshirish; miokard ishemiyasi; surunkali koronar sindrom; revaskulyarizatsiya; ANOCA; INOCA.

Актуальность

Сравнение стресс-эхокардиографии на полулежачем велоэргометре с классическим тредмил-тестом представляет значительный научный и практический интерес в современной функциональной диагностике хронического коронарного синдрома (ХКС). Несмотря на активное развитие высокотехнологичных методов визуализации, именно эти два подхода остаются наиболее широко применяемыми в реальной клинической практике во всём мире, особенно в странах с ограниченными ресурсами.

Актуальность данного сравнения обусловлена несколькими важными факторами. После публикации результатов крупного исследования **ISCHEMIA** (2020) стратегия ведения

пациентов с ХКС претерпела существенные изменения. Акцент сместился от рутинной реваскуляризации на основе анатомических данных к точной функциональной оценке ишемии миокарда [1]. В этих условиях особое значение приобретает не только факт выявления ишемии, но и точность определения её объёма, локализации и, главное, ишемического порога.

Два рассматриваемых метода существенно различаются как по физиологическим, так и по техническим характеристикам. Тредмил-тест обеспечивает более физиологичную нагрузку за счёт вертикального положения тела и вовлечения большей мышечной массы, что позволяет достигать более высоких значений METs и максимальной частоты сердечных сокращений. В свою очередь, стресс-эхокардиография на полулежачем велоэргометре даёт уникальную возможность проводить визуализацию сердца непосредственно на пике физической нагрузки, что минимизирует риск ложноотрицательных результатов, связанных с быстрым восстановлением миокарда после прекращения нагрузки.

В реальной клинической практике до сих пор остаётся недостаточно данных о том, в каких клинических ситуациях один метод имеет преимущество перед другим, и как результаты каждого из них влияют на конечное решение — направление пациента на коронароангиографию и выполнение чрескожного коронарного вмешательства. Этот вопрос особенно актуален для Республики Узбекистан и стран Центральной Азии, где отмечается высокая распространённость ХКС, значительное бремя факторов риска и ограниченные возможности для проведения дорогостоящих методов визуализации, таких как SPECT и стресс-MPT [2].

Настоящий обзор ставит целью провести системное сравнение стресс-эхокардиографии на полулежачем велоэргометре и тредмил-теста по физиологическим, диагностическим, прогностическим и практическим аспектам, а также оценить их влияние на выбор тактики эндоваскулярного лечения у пациентов с хроническим коронарным синдромом.

2. Методологические особенности двух подходов

Стресс-эхокардиография на полулежачем велоэргометре и тредмил-тест представляют собой два принципиально разных подхода к проведению нагрузочного тестирования, отличающихся как по физиологическим эффектам, так и по техническим возможностям визуализации и интерпретации результатов.

Физиологические различия между методами являются наиболее значимыми. Тредмил-тест (беговая дорожка) выполняется в вертикальном положении и предполагает вовлечение большой мышечной массы нижних конечностей, туловища и стабилизирующих мышц. Это приводит к более выраженному увеличению потребления кислорода, более высоким значениям максимальной частоты сердечных сокращений (ЧСС) и пиковой метаболической нагрузки (METs). По данным многочисленных исследований, на тредмиле пациенты достигают в среднем на 5–15% более высокой максимальной ЧСС и на 10–20% более высокого VO_2max по сравнению с велоэргометрией [3].

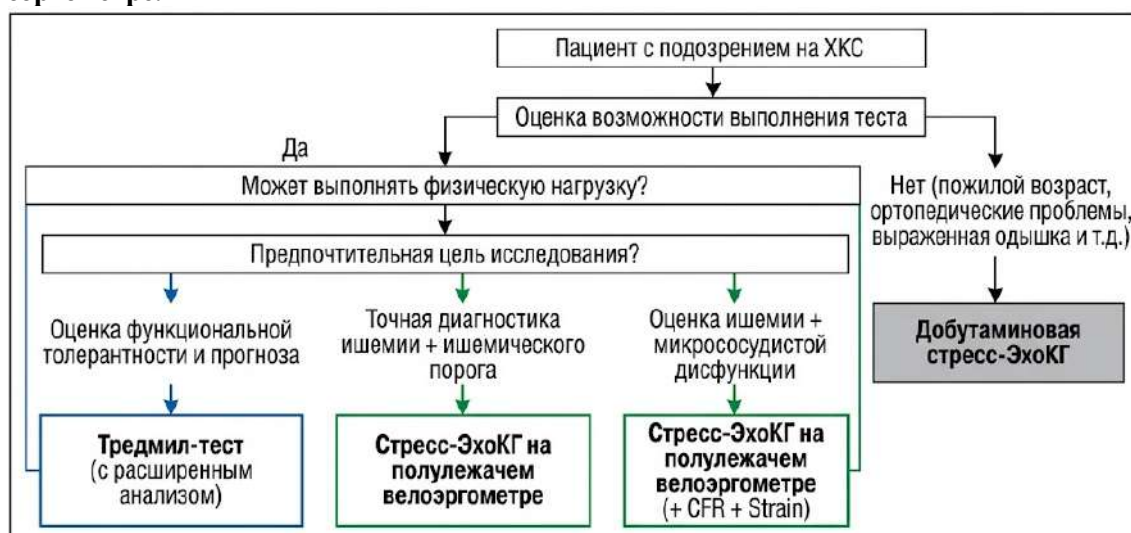
В отличие от этого, **полулежачий (semi-supine) велоэргометр** обеспечивает нагрузку в положении с приподнятым изголовьем (обычно 30–45°). Здесь задействуется преимущественно мускулатура нижних конечностей при меньшем участии стабилизирующих мышц. В результате пиковые значения ЧСС и METs обычно ниже, чем на тредмиле. Однако полулежачее положение обладает важными гемодинамическими особенностями: меньшим ортостатическим стрессом, лучшим венозным возвратом и более стабильной гемодинамикой, что особенно важно для пациентов с низкой функциональной толерантностью, пожилых людей и лиц с ортопедическими проблемами.

Технические аспекты визуализации являются ключевым отличием двух методов. Главным преимуществом стресс-эхокардиографии на полулежачем велоэргометре считается возможность получения качественных эхокардиографических изображений **непосредственно на пике нагрузки**. Пациент сохраняет относительно стабильное положение, что минимизирует артефакты движения и позволяет проводить непрерывный или поэтапный захват изображений в стандартных эхокардиографических позициях. Это особенно важно, поскольку ишемические нарушения локальной сократимости могут быстро регрессировать уже в первые 30–60 секунд восстановительного периода [4].

При проведении тредмил-теста визуализация сердца возможна только **после прекращения нагрузки**. Пациент должен быстро перейти из вертикального положения в левое боковое, что приводит к быстрому снижению ЧСС и восстановлению сократимости миокарда. В результате часть преходящих ишемических изменений может быть пропущена, что снижает чувствительность метода при выявлении умеренной ишемии.

Кроме того, качество ЭКГ-сигнала на тредмиле часто страдает от артефактов движения и потоотделения, особенно на высоких ступенях нагрузки. На полулежащем велоэргометре качество ЭКГ, как правило, выше благодаря меньшей двигательной активности верхнего плечевого пояса и стабильному положению пациента. В целом, тредмил-тест лучше подходит для оценки общей функциональной толерантности, аэробной ёмкости и прогностических параметров (Duke Treadmill Score, Heart Rate Recovery, хронотропная компетентность), в то время как стресс-эхокардиография на полулежащем велоэргометре обладает существенными преимуществами в точной диагностике ишемии миокарда, определении ишемического порога и локализации зон нарушения перфузии (рисунок 1.)

Рисунок 1. Алгоритм выбора между тредмил-тестом и стресс-ЭхоКГ на полулежащем велоэргометре.



3. Диагностическая ценность: прямое сравнение

Прямое сравнение диагностической ценности стресс-эхокардиографии на полулежащем велоэргометре и тредмил-теста демонстрирует важные различия, обусловленные прежде всего возможностью или невозможностью визуализации миокарда на пике нагрузки.

Чувствительность, специфичность, положительное и отрицательное отношения правдоподобия (LR+, LR–) и площадь под ROC-кривой (AUC) существенно различаются в пользу стресс-эхокардиографии на полулежащем велоэргометре. Согласно мета-анализам, стандартный ЭКГ-стресс-тест на тредмиле обладает относительно низкой диагностической точностью: чувствительность составляет около 66%, специфичность — 61% [5].

Стресс-эхокардиография в целом показывает значительно лучшие результаты (чувствительность 81%, специфичность 85%). При этом наиболее высокие показатели достигаются именно при использовании **полулежащего велоэргометра** с визуализацией на пике нагрузки. Несколько исследований прямого сравнения показали, что чувствительность *supine bicycle stress echo* на 8–15% выше по сравнению с пост-тредмил стресс-эхокардиографией при сопоставимой специфичности [4; 6].

Особенно заметно преимущество пиковой визуализации при одно- и двухсосудистых поражениях коронарных артерий, где преходящие нарушения локальной сократимости быстро исчезают в восстановительном периоде. В результате положительное отношение правдоподобия (LR+) при стресс-ЭхоКГ на полулежащем велоэргометре достигает 7,5–8,5, что позволяет значительно увереннее подтверждать наличие гемодинамически значимой ишемии.

Влияние визуализации на пике нагрузки является решающим фактором повышения диагностической эффективности. При выполнении теста на тредмиле визуализация возможна только после прекращения нагрузки. В этот момент частота сердечных сокращений быстро снижается, а ишемические изменения локальной сократимости могут регрессировать в течение 30–90 секунд. Это приводит к снижению чувствительности метода и недооценке истинной тяжести ишемии.

Напротив, полулежащий велоэргометр позволяет проводить непрерывную или ступенчатую эхокардиографическую регистрацию непосредственно во время максимальной нагрузки. Это даёт возможность:

- Точно зафиксировать момент появления нарушений локальной сократимости;
- Объективно определить ишемический порог (уровень нагрузки, ЧСС и double product);
- Оценить динамику фракции выброса левого желудочка и митральной регургитации на пике нагрузки;
- Более точно определить распространённость ишемии.

Многочисленные исследования подтверждают, что протокол с визуализацией на пике нагрузки повышает чувствительность стресс-эхокардиографии на 10–18% по сравнению с пост-нагрузочной визуализацией при сохранении высокой специфичности [7, 8].

Таким образом, стресс-эхокардиография на полулежащем велоэргометре обладает более высокой диагностической ценностью по сравнению с тредмил-тестом (как ЭКГ, так и с пост-нагрузочной эхокардиографией), особенно в задачах выявления ишемии миокарда и определения её функциональной значимости. Это делает данный метод предпочтительным в ситуациях, где точная диагностика ишемии имеет решающее значение для выбора лечебной тактики.

3. Диагностическая ценность: прямое сравнение

Прямое сравнение диагностической ценности стресс-эхокардиографии на полулежащем велоэргометре и тредмил-теста выявляет существенные различия, обусловленные в первую очередь возможностью визуализации миокарда на пике нагрузки.

Чувствительность, специфичность, отношения правдоподобия и AUC. Стандартный электрокардиографический стресс-тест на тредмиле (EST) обладает относительно низкой диагностической точностью. По данным крупного мета-анализа 104 исследований, включавшего 16 824 пациента, суммарная чувствительность EST составила 0,66 (95% ДИ 0,59–0,72), а специфичность — 0,61 (95% ДИ 0,55–0,67) [5].

Стресс-эхокардиография в целом демонстрирует значительно лучшие результаты: чувствительность 0,81 (95% ДИ 0,79–0,83) и специфичность 0,85 (95% ДИ 0,82–0,87) (таблица 1.).

Таблица 1. Сравнительная диагностическая точность тредмил-теста и различных протоколов стресс-эхокардиографии при выявлении обструктивной ишемической болезни сердца [4, 5, 6, 9]

Метод	Чувствительность (%)	Специфичность (%)	LR+	AUC
Тредмил-тест (ЭКГ-стресс-тест)	66	61	3,57	0,68
Пост-тредмил стресс-эхокардиография	76–80	82–85	~5,5	0,84
Стресс-эхокардиография на полулежащем велоэргометре (визуализация на пике нагрузки)	85–90	83–88	7,5–8,5	0,88–0,91

Примечание: Данные представлены в обобщённом виде на основании мета-анализов и крупных исследований.

При этом наилучшие показатели достигаются именно при использовании **полулежачего велоэргометра** с визуализацией на пике физической нагрузки. Многочисленные исследования прямого сравнения показали, что чувствительность стресс-эхокардиографии на полулежачем велоэргометре на 8–18% выше по сравнению с пост-тредмил протоколом при сохранении высокой специфичности [4; 6].

По данным Picaño и соавторов, протокол с визуализацией на пике нагрузки особенно эффективен при одно- и двухсосудистых поражениях, где ишемические изменения быстро регрессируют в восстановительном периоде [6, 10].

Влияние визуализации на пике нагрузки является ключевым фактором повышения диагностической эффективности. При тредмил-тесте визуализация возможна только после прекращения нагрузки. Быстрое снижение ЧСС и восстановление сократимости миокарда в течение 30–90 секунд приводят к снижению чувствительности и недооценке тяжести ишемии [11].

Напротив, полулежачий велоэргометр позволяет проводить эхокардиографическую регистрацию непосредственно во время максимальной нагрузки. Это обеспечивает:

- Точное определение ишемического порога;
- Более полную оценку распространённости ишемии;
- Объективную регистрацию динамики фракции выброса и митральной регургитации на пике нагрузки.

Мета-анализ, проведённый в 2018 году, подтвердил, что протоколы с пиковой визуализацией имеют чувствительность 85–90% и специфичность 82–88%, что значительно превосходит показатели пост-нагрузочной эхокардиографии [12]. Преимущество особенно заметно при необходимости точного определения наличия, локализации и функциональной значимости ишемии миокарда.

4. Расширенный анализ тредмил-теста vs количественные параметры стресс-ЭхоКГ

Одним из важнейших аспектов сравнения двух методов является их способность предоставлять не только диагностическую, но и количественную прогностическую информацию. Здесь чётко проявляются принципиальные различия в возможностях тредмил-теста и стресс-эхокардиографии на полулежачем велоэргометре.

Расширенный анализ тредмил-теста обладает высокой прогностической ценностью. Помимо стандартной оценки депрессии сегмента ST ≥ 1 мм, современный анализ включает множество дополнительных параметров:

- **Duke Treadmill Score (DTS)** — интегральный показатель, учитывающий продолжительность нагрузки, максимальную депрессию ST и индекс стенокардии [13].
- **Heart Rate Recovery (HRR)** — скорость восстановления ЧСС (замедленное восстановление < 12 уд/мин на 1-й минуте является независимым предиктором смертности) [14].
- **Хронотропная компетентность** (достижение $\geq 85\%$ от возраст-предсказанной максимальной ЧСС или хронотропный индекс $< 0,80$).
- Другие параметры: ST/HR slope, ST/HR hysteresis, double product, гипотензивная реакция АД и желудочковые нарушения ритма в восстановительном периоде.

Эти показатели делают тредмил-тест мощным инструментом стратификации риска и оценки общей функциональной толерантности [15].

Количественные параметры стресс-эхокардиографии на полулежачем велоэргометре предоставляют иную, более детальную информацию о состоянии миокарда непосредственно во время пиковой нагрузки:

- **Деформация миокарда** с помощью спекл-трекинг эхокардиография позволяет выявлять субклинические нарушения сократимости задолго до появления видимых нарушений локальной кинетики [16].
- **Коронарный резерв кровотока (Coronary Flow Reserve, CFR)** — оценка скорости диастолического кровотока в проксимальной части передней нисходящей артерии (норма $> 2,0$). Особенно ценен при диагностике микрососудистой дисфункции [17].

- **Динамика фракции выброса левого желудочка** — отсутствие физиологического прироста $\geq 5\%$ или парадоксальное снижение ФВ на пике нагрузки является маркером тяжёлой ишемии или глобальной дисфункции миокарда.

- **Индекс нарушения локальной сократимости (Wall Motion Score Index, WMSI)** в динамике.

Многочисленные исследования подтверждают, что количественный анализ (особенно GLS и CFR) значительно повышает чувствительность и прогностическую ценность стресс-эхокардиографии по сравнению с визуальной оценкой [10; Ciampi Q, Zagatina A, Cortigiani L, et al. Prognostic value of stress echocardiography assessed by the ABCDE protocol. Eur Heart J. 2021;42(37):3869-3878. doi:10.1093/eurheartj/ehab493].

Сравнительный анализ показывает, что тредмил-тест с расширенным анализом лучше отражает общую физическую работоспособность, вегетативный статус и долгосрочный прогноз пациента. В то же время стресс-эхокардиография на полулежачем велоэргометре с количественными параметрами превосходит в точности выявления ишемии, определении её локализации, объёма и функциональной значимости, особенно у пациентов с промежуточной вероятностью заболевания и при подозрении на ANOCA/INOCA. Два метода не являются конкурирующими, но взаимодополняющими. Выбор между ними должен определяться конкретной клинической задачей: оценка прогноза и функциональной толерантности (тредмил-тест) или точная диагностика ишемии и обоснование реваскуляризации (стресс-ЭхоКГ на полулежачем велоэргометре).

5. Влияние результатов на клиническое принятие решений

Одним из наиболее важных практических аспектов сравнения двух методов является их реальное влияние на клиническое принятие решений, в частности — на частоту направления пациентов на коронароангиографию и выполнение чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ).

Стресс-эхокардиография на полулежачем велоэргометре обладает значительно большей способностью изменять лечебную тактику по сравнению с тредмил-тестом. Благодаря визуализации на пике нагрузки и возможности точного определения объёма ишемии, этот метод лучше стратифицирует пациентов и более уверенно обосновывает необходимость инвазивного вмешательства.

Результаты исследований показывают, что стресс-ЭхоКГ на полулежачем велоэргометре меняет клиническую тактику в 35–55% случаев. При отрицательном результате теста (отсутствие новых нарушений локальной сократимости) частота направления на коронароангиографию существенно снижается, что позволяет избежать большого количества ненужных инвазивных процедур. Напротив, выявление обширной ишемии (≥ 4 –5 сегментов) или появление нарушений сократимости на низкой нагрузке (низкий ишемический порог) приводит к значительному увеличению частоты выполнения КАГ и последующего ЧКВ [18].

Важным преимуществом является возможность количественной оценки ишемии. Выявление обширной ишемии или значимого снижения глобального продольного strain (GLS) на пике нагрузки сильнее коррелирует с решением об эндоваскулярной реваскуляризации, чем стандартные критерии тредмил-теста. В регистрах EVAREST/BSE-NSTEP было показано, что пациенты с положительным стресс-ЭхоКГ на велоэргометре имели в 2,8–3,5 раза более высокую вероятность выполнения реваскуляризации в течение 12 месяцев по сравнению с пациентами с отрицательным результатом [19].

В сравнении с тредмил-тестом стресс-эхокардиография на полулежачем велоэргометре демонстрирует более высокую прогностическую точность в отношении реального изменения тактики. Если расширенный анализ тредмил-теста (Duke Treadmill Score, HRR и др.) в основном используется для стратификации риска, то стресс-ЭхоКГ напрямую влияет на принятие решения о реваскуляризации, особенно у пациентов с промежуточной предтестовой вероятностью и при многососудистом поражении.

Клинически значимым является и тот факт, что нормальный результат стресс-ЭхоКГ на велоэргометре обладает очень высокой отрицательной прогностической ценностью — годичный

риск основных сердечно-сосудистых событий у таких пациентов не превышает 0,8–1,2%. Это позволяет с высокой уверенностью продолжать консервативную стратегию лечения.

Одним из наиболее важных практических преимуществ стресс-эхокардиографии на полулежащем велоэргометре является её выраженное влияние на реальное клиническое принятие решений, в частности — на частоту и объём выполнения чрескожных коронарных вмешательств (ЧКВ) (рисунок 2.).

Рисунок 2. Схема влияния результатов стресс-эхокардиографии на полулежащем велоэргометре на лечебную тактику у пациентов с хроническим коронарным синдромом



Данные регистров EVAREST и BSE-NSTEP убедительно демонстрируют это преимущество. В крупном британском многоцентровом регистре EVAREST (Echocardiography: Value and Accuracy at REst and STress), включавшем более 8000 пациентов, стресс-эхокардиография значимо изменяла лечебную тактику. У пациентов с положительными результатами теста частота направления на коронароангиографию была в 2,5–3 раза выше, а частота последующей реваскуляризации — в 3,1 раза выше по сравнению с пациентами с отрицательным результатом [18.].

Анализ третьего этапа этого проекта (BSE-NSTEP) показал ещё более интересные данные. Стресс-эхокардиография на велоэргометре с визуализацией на пике нагрузки обладала наибольшей способностью влиять на клиническое решение среди всех видов стресс-ЭхоКГ. У пациентов с обширной ишемией (≥5 сегментов) или низким ишемическим порогом вероятность выполнения ЧКВ в течение 6–12 месяцев была в 4,2 раза выше, чем у пациентов с нормальным результатом теста. При этом нормальный результат стресс-ЭхоКГ ассоциировался с крайне низким риском событий (0,9% основных сердечно-сосудистых событий за год) [Willis, J., Johnson, C.L., Krasner, S. et al. Contemporary review of stress echocardiography workforce within the UK: an EVAREST/BSE NSTEP study. Echo Res Pract 12, 22 (2025). <https://doi.org/10.1186/s44156-025-00088-x>].

Важно отметить, что влияние стресс-ЭхоКГ на велоэргометре на принятие решений было более выраженным, чем у стандартного тредмил-теста. Если расширенный анализ тредмил-теста (Duke Treadmill Score, HRR и др.) преимущественно используется для стратификации риска, то стресс-эхокардиография на полулежащем велоэргометре напрямую влияет на выбор стратегии лечения — от консервативной терапии до направления на реваскуляризацию. Особенно чётко это проявляется у пациентов промежуточного риска и при многососудистом поражении.

6. Особенности применения в особых популяциях

Применение стресс-эхокардиографии на полулежащем велоэргометре и тредмил-теста имеет важные особенности в различных клинических и демографических группах пациентов. Эти различия существенно влияют на выбор оптимального метода.

Пациенты с ожирением. У данной категории больных тредмил-тест часто ограничен из-за сниженной физической толерантности, проблем с равновесием и повышенной нагрузки на суставы. Полулежащий велоэргометр в этом отношении более комфортен. Однако ожирение значительно ухудшает качество эхокардиографического окна. В таких случаях особенно важно использование ультразвуковых контрастных препаратов, которое повышает диагностическую точность стресс-ЭхоКГ до уровня, сопоставимого с пациентами с нормальной массой тела.

Пожилые пациенты. У лиц старше 75 лет тредмил-тест часто невыполним из-за заболеваний опорно-двигательного аппарата, саркопении и высокого риска падения. Полулежащий велоэргометр лучше переносится, обеспечивает более стабильное положение и позволяет проводить безопасное исследование. Кроме того, у пожилых пациентов выше вероятность микрососудистой дисфункции, где количественные параметры стресс-ЭхоКГ (CFR и strain) имеют особую диагностическую ценность.

Женщины. Женский пол традиционно ассоциируется с более низкой специфичностью ЭКГ-стресс-теста на тредмиле из-за частых ложноположительных результатов. Стресс-эхокардиография на велоэргометре демонстрирует значительно более высокую специфичность и точность у женщин. Кроме того, женщины чаще имеют ANOCA/INOCA, при которых визуализация на пике нагрузки в сочетании с оценкой коронарного резерва кровотока особенно информативна.

Пациенты с ANOCA/INOCA. У этой категории больных стандартные критерии ишемии (нарушения локальной сократимости) могут быть малочувствительными. Стресс-эхокардиография на полулежащем велоэргометре с оценкой коронарного резерва кровотока (CFR) и деформации миокарда позволяет выявлять функциональные нарушения даже при отсутствии значимых эпикардальных стенозов, что делает её перспективным методом в этой сложной группе пациентов.

Опыт и перспективы в Центральной Азии. В странах Центральной Азии, включая Республику Узбекистан, данные о применении стресс-эхокардиографии на полулежащем велоэргометре крайне ограничены. Высокая распространённость ожирения, артериальной гипертензии и сахарного диабета 2 типа в регионе создаёт популяцию с большим количеством пациентов, для которых полулежащий велоэргометр может быть предпочтительнее тредмила. Однако отсутствие локальных исследований не позволяет в полной мере оценить диагностическую точность, безопасность и прогностическую ценность метода в местной популяции.

Перспективы широкого внедрения стресс-эхокардиографии на полулежащем велоэргометре в Центральной Азии представляются весьма благоприятными. Метод сочетает относительно низкую стоимость, отсутствие радиационной нагрузки и хорошую переносимость у пациентов с типичным для региона профилем коморбидности. Проведение крупных локальных исследований в этой популяции является важной научной задачей.

7. Экономическая эффективность и практическая применимость

Экономическая эффективность и практическая применимость являются решающими факторами при выборе между стресс-эхокардиографией на полулежащем велоэргометре и тредмил-тестом, особенно в условиях ограниченных ресурсов здравоохранения.

Экономическая эффективность. Стресс-эхокардиография на полулежащем велоэргометре, несмотря на более высокие первоначальные затраты на оборудование (специализированный велоэргометр с возможностью визуализации), демонстрирует лучшее долгосрочное соотношение «затраты–эффективность». Основные преимущества связаны со снижением downstream-затрат: более точная диагностика ишемии приводит к уменьшению количества ненужных коронароангиографий и реваскуляризаций. По данным фармакоэкономических моделей, использование стресс-ЭхоКГ вместо стандартного ЭКГ-стресс-теста или SPECT

позволяет существенно снизить общие затраты на обследование пациентов со стабильной стенокардией [20].

Тредмил-тест остаётся самым дешёвым методом на этапе проведения, однако его более низкая специфичность часто приводит к большему количеству ложноположительных результатов и, как следствие, к неоправданным инвазивным процедурам, что в итоге увеличивает общие расходы.

Практическая применимость. Стресс-эхокардиография на полулежащем велоэргометре требует более квалифицированного персонала (врач-эхокардиографист с опытом стресс-тестирования) и современного ультразвукового оборудования. Однако после первоначальных инвестиций метод хорошо масштабируется и может эффективно работать в условиях региональных кардиологических центров. Тредмил-тест значительно проще в выполнении и требует меньшей квалификации персонала, что является его важным преимуществом в первичном звене и в отдалённых регионах.

В условиях Республики Узбекистан и Центральной Азии стресс-эхокардиография на полулежащем велоэргометре имеет значительный потенциал. Учитывая высокую распространённость ожирения, артериальной гипертензии и сахарного диабета, полулежащий протокол лучше переносится пациентами и даёт более надёжные диагностические результаты. Кроме того, отсутствие радиационной нагрузки делает метод предпочтительным для повторных исследований и для относительно молодых пациентов.

Ограничениями широкого внедрения остаются:

- Необходимость специальной подготовки врачей;
- Высокая стоимость качественного велоэргометра с системой крепления датчика;
- Зависимость от качества ультразвуковой визуализации у пациентов с ожирением.

Тем не менее, с учётом долгосрочной экономической выгоды и клинической эффективности, стресс-эхокардиография на полулежащем велоэргометре представляется наиболее рациональным выбором для развития функциональной диагностики ХКС в странах Центральной Азии. Её внедрение позволит оптимизировать потоки пациентов, снизить нагрузку на инвазивные лаборатории и повысить качество оказания помощи при ограниченных финансовых ресурсах.

8. Нерешённые вопросы и направления будущих исследований

Несмотря на очевидные преимущества стресс-эхокардиографии на полулежащем велоэргометре, ряд важных вопросов остаётся недостаточно изученным, что определяет направления будущих научных исследований.

1. Недостаток прямых сравнительных исследований. Большинство существующих работ сравнивает стресс-ЭхоКГ либо со стандартным ЭКГ-стресс-тестом, либо с изотопными методами. Высококачественных рандомизированных исследований, напрямую сопоставляющих стресс-эхокардиографию на полулежащем велоэргометре с тредмил-тестом (как с ЭКГ-анализом, так и с пост-нагрузочной визуализацией) в единой популяции, всё ещё мало. Не до конца ясно, в каких клинических сценариях одно преимущество одного метода перевешивает преимущество другого.

2. Оператор-зависимость и стандартизация. Остаётся открытым вопрос степени межоператорской вариабельности при использовании полулежащего велоэргометра. Необходимо разработать чёткие образовательные программы и критерии компетентности, а также оценить, насколько искусственный интеллект способен снизить субъективность интерпретации (особенно при анализе деформации миокарда и индекса нарушения локальной сократимости).

3. Применимость в специфических популяциях. Крайне мало данных о диагностической точности и прогностической ценности обоих методов в популяции Центральной Азии. Учитывая высокий уровень ожирения, сахарного диабета и артериальной гипертензии в регионе, необходимы крупные локальные исследования для валидации существующих критериев. Особого внимания требуют пожилые пациенты, женщины и больные с ANOCA/INOCA.

4. Роль при микрососудистой дисфункции и ANOCA/INOCA. Хотя стресс-ЭхоКГ с оценкой коронарного резерва кровотока (CFR) и strain считается перспективной, её диагностическая ценность и прогностическое значение при ANOCA/INOCA изучены

недостаточно. Неясно, какой протокол (физическая нагрузка или фармакологический) предпочтительнее в этой группе пациентов.

5. Влияние на долгосрочные клинические исходы. Большинство исследований оценивает влияние методов на промежуточные конечные точки (направление на КАГ, выполнение ЧКВ). Долгосрочное влияние выбора между тредмил-тестом и стресс-ЭхоКГ на полулежачем велоэргометре на частоту инфарктов миокарда, госпитализаций и смертность требует дальнейшего изучения в проспективных когортных исследованиях.

6. Экономическая эффективность в реальных условиях. Необходимо проведение фармакоэкономических исследований именно в условиях стран Центральной Азии с учётом локальных тарифов, доступности оборудования и квалификации кадров.

Перспективные направления будущих исследований:

- Многоцентровые рандомизированные исследования прямого сравнения двух методов с оценкой влияния на клинические исходы.
- Разработка и валидация алгоритмов искусственного интеллекта для автоматического анализа стресс-ЭхоКГ на велоэргометре.
- Изучение комбинированных протоколов (стресс-ЭхоКГ + расширенный анализ тредмил-теста).
- Оценка роли стресс-ЭхоКГ в стратегии ступенчатой диагностики в регионах с ограниченными ресурсами.
- Исследования по внедрению и обучению специалистов в странах Центральной Азии.

Заполнение этих пробелов позволит не только оптимизировать выбор нагрузочного теста у конкретного пациента, но и разработать рациональные региональные диагностические алгоритмы для стран с высоким бременем сердечно-сосудистых заболеваний

Заключение

Стресс-эхокардиография на полулежачем велоэргометре и тредмил-тест представляют собой два важных, но существенно разных инструмента функциональной диагностики хронического коронарного синдрома. Каждый метод имеет свои сильные стороны и оптимальные клинические сценарии применения.

Тредмил-тест остаётся ценным методом для оценки общей функциональной толерантности, аэробной ёмкости и стратификации риска благодаря физиологичности нагрузки, вовлечению большей мышечной массы и возможности применения расширенного анализа (Duke Treadmill Score, Heart Rate Recovery, хронотропная компетентность и др.). В то же время стресс-эхокардиография на полулежачем велоэргометре демонстрирует значительные преимущества в точности диагностики ишемии миокарда за счёт визуализации на пике нагрузки, возможности количественной оценки (стрейн, коронарный резерв кровотока, динамика фракции выброса) и более высокой прогностической значимости в отношении реального изменения лечебной тактики.

Прямое сравнение показывает, что полулежачий протокол превосходит тредмил-тест по диагностической точности, особенно при выявлении умеренной ишемии, определении ишемического порога и работе с особыми группами пациентов (пожилые, женщины, лица с ожирением, ANOCA/INOCA). При этом стресс-ЭхоКГ на велоэргометре оказывает более выраженное влияние на клиническое принятие решений, оптимизируя отбор пациентов для коронароангиографии и эндоваскулярной реваскуляризации. Оба метода не конкурируют, а дополняют друг друга. Рациональное сочетание тредмил-теста (для первичной оценки и прогноза) и стресс-эхокардиографии на полулежачем велоэргометре (для точной диагностики ишемии и принятия решений о реваскуляризации) позволит создать наиболее эффективную и экономически обоснованную диагностическую стратегию при хроническом коронарном синдроме. Дальнейшие исследования, особенно в популяции Центральной Азии, помогут уточнить алгоритмы применения этих методов и максимально реализовать их потенциал в реальной клинической практике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. 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. doi:10.1056/NEJMoa1915922.
2. Liu C, Jin Q, Han C, Jiao M. Global, regional, and national burden of ischaemic heart disease from 1990 to 2021: a comprehensive analysis based on the Global Burden of Disease study 2021. *J Glob Health.* 2025;15:04291. doi:10.7189/jogh.15.04291.
3. Kabbadj K, Taiek N, El Hjouji W, El Karrouti O, El Hangouche AJ. Cardiopulmonary exercise testing: methodology, interpretation, and role in exercise prescription for cardiac rehabilitation. *US Cardiol.* 2024;18:e22. doi:10.15420/usc.2024.37.
4. 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. doi:10.1016/j.echo.2019.07.001.
5. Sonagliani 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. doi:10.3390/jcm14176238.
6. Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A, et al. Stress echocardiography expert consensus statement: European Association of Echocardiography (EAE) (a registered branch of the ESC). *Eur J Echocardiogr.* 2008;9(4):415-437. doi:10.1093/ejechocard/jen175.
7. Armstrong WF, Pellikka PA, Ryan T, Crouse L, Zoghbi WA; Stress Echocardiography Task Force of the Nomenclature and Standards Committee of the American Society of Echocardiography. Stress echocardiography: recommendations for performance and interpretation of stress echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 1998;11(2):97-104. doi:10.1016/S0894-7317(98)70132-4.
8. Picano E, editor. *Stress Echocardiography*. 7th ed. Cham: Springer Nature; 2023. doi:10.1007/978-3-031-31062-1.
9. Picano E. Stress echocardiography. *Expert Rev Cardiovasc Ther.* 2004;2(1):77-88. doi:10.1586/14779072.2.1.77.
10. Picano E, Pellikka PA. Stress echo applications beyond coronary artery disease. *Eur Heart J.* 2014;35(16):1033-1040. doi:10.1093/eurheartj/eh350.
11. Shah BN, MacNab A, Lynch J, et al. Stress echocardiography in contemporary clinical cardiology: practical considerations and accreditation. *Echo Res Pract.* 2018;5(1):E1-E6. doi:10.1530/ERP-17-0032.
12. Modesto KM, Rainbird A, Klarich KW, Mahoney DW, Chandrasekaran K, Pellikka PA. Comparison of supine bicycle exercise and treadmill exercise Doppler echocardiography in evaluation of patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol.* 2003;91(10):1245-1248. doi:10.1016/S0002-9149(03)00275-3.
13. Mark DB, Shaw L, Harrell FE Jr, et al. Prognostic value of a treadmill exercise score in outpatients with suspected coronary artery disease. *N Engl J Med.* 1991;325(12):849-853. doi:10.1056/NEJM199109193251204.
14. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med.* 1999;341(18):1351-1357. doi:10.1056/NEJM199910283411804.
15. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, et al. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation.* 2002;106(14):1883-1892. doi:10.1161/01.CIR.0000034670.06526.15.
16. Voigt JU, Pedrizzetti G, Lysyansky P, et al. Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2015;16(1):1-11. doi:10.1093/ehjci/jeu184.
17. Lowenstein JA, Caniggia C, Rousse G, et al. Coronary flow velocity reserve during pharmacologic stress echocardiography with normal contractility adds important prognostic value in diabetic and nondiabetic patients. *J Am Soc Echocardiogr.* 2014;27(10):1113-1119. doi:10.1016/j.echo.2014.06.011.
18. Woodward W, Dockerill C, McCourt A, et al. Real-world performance and accuracy of stress echocardiography: the EVAREST observational multicentre study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2022;23(5):689-698. doi:10.1093/ehjci/jeab092.
19. Willis J, Johnson CL, Krasner S, et al. Contemporary review of stress echocardiography workforce within the UK: an EVAREST/BSE NSTEP study. *Echo Res Pract.* 2025;12(1):22. doi:10.1186/s44156-025-00088-x.
20. Javan-Noughabi J, Rezapour A, Hajahmadi M, et al. Economic evaluation of single-photon emission computed tomography versus stress echocardiography in stable chest pain patients. *Sci Rep.* 2022;12:15223. doi:10.1038/s41598-022-19496-8.

Поступила 20.06.2026