

Место эхокардиографии с физической нагрузкой в диагностике стабильной ишемической болезни сердца: современное состояние вопроса

Для корреспонденции:

Татьяна Андреевна Берген, tbergen@yandex.ru

Поступила в редакцию 2 марта 2020 г. Исправлена 27 апреля 2020 г. Принята к печати 27 апреля 2020 г.

Цитировать:

Таркова А.Р., Гражданкин И.О., Малоземов К.С., Берген Т.А. Место эхокардиографии с физической нагрузкой в диагностике стабильной ишемической болезни сердца: современное состояние вопроса. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2020;24(3):23-31. <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2020-3-23-31>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

ORCID ID

А.Р. Таркова, <https://orcid.org/0000-0002-4291-6047>

И.О. Гражданкин, <https://orcid.org/0000-0003-3857-7705>

К.С. Малоземов, <https://orcid.org/0000-0003-2894-0232>

Т.А. Берген, <https://orcid.org/0000-0003-1530-1327>

© А.Р. Таркова, И.О. Гражданкин, К.С. Малоземов, Т.А. Берген, 2020

Статья открытого доступа, распространяется по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

А.Р. Таркова¹, И.О. Гражданкин², К.С. Малоземов³, Т.А. Берген¹

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация

² Медицинский центр «Авиценна», Новосибирск, Российская Федерация

³ Центр новых медицинских технологий, Новосибирск, Российская Федерация

Ишемическая болезнь сердца — самая частая причина смертности в развитых странах. Методы диагностики ишемической болезни сердца можно разделить на функциональные (стресс-тесты: эхокардиография с физической или фармакологической нагрузкой, перфузионная сцинтиграфия миокарда с физической или фармакологической нагрузкой, магнитно-резонансная томография сердца с физической или фармакологической нагрузкой) и визуализирующие (компьютерно-томографическая коронарография, селективная коронарография). Разработан алгоритм оценки предтестовой вероятности ишемической болезни сердца в зависимости от клинической картины заболевания, жалоб, возраста и пола пациента, упрощающий выбор метода диагностики. Согласно данным исследований, нагрузочные тесты обладают сопоставимой чувствительностью и специфичностью, что позволяет выбирать метод диагностики, основываясь на других факторах, таких как безопасность, операторозависимость, физиологичность, доступность. В данной статье внимание уделено эхокардиографии с нагрузкой как наиболее безопасному и доступному методу диагностики. На основании европейских и национальных российских рекомендаций представлен алгоритм выполнения эхокардиографии с физической нагрузкой.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца; нагрузочный тест; стабильная стенокардия; стресс-тест; стресс-эхокардиография; эхокардиография с физической нагрузкой

Актуальность

Согласно данным Росстата, смертность от ишемической болезни сердца (ИБС) в 2016 г. составила 328,5 на 100 000 населения [1]. Распространенность стабильной ИБС в популяционных исследованиях увеличивается с возрастом у обоих полов: от 5–7 % в возрасте 45–64 лет до 10–12 % в возрасте 65–84

лет у женщин и от 4–7 % в возрасте 45–64 лет до 12–14 % в возрасте 65–84 лет у мужчин [2]. Подобная статистика указывает на острую необходимость использования ранней и доступной диагностики для предотвращения сосудистых событий.

Для диагностики стабильной ИБС могут использоваться различные методики. В последние годы

Таблица 1 Выбор метода исследования при различных показателях предтестовой вероятности

Возраст	Типичная стенокардия		Атипичная стенокардия		Боль некоронарного характера	
	Критерии: 1) типичный дискомфорт за грудиной; 2) возникает из-за физической нагрузки или стресса; 3) исчезает в покое или после приема нитратов					
	Соответствует двум критериям типичной стенокардии		Соответствует одному критерию типичной стенокардии или не соответствует вообще			
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
30–39	КТ-КГ	КТ-КГ	КТ-КГ	–	КТ-КГ	–
40–49	Стресс-тест	КТ-КГ	КТ-КГ	–	КТ-КГ	–
50–59	Стресс-тест	КТ-КГ	КТ-КГ	КТ-КГ	КТ-КГ	–
60–69	Стресс-тест	КТ-КГ	КТ-КГ	КТ-КГ	КТ-КГ	КТ-КГ
70–79	КАГ	Стресс-тест	Стресс-тест	КТ-КГ	КТ-КГ	КТ-КГ
80+	КАГ	Стресс-тест	Стресс-тест	КТ-КГ	КТ-КГ	КТ-КГ

Примечание. КТ-КГ — компьютерно-томографическая коронарография; КАГ — коронароангиография

развитие получила коронарография с определением фракционного резерва кровотока [3]. Метод сочетает точную оценку стеноза и его гемодинамической значимости. Существенным недостатком является инвазивность, риск интервенционного вмешательства и малая распространенность методики исследования. Альтернативой этому инвазивному исследованию является компьютерно-томографическая коронарография (КТ-коронарография) с определением фракционного резерва кровотока [4]. Безусловно, малоинвазивная методика, которая сочетает как анатомическую локализацию изменений, так и их функциональную значимость, выглядит многообещающе. Однако распространенность данного метода крайне невелика, и говорить о широком использовании КТ-коронарографии с определением фракционного резерва кровотока не приходится. Таким образом, в клинической практике широко применяется коронарография, КТ-коронарография и различные нагрузочные методики. В статье представлены нагрузочные тесты.

Основные положения

При выборе метода исследования для диагностики стабильной ИБС в соответствии с данными мировых руководств широко используется определение предтестовой вероятности заболевания. Так, согласно клиническим рекомендациям по ди-

агностике и лечению стабильной ИБС, утвержденным Минздравом России (2016) [5], и Европейским рекомендациям по диагностике и лечению хронического коронарного синдрома (2019) [6], метод диагностики может быть определен только после оценки предтестовой вероятности наличия заболевания. По данным последнего обновления Европейского руководства общества кардиологов по оказанию медицинской помощи пациентам со стабильной ИБС (2019), при низкой и средней предтестовой вероятности выполняется КТ-коронарография или неинвазивные нагрузочные тесты. В табл. 1 представлена оценка предтестовой вероятности с рекомендованными методами исследования, согласно клиническим рекомендациям по диагностике и лечению стабильной ИБС, утвержденным Минздравом Российской Федерации (2016) [5].

Важно указать, что нагрузочные тесты целесообразно использовать тогда, когда их результат может изменить тактику лечения.

При назначении нагрузочного теста перед направляющим врачом открывается широкий выбор методов диагностики. В клинической практике обычно используются эхокардиография (ЭхоКГ) с нагрузкой или сцинтиграфия миокарда с нагрузкой [7]. Помимо этих методов, в некоторых учреждениях возможно выполнение магнитно-резонансной томографии (МРТ) сердца с нагрузкой.

Таблица 2 Сравнение точности, специфичности и чувствительности нагрузочных методов

Метод	ЭхоКГ с ФН	ЭхоКГ с АТФ	ЭхоКГ с добутамином	Сцинтиграфия с ФН	Сцинтиграфия с вазодилататорами	МРТ с добутамином	МРТ с вазодилататорами
Чувствительность, %	80–85	79–83	72–79	73–92	90–91	79–88	67–94
Специфичность, %	80–88	82–86	92–95	63–87	75–84	81–91	61–85
Физиологичность	+	–	–	+	–	–	–
Операторозависимость	+	+	+	–	–	–	–
Лучевая нагрузка	–	–	–	+	+	–	–
Стоимость	низкая	низкая	низкая	высокая	высокая	высокая	высокая

Примечание. ЭхоКГ — эхокардиография; ФН — физическая нагрузка; АТФ — аденозинтрифосфат; МРТ — магнитно-резонансная томография

Сравнение нагрузочных тестов

В литературе существует множество работ, в которых сравнили нагрузочные тесты. Так, в мета-анализе, основанном на 44 исследованиях, выполнено сравнение диагностической точности ЭхоКГ с нагрузкой и сцинтиграфии у пациентов без ИБС в анамнезе с высокой и промежуточной предтестовой вероятностью. Согласно полученным данным, ЭхоКГ с нагрузкой показала чувствительность 85 % (95%-й доверительный интервал 83–87 %) и специфичность 77 % (95%-й доверительный интервал 74–80 %), в то время как сцинтиграфия имела чувствительность 87 % (95%-й доверительный интервал 86–88 %) и специфичность 64 % (95%-й доверительный интервал 60–68 %) [8].

М.Н. Heijnenbroek-Kal с соавт. провели анализ данных по исследованиям у пациентов, о которых сообщалось в 11 метаанализах, с целью сравнения диагностических возможностей ЭхоКГ с нагрузкой, нагрузочной однофотонной эмиссионной компьютерной томографии и электронно-лучевой компьютерной томографии. Отмечена более высокая чувствительность томографических методик в сравнении с нагрузочной ЭхоКГ, однако ЭхоКГ с нагрузкой значительно превосходит их по специфичности [9].

Важным недостатком сцинтиграфии миокарда с нагрузкой, который не позволяет его широко использовать как приоритетный нагрузочный тест, является радиационная нагрузка и необходимость проведения второго этапа в ряде случаев.

По сравнению с другими тестами МРТ с нагрузкой не имеет распространения в клинической практике ввиду небольшого количества специалистов,

занимающихся МРТ сердца, отсутствия специализированного оснащения и прочих осложняющих факторов, несмотря на ряд преимуществ и, например, отсутствие ограничения акустического окна, характерного для эхокардиографии.

Если сравнивать ЭхоКГ с нагрузкой и другие нагрузочные тесты, то, по мнению экспертов, участвовавших в составлении европейских рекомендаций от 2008 г., ЭхоКГ с нагрузкой является предпочтительной методикой из-за низкой стоимости (особенно в сравнении со стресс-МРТ), более широкой доступности, выбора вариантов проведения исследования для всех пациентов, отсутствия ионизирующего облучения (в отличие от сцинтиграфии), что немаловажно при сходной диагностической точности [10].

При детальном анализе точности, специфичности и чувствительности методик необходимо указать, что эти показатели примерно равны у всех обозначенных нагрузочных методов (табл. 2) [7].

Таким образом, данные литературы указывают на то, что метод ЭхоКГ с нагрузкой стоит рассматривать в качестве начального метода у большого количества пациентов [5; 6].

Помимо диагностической значимости, ЭхоКГ с нагрузкой обладает и прогностической ролью для стратификации риска. В исследовании L.D. Metz с соавт. при обследовании 9 000 больных при нормальном результате ЭхоКГ с нагрузкой ежегодный риск неблагоприятных событий составил 0,4–0,9 %, что сопоставимо с риском при нормальном результате нагрузочной перфузионной сцинтиграфии [11].

По данным ряда авторов, ЭхоКГ с физической нагрузкой признана наилучшим методом не-

инвазивной диагностики ИБС по соотношению цены и качества [12]. Полученные данные подтверждают актуальность и важность проведения ЭхоКГ с нагрузкой у пациентов с подозрением на гемодинамически значимый стеноз коронарных артерий [13]. Есть тенденция к увеличению использования ЭхоКГ с нагрузкой [14]. Несмотря на операторозависимость, актуальность данной методики подтверждается, например, международным проспективным многоцентровым наблюдательным исследованием Stress Echo 2020 [15].

Различные варианты эхокардиографии с нагрузкой

Эхокардиография с нагрузкой — метод исследования, в основе которого лежит ЭхоКГ-оценка стресс-индуцированных изменений. Применение ЭхоКГ с нагрузкой насчитывает около 40 лет. За это время накоплен большой объем знаний и опыта применения ЭхоКГ с нагрузкой в клинической практике. Новые технологии, применяемые в создании аппаратов, датчиков, эхоконтрастных веществ, значительно улучшили видимость границы эндокарда, что позволило достичь оптимальной визуализации у большого количества пациентов.

Несмотря на разработку более новых и дорогих методов визуализации, ЭхоКГ с нагрузкой не теряет актуальность для оценки стабильной ИБС, имеет отличную клиническую эффективность и является безопасным и экономически эффективным методом [16].

Согласно метаанализу М. Heijnenbrok-Kal с соавт., который включал 55 исследований и 3 714 пациентов, диагностическая точность (чувствительность / специфичность) ЭхоКГ с различными типами нагрузки составила: с физической нагрузкой — 83/84 %, добутамином — 81/84 %, дипиридамолом — 72/95 %, аденозином — 79/91 % [9].

Патофизиологической основой использования ЭхоКГ с нагрузкой в оценке стабильной ИБС является стресс-индуцированная ишемия миокарда, которая выражается в возникновении зон нарушения локальной сократимости, что является одним из элементов ишемического каскада [17].

R. Sicari с соавт. обобщили основные показания к применению ЭхоКГ с нагрузкой у пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца [18]. Основными показаниями к проведению ЭхоКГ

с нагрузкой являются диагностика ИБС; функциональная оценка стенозов коронарных артерий (гемодинамическая значимость, локализация и распространенность зон ишемии, определение ведущего стеноза при многососудистом поражении, коронарный резерв); стратификация риска периоперационных осложнений; оценка жизнеспособности миокарда; оценка перспективности реваскуляризации; оценка выраженности клапанного поражения (в частности, аортального стеноза у пациентов со сниженной фракцией выброса левого желудочка), латентной обструкции выходного отдела левого желудочка; выявление возможных кардиальных причин одышки при физической нагрузке.

Есть несколько вариантов проведения ЭхоКГ с нагрузкой, которые имеют сходную диагностическую и прогностическую точность. Выделяют тесты с физической нагрузкой: на дорожке или велоэргометре (вертикальном или горизонтальном); фармакологическую пробу с добутамином, аденозином и дипиридамолом. Наличие у пациента электрокардиостимулятора позволяет провести стресс-тест путем внешнего программирования кардиостимулятора со ступенчатым повышением частоты сердечных сокращений. Выбор варианта исследования определяется относительными противопоказаниями. Лечебным учреждениям, в которых проводится ЭхоКГ с нагрузкой, рекомендуется выполнять все варианты нагрузочных проб, чтобы иметь возможность проводить исследования с максимальной диагностической значимостью, поскольку недостаточная нагрузка снижает диагностическую ценность исследования.

Характеристика и исследования эхокардиографии с физической нагрузкой

Эхокардиография с физической нагрузкой является более физиологичным и, следовательно, более предпочтительным нагрузочным тестом для пациента [7]. Стандартная ЭхоКГ с физической нагрузкой может быть выполнена с использованием протокола тредмила или велоэргометрии. В случае, когда исследование проводится с тредмилом, возможна оценка изображений непосредственно после физической нагрузки, так как нарушение сократимости стенок, как правило, сохраняется долго. Когда же восстановление происходит достаточно быстро,

такой тест является отрицательным [19]. Эхокардиография с велоэргометрией может выполняться в горизонтальном или вертикальном положении. В отличие от тредмил-теста, во время нагрузочного теста на велоэргометрии можно получать изображения во время нагрузки. Положение лежа на спине (горизонтальный велоэргометр) является более подходящим для ЭхоКГ благодаря простоте получения изображения во всех стандартных позициях на всех ступенях нагрузки [18]. ЭхоКГ при велоэргометрии в вертикальном положении, как правило, ограничена апикальной позицией.

В случае, если пациент не может адекватно выполнить режим физической нагрузки, если физическая нагрузка ограничена ортопедической или другой несердечной патологией, то для такого пациента врачу следует сделать выбор в пользу теста с фармакологической нагрузкой [7].

Характеристика и исследования эхокардиографии с фармакологической нагрузкой

Возможно проводить ЭхоКГ с нагрузкой добутамином (при необходимости с добавлением атропина) и дипиридамолом (или аденозином). Данные лекарственные препараты индуцируют ишемию миокарда с помощью различных механизмов: добутамин увеличивает потребность миокарда в кислороде, а дипиридабол (или аденозин) уменьшает субэндокардиальный кровоток из-за непропорциональной вазодилатации и развития феномена обкрадывания [20]. Эхокардиография с низкими дозами добутамина используется для оценки жизнеспособности миокарда. В мире накоплен большой опыт применения такого протокола исследования, метод является наиболее диагностически значимым из всех нагрузочных тестов [21]. Использование высоких доз добутамина позволяет получить двухфазный ответ (на низких дозах отмечается сократительный резерв сегментов миокарда левого желудочка, на высоких — вновь ухудшение сократимости).

Комбинированные методы

А.Ю. Васильев с соавт. изучили комбинации методов ЭхоКГ с нагрузкой [12]. Целью исследования было сравнение информативности методов комбинированной ЭхоКГ с нагрузкой (с дипиридамолом в высокой дозе и парной велоэргометрией и с ди-

пиридамолом в высокой дозе и чреспищеводной электростимуляцией предсердий) в диагностике и распространенности стенозирующих поражений коронарных артерий. В исследование было включено 118 человек, которым выполнили велоэргометрию, стресс-эхокардиографию с дипиридамолом с последующей парной велоэргометрией или чреспищеводной электростимуляцией предсердий, коронароангиографию. При коронароангиографии у 31 пациента не обнаружено поражение коронарных артерий, у 66 выявлено однососудистое поражение, у 21 — многососудистое поражение коронарных артерий. Значения точности, чувствительности и специфичности комбинированных методов ЭхоКГ с дипиридамолом и парной велоэргометрией и с дипиридамолом и чреспищеводной электростимуляцией предсердий составили 96,5 и 94,6; 100,0 и 95,1; 94,0 и 100,0 % соответственно. Зависимости результатов методов комбинированной ЭхоКГ с нагрузкой от пола пациентов не выявлено. Выбор метода комбинированной ЭхоКГ с нагрузкой зависит от способности пациента к выполнению физической нагрузки и наличия противопоказаний к применению дополняющего стресс-агента [12].

В рекомендациях представлены критерии оценки риска неблагоприятных сердечно-сосудистых событий при положительной или отрицательной ЭхоКГ с нагрузкой [5]. Исходя из этих данных можно сделать вывод о том, что отрицательная проба при ЭхоКГ с нагрузкой у пациентов с подозрением на стабильную ИБС коррелирует с хорошим прогнозом.

Эхокардиография с нагрузкой до сих пор находит все новые точки приложения. В 2017 г. вышли совместные рекомендации Европейской ассоциации кардиоваскулярной визуализации и Американского общества по эхокардиографии по клиническому использованию ЭхоКГ с нагрузкой при неишемической болезни сердца [22]. В данных рекомендациях рассмотрено применение ЭхоКГ с нагрузкой при диастолической дисфункции. Рассмотрение этого вопроса является актуальным, потому что, по данным исследований, диастолическая дисфункция может быть основной причиной гипертрофической кардиомиопатии, патологии нативных клапанов и клапанных протезов, легочной гипертензии и некоторых врожденных пороков сердца у пациентов с клиникой сердечной недостаточности.

сти в 40 % случаев. Авторы рекомендаций заключают, что показания к применению ЭхоКГ с нагрузкой при ишемической болезни сердца постоянно расширяются, исследование может быть использовано для диагностики, стратификации риска, оценки результатов последующего лечения. Для оптимизации вариантов исследования и оценки влияния результатов ЭхоКГ с нагрузкой на лечение пациентов необходимы дальнейшие исследования. Физиологичность и доступность ЭхоКГ с физической нагрузкой позволяют сделать вывод, что это наиболее предпочтительная методика из всех нагрузочных тестов.

Протокол эхокардиографического исследования с физической нагрузкой [20]

Перед проведением нагрузочного теста пациенту в состоянии покоя проводится ЭхоКГ с электрокардиографической синхронизацией в положении лежа на горизонтальном велоэргометре или кушетке (в случае использования вертикального велоэргометра или тредмила). Эхокардиографические изображения регистрируются в парастернальных позициях по длинной и короткой осям, апикальных четырех-, двух- и трехкамерной позициях. Далее пациент выполняет физическую нагрузку. Исследование выполняют с использованием протоколов для велоэргометра (начальная ступень 25 Ватт, с повышением каждые 2 мин на 25 Ватт). Электроды ЭКГ размещают стандартным образом на конечностях и грудной клетке; 12-канальная ЭКГ регистрируется в покое и каждую минуту на протяжении исследования. Артериальное давление измеряют в состоянии покоя и на каждой ступени нагрузки. При выполнении нагрузки на велоэргометре пациент крутит педали в постоянном темпе (обычно частота педалирования 60 об./мин) при увеличивающемся сопротивлении вращению педалей. Нагрузка увеличивается ступенчато с одновременным выполнением ЭхоКГ с периодической регистрацией изображений.

Диагностически значимыми критериями прекращения нагрузки являются:

- достижение целевой частоты сердечных сокращений (85–90 % максимальной частоты сердечных сокращений, прогнозируемой для данного возраста, 78 % для пациентов с постинфарктным кардиосклерозом);
- очевидные ЭхоКГ-признаки положительной пробы (акинез 2 или более сегментов левого желудочка);
- выраженная боль в грудной клетке;
- очевидные ЭКГ-признаки положительной пробы (смещение сегмента ST более 2 мм).

Диагностически незначимыми критериями прекращения нагрузки являются:

- артериальная гипертензия (повышение систолического артериального давления > 220 мм рт. ст. или диастолического артериального давления > 120 мм рт. ст.), симптомная артериальная гипотензия со снижением артериального давления > 40 мм рт. ст. от исходного;
- наджелудочковые аритмии (суправентрикулярная тахикардия или фибрилляция предсердий), сложные желудочковые нарушения ритма (желудочковая тахикардия или частые полиморфные желудочковые экстрасистолы).

После прекращения нагрузки пациенту повторно проводится ЭхоКГ (протокол сканирования и критерии оценки должны быть такие же, которые использовались в состоянии покоя). При использовании тредмила или вертикального велоэргометра пациент должен переместиться на кушетку и занять положение на левом боку. Сканирование выполняется в пределах 1–2 мин. В фазу восстановления проводится сканирование и регистрация эхокардиографических изображений с ЭКГ-синхронизацией, оценка параметров для сравнения с данными в состоянии покоя.

Наиболее часто оцениваемыми параметрами при ЭхоКГ с нагрузкой являются:

- нарушение локальной сократимости — самый основной и высокоспецифичный признак стресс-индуцированной ишемии миокарда, анализ проводится с использованием 16-сегментной модели левого желудочка и 4-балльной шкалы оценки локальной сократимости с расчетом индекса нарушения локальной сократимости;
- глобальная систолическая функция (фракция выброса левого желудочка) — при многососудистом поражении ожидается снижение глобальной фракции;

- диастолическая функция миокарда левого желудочка (на ступенях 25 и 50 Ватт) — играет важную роль у пациентов с одышкой для дифференциальной диагностики причин одышки;
- выраженность митральной регургитации — играет важную роль у пациентов с одышкой для дифференциальной диагностики причин одышки;
- давление в легочной артерии — играет важную роль у пациентов с одышкой для дифференциальной диагностики причин одышки.

Дополнительными параметрами могут выступать:

- глобальная продольная деформация миокарда левого желудочка — улучшает воспроизводимость исследования и уменьшает межоператорскую вариабельность, позволяет количественно оценить работу миокарда, построить цветовую карту и визуально отобразить зоны с нарушением деформации, проводить оценку в динамике;
- индекс постсистолической деформации миокарда левого желудочка — является дополнительным признаком стресс-индуцированной ишемии миокарда; преимуществом данного параметра является то, что его возможно использовать в М-режиме;
- контрастная перфузионная ЭхоКГ — рекомендуется использовать эхоконтрастные препараты с целью повышения качества визуализации границ эндокарда, что позволяет оценить кинез стенок и тем самым повысить чувствительность выявления ишемии [1]. Таким образом, улучшается анализ нарушений локальной сократимости и измерений объемных показателей камер сердца. Помимо этого, преимуществом методики является возможность выявления дефектов накоплений контрастного вещества в миокарде;
- 3D-эхокардиография — позволяет визуализировать изменения в виде объемного изображения. Важно уточнить, что согласно рекомендациям по ЭхоКГ с нагрузкой такие технологии, как 3D-эхокардиография, не следует применять в рутинных исследованиях, являются темой для дальнейших научных исследований.

В работах встречается еще ряд параметров, важных при том или ином заболевании. Например, стресс-индуцированная клапанная регургитация, специфический параметр В-линии, характеризующий интерстициальные изменения в легочной ткани (эхоскопические признаки застоя в малом круге кровообращения, при выраженных изменениях интерстициальный отек легких) и др.

Многообразность показателей, которые можно получить при исследовании, говорит о том, что развитие метода до сих пор не достигло конечной точки.

Выводы

Эхокардиография с нагрузкой — высокоинформативный метод исследования, который применяется для выявления и оценки ишемии миокарда. Эхокардиография значительно доступнее, чем другие нагрузочные тесты, не несет в себе радиационную нагрузку, но имеет сходную с другими нагрузочными тестами диагностическую точность. При выборе нагрузочного теста предпочтение следует отдавать ЭхоКГ с физической нагрузкой.

Список литературы / References

1. *Здравоохранение в России* [дата обращения 12.08.2020]. М., 2017. 170 с. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/zdrav17.pdf> [Healthcare in Russia Health [cited 2020 August 12]. Moscow, 2017. 170 p. (In Russ.) Available from: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/zdrav17.pdf>]
2. National Heart, Lung, and Blood Institute. *Morbidity & mortality: 2012 Chart Book on Cardiovascular, Lung, and Blood Diseases*. Bethesda; 2012.
3. Lachance P, Déry J.-P., Rodés-Cabau J., Potvin J.-M., Barbeau G., Bertrand O.F., Gleeton O., Larose E., Nguyen C.M., Noël B., Proulx G., Roy L., De Larochellière R. Impact of fractional flow reserve measurement on the clinical management of patients with coronary artery disease evaluated with noninvasive stress tests prior to cardiac catheterization. *Cardiovasc Revasc Med*. 2008;9(4):229-234. PMID: 18928947. <http://doi.org/10.1016/j.carrev.2008.02.002>
4. Taylor C.A., Fonte T.A., Min J.K. Computational fluid dynamics applied to cardiac computed tomography for noninvasive quantification of fractional flow reserve: scientific basis. *J Am Coll Cardiol*. 2013;61(22):2233-2241. PMID: 23562923. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2012.11.083>
5. Стабильная ишемическая болезнь сердца: Клинические рекомендации: утв. Минздравом России [дата обращения 12.08.2020]. 2016. Режим доступа: http://www.fesmu.ru/SITE/files/editor/file/fpk_pps/rv31.pdf [Stable Coronary Heart Disease. Clinical Recommendations. Approved by the Russian Ministry of Health [cited 2020 August 12]. 2016. Available from: http://www.fesmu.ru/SITE/files/editor/file/fpk_pps/rv31.pdf (In Russ.)]

6. Knuuti J., Wijns W., Saraste A., Capodanno D., Barbato E., Funck-Brentano C., Prescott E., Storey R.F., Deaton C., Cuisset T., Agewall S., Dickstein K., Edvardsen T., Escaned J., Gersh B.J., Svitol P., Gilard M., Hasdai D., Hatala R., Mahfoud F., Masip J., Muneretto C., Valgimigli M., Achenbach S., Bax J.J., ESC Scientific Document Group. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J*. 2020;41(3):407-477. PMID: 31504439. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz425>
7. Task Force Members, Montalescot G., Sechtem U., Achenbach S., Andreotti F., Arden C., Budaj A., Bugiardini R., Crea F., Cuisset T., Di Mario C., Ferreira J.R., Gersh B.J., Gitt A.K., Hulot J.-S., Marx N., Opie L.H., Pfisterer M., Prescott E., Ruschitzka F., Sabaté M., Senior R., Taggart D.P., van der Wall E.E., Vrints C.J.M., ESC Committee for Practice Guidelines, Zamorano J.L., Achenbach S., Baumgartner H., Bax J.J., Bueno H., Dean V., Deaton C., Erol C., Fagard R., Ferrari R., Hasdai D., Hoes A.W., Kirchhof P., Knuuti J., Kolh P., Lancellotti P., Linhart A., Nihoyannopoulos P., Piepoli M.F., Ponikowski P., Sirnes P.A., Tamargo J.L., Tendera M., Torbicki A., Wijns W., Windecker S., Reviewers D., Knuuti J., Valgimigli M., Bueno H., Claeys M.J., Donner-Banzhoff N., Erol C., Frank H., Funck-Brentano C., Gaemperli O., Gonzalez-Juanatey J.R., Hamilos M., Hasdai D., Husted S., James S.K., Kervinen K., Kolh P., Kristensen S.D., Lancellotti P., Maggioni A.P., Piepoli M.F., Pries A.R., Romeo F., Rydén L., Simoons M.L., Sirnes P.A., Steg P.G., Timmis A., Wijns W., Windecker S., Yildirim A., Zamorano J.L. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease: the Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*. 2013;34(38):2949-3003. PMID: 23996286. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz296>
8. Fleischmann K.E., Hunink M.G., Kuntz K.M., Douglas P.S. Exercise echocardiography or exercise SPECT imaging?: A meta-analysis of diagnostic test performance. *JAMA*. 1998;280(10):913-920. PMID: 9739977. <http://doi.org/10.1001/jama.280.10.913>
9. Heijnenbroek-Kal M.H., Fleischmann K.E., Hunink M.G.M. Stress echocardiography, stress single-photon-emission computed tomography and electron beam computed tomography for the assessment of coronary artery disease: a meta-analysis of diagnostic performance. *Am Heart J*. 2007;154(3):415-423. PMID: 17719283. <http://doi.org/10.1016/j.ahj.2007.04.061>
10. Rapezzi C., Biagini E., Branzi A. Guidelines for the diagnosis and treatment of non-ST-segment elevation acute coronary syndromes: the task force for the diagnosis and treatment of non-ST-segment elevation acute coronary syndromes of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*. 2008;29(2):277-278. PMID: 17971402. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehm498>
11. Metz L.D., Beattie M., Hom R., Redberg R.F., Grady D., Fleischmann K.E. The prognostic value of normal exercise myocardial perfusion imaging and exercise echocardiography: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49(2):227-237. PMID: 17222734. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2006.08.048>
12. Васильев А.Ю., Михеев Н.Н. Сравнительная характеристика методов комбинированной стресс-эхокардиографии в диагностике стенозирующего поражения коронарных артерий. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2005;6:73-79. [Vasiliev A.Yu., Mikheev N.N. Comparative characteristics of the methods of combined stress echocardiography in the diagnosis of stenotic lesion of the coronary arteries. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2005;6:73-79. (In Russ.)]
13. Волокитина Т.Л., Нарциссова Г.П., Марченко А.В., Чернявский А.М. Диагностические возможности стресс-эхокардиографии с использованием тканевой доплерографии в выявлении жизнеспособного миокарда и оценке продольной функции левого желудочка у больных ишемической болезнью сердца с выраженной левожелудочковой дисфункцией. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2009;3:30-35. [Volkovikina T.L., Nartsissova G.P., Marchenko A.V., Cherniavsky A.M. Diagnostic potentials of stress-echocardiography and tissue Doppler sonography when determining myocardium viability and evaluating longitudinal function of the left ventricle in ischemic heart disease patients with evident LV dysfunction. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2009;3:30-35. (In Russ.)]
14. Picano E., Ciampi Q., Wierzbowska-Drabik K., Urluescu M.-L., Morrone D., Carpegiani C. The new clinical standard of integrated quadruple stress echocardiography with ABCD protocol. *Cardiovascular ultrasound*. 2018;16(1):1-12. PMID: 30285774, PMCID: PMC6167852. <http://doi.org/10.1186/s12947-018-0141-z>
15. Picano E., Ciampi Q., Citro R., D'Andrea A., Scali M.C., Cortigiani L., Olivetto I., Mori F., Galderisi M., Costantino M.F., Pratali L., Di Salvo G., Bossone E., Ferrara F., Gargani L., Rigo F., Gaibazzi N., Limongelli G., Pacileo G., Andreassi M.G., Pinamonti B., Massa L., Torres M.A.R., Miglioranza M.H., Daros C.B., de Castro E. Silva Pretto J.L., Beleslin B., Djordjevic-Dikic A., Varga A., Palinkas A., Agoston G., Gregori D., Trambaiolo P., Severino S., Arystan A., Paterni M., Carpegiani C., Colonna P. Stress echo 2020: the international stress echo study in ischemic and non-ischemic heart disease. *Cardiovasc Ultrasound*. 2017;15(1):3. PMID: 28100277, PMCID: PMC5242057. <http://doi.org/10.1186/s12947-016-0092-1>
16. Gurunathan S., Senior R. Stress echocardiography in stable coronary artery disease. *Curr Cardiol Rep*. 2017;19(12):121. PMID: 29046974. <http://doi.org/10.1007/s11886-017-0935-x>
17. Pellikka P.A., Arruda-Olson A., Chaudhry F.A., Chen M.H., Marshall J.E., Porter T.R., Sawada S.G. 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. PMID: 31740370. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2019.07.001>
18. Sicari R., Cortigiani L. The clinical use of stress echocardiography in ischemic heart disease. *Cardiovasc Ultrasound*. 2017;15(1):7. PMID: 28327159, PMCID: PMC5361820. <http://doi.org/10.1186/s12947-017-0099-2>
19. Sicari R., Nihoyannopoulos P., Evangelista A., Kasprzak J., Lancellotti P., Poldermans D., Voigt J.-U., Zamorano J.L., European Association of Echocardiography. Stress Echocardiography Expert Consensus Statement--Executive Summary: European Association of Echocardiography (EAE) (a registered branch of the ESC). *Eur Heart J*. 2009;30(3):278-289. PMID: 19001473. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehh492>
20. Рекомендации Европейской эхокардиографической ассоциации стресс-эхокардиография: согласованное мнение экспертов Европейской эхокардиографической ассоциации (ЕАЕ) (часть Европейского кардиологического общества). *Российский кардиологический журнал*. 2013;45:2.

- [European Echocardiographic Association Guidelines Stress Echocardiography: Consensus of the European Association of Echocardiography (EAE) experts (part of the European Society of Cardiology). *Russian Journal of Cardiology*. 2013;452. (In Russ.)]
21. Cadeddu Dessalvi C., Deidda M., Farci S., Longu G., Mercurio G. Early ischemia identification employing 2D speckle tracking selective layers analysis during dobutamine stress echocardiography. *Echocardiography*. 2019;36(12):2202-2208. PMID: 31742770. <http://doi.org/10.1111/echo.14535>
 22. Lancellotti P., Pellikka P.A., Budts W., Chaudhry F.A., Donal E., Dulgheru R., Edvardsen T., Garbi M., Ha J.-W., Kane G.C., Kreeger J., Mertens L., Pibarot P., Picano E., Ryan T., Tsutsui J.M., Varga A. The clinical use of stress echocardiography in non-ischaemic heart disease: recommendations from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2016;17(11):1191-1229. PMID: 27880640. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jew190>

The place of echocardiography with physical activity in the diagnosis of stable coronary heart disease: State of the Art

Aleksandra R. Tarkova¹, Igor O. Grazhdankin², Kirill S. Malozemov¹, Tatyana A. Bergen¹

¹ Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation

² Avicenna Medical Center, Novosibirsk, Russian Federation

³ Center of New Medical Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

Corresponding author. Tatyana A. Bergen, tbergen@yandex.ru

Ischemic heart disease is the most common cause of death in developed countries. Diagnostic methods for ischemic heart disease can be classified into functional (stress tests: echocardiography with physical or pharmacological stress, perfusion myocardial scintigraphy with physical or pharmacological stress, magnetic resonance imaging of the heart with physical or pharmacological stress) and imaging (computed tomographic coronary angiography and selective coronary angiography) methods. An algorithm has been developed for assessing the pretest probability of coronary heart disease, according to the clinical picture of the disease, complaints, age and sex of the patient that simplifies the procedure for making a decision regarding the diagnostic method. As per the data from previous studies, stress tests have shown comparable sensitivity and specificity, making it possible to choose a diagnostic method based on other factors, such as method safety, operator dependence, physiology and availability. This study focuses on stress echocardiography as the safest and most affordable diagnostic method. We present an algorithm for performing echocardiography with exercise as per the data from European and national Russian guidelines.

Keywords: coronary artery disease; stable angina pectoris; stress echocardiography; stress test

Received 2 March 2020. Revised 27 April 2020. Accepted 27 April 2020.

Funding: The study did not have sponsorship.

Conflict of interest: Authors declare no conflict of interest.

ORCID ID

A.R. Tarkova, <https://orcid.org/0000-0002-4291-6047>

I.O. Grazhdankin, <https://orcid.org/0000-0003-3857-7705>

K.S. Malozemov, <https://orcid.org/0000-0003-2894-0232>

T.A. Bergen, <https://orcid.org/0000-0003-1530-1327>

Copyright: © 2020 Tarkova et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

How to cite: Tarkova A.R., Grazhdankin I.O., Malozemov K.S., Bergen T.A. The place of echocardiography with physical activity in the diagnosis of stable coronary heart disease: State of the Art. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2020;24(3):23-31. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2020-3-23-31>