

Визуализация в стресс-эхокардиографии

А. Б. Тривоженко, д.м.н., зав. отделением функциональной диагностики¹, проф. кафедры клинической физиологии и функциональной диагностики²

С. А. Ярошук, ассистент кафедры клинической физиологии и функциональной диагностики², врач отделения функциональной диагностики³

П. В. Стручков, д.м.н., проф., зав. кафедрой клинической физиологии и функциональной диагностики, зав. отделением функциональной диагностики³

¹ФГБУЗ Сибирский Федеральный научно-клинический центр ФМБА России, г. Северск

²ФГБОУ ДПО Институт повышения квалификации ФМБА России, г. Москва

³ФГБУЗ КБ № 85 ФМБА России, г. Москва

Visualization due to stress-echocardiography

A. Trivozhenko, S. Iaroshuk, P. Struchkov

Siberian Federal research and clinic center of FMBA of Russia; Institute of improvement of professional skill of FMBA of Russia; Clinical hospital 85 of FMBA of Russia

Резюме

Современные аппараты экспертного класса отличаются высококачественной визуализацией, дифференцированное использование частотного диапазона, гармонических методик, интеграция новых цифровых технологий приблизило трансторакальную эхокардиографию к чреспищеводной. Мы изучили показатели точности чреспищеводной и трансторакальной велоэргометрической стресс-ЭхоКГ в диагностике скрытой коронарной недостаточности. В результате было доказано, что новые возможности повысили общую специфичность стресс-ЭхоКГ, а также чувствительность метода в диагностике СКН региона компетенции передней нисходящей артерии, однако в идентификации нарушений перфузии задней стенки классическая методика оказалась менее надежной. Это подтверждает актуальность чреспищеводной стресс-ЭхоКГ для обследования лиц с большим объемом грудной клетки или недиагностическими (акустическими окнами).

Ключевые слова: трансторакальная, чреспищеводная стресс-эхокардиография, ИБС.

Summary

New modifications of ultrasonic devices differ the high-quality visualisation, differentiated use of a frequency range, harmonious techniques, and integration of new digital technologies has approached transthoracic and transesophageal echocardiography. We have studied indicators of diagnostic accuracy transesophageal and transthoracic bicycle stress-echocardiography in diagnostics of the coronary insufficiency. It has been as a result proved, that new possibilities have raised the general specificity and sensitivity in diagnostics of CAD of the anterior-descending artery, however in identification of the coronary insufficiency of back wall the classical technique has appeared less reliable. It once again confirms an urgency transesophageal stress-echocardiography for inspection of persons with great volume of a thorax or not diagnostic «acoustic windows».

Key words: transthoracic, transesophageal stress-echocardiography, CAD.

Введение

История стресс-эхокардиографии (стресс-ЭхоКГ) насчитывает более трех десятилетий, на протяжении которых развивающаяся технология преобразилась в полноценный клинический метод. Стремительный рост количества публикаций и постоянное расширение показаний для применения стресс-ЭхоКГ в полной мере подтверждают этот факт [3, 4, 7, 8, 9].

В настоящее время методика переживает свою четвертую генерацию и ассоциируется с использованием контрастирующих агентов, трехмерных изображений, а также доплеровских и неаппаратных способов оценки напряжения и релаксации сердечной мышцы. Популярность стресс-ЭхоКГ непроизвольно стимулируется демпингом стоимости оборудования и все большей доступностью уникальных разработок в сфере диагностического ультразвука [5, 6, 10, 12].

Учитывая тот факт, что манифестация коронарной недостаточности в 30% случаев не проявляет себя изменениями электрофизиологических свойств миокарда, сегодня наблюдается тенденция постепенного замещения стресс-ЭКГ ультразвуковыми технологиями выявления более ранних маркеров заболевания в условиях физической нагрузки [11, 16].

Вместе с тем, хорошо известно, что фундаментальная стресс-ЭхоКГ, основанная на применении серошкального ультразвука, обладает целым рядом недостатков, основным из которых долгое время представлялась ограниченная визуализация миокарда левого желудочка (ЛЖ). По мнению ведущих экспертов, большинство ложных результатов у пациентов с большим объемом грудной клетки, ожирением, узкими межреберными промежутками или другими артефактами, как прави-

ло, обусловлено невозможностью полноценного изучения систолической деформации сердечной мышцы в условиях плохой видимости [1, 13, 15]. Тем не менее, постоянное усовершенствование способов проникновения и обработки ультразвуковых сигналов позволило нивелировать данный недостаток. Дифференцированное использование частотного диапазона, развитие гармонических методик, а также интеграция новых цифровых технологий обработки изображений заметно улучшили качество трансторакальной (ТТ) визуализации на протяжении последних 10 лет [7, 8, 10].

Так можно ли утверждать, что данное обстоятельство позитивным образом отразилось на чувствительности и специфичности ТТ велоэргометрической стресс-ЭхоКГ? Существует ли сегодня целесообразность использования дискомфортного чреспищеводно-

Таблица 1
Демографическая, клиническая и коронарная характеристика пациентов

ОСОБЕННОСТИ	Значение	%	Значение	%
	I группа (n = 94)		II группа (n = 74)	
Средний возраст	52,5 ± 15		55,7 ± 8,8	
Женский пол	19	20	27	36,5
Отягощенный анамнез ИБС	52	55,5	40	54
Артериальная гипертония I — II степени	30	32	47	63
Дислипопродеидемия	32	34	45	60
Сахарный диабет II типа	5	5,5	9	12
Ожирение	23	24	5	7
Стенокардия (в том числе атипичная)	62	66	58	78
Перенесенный инфаркт миокарда (без Q)	12	12,5	2	3
Нечастая экстрасистолия	16	17	20	27
Признаки атеросклероза аорты, сонных, бедренных артерий	28	30	33	44
Умеренная гипертрофия левого желудочка	40	42	35	47
Результаты верификации ИБС				
Однососудистые стенозы по КАГ	27	29	27	36
Двухсосудистые стенозы по КАГ	16	17	8	11
Условно здоровые	53	54	39	53
Распространенность ИБС в группе	46%		47%	

го (ЧП) доступа у лиц с ограниченной визуализацией эндокарда и миокарда левого желудочка? Соответствует ли качество ТТ визуализации современных экспертных аппаратов ЧП ультразвуку?

Для ответа на эти вопросы мы проанализировали наш опыт применения ТТ и ЧП стресс-ЭхоКГ и сопоставили диагностическую надежность двух методов в группах пациентов с гемодинамически значимыми (более 50%) стенозами коронарных артерий (КА).

Цель исследования

В сравнительном аспекте изучить показатели чувствительности и специфичности чреспищеводной и трансторакальной стресс-ЭхоКГ в идентификации скрытой коронарной недостаточности (СКН).

Материал и методы

Первая группа пациентов, выбранная для оценки надежности ЧП стресс-ЭхоКГ, включала 94 человека, 75 мужчины и 19 женщин, в возрасте от 34 до 72 лет (среднее 52,5 ± 15). По результатам предварительно проведенной коронароангиографии (КАГ), СКН была верифицирована

у 43 (46%) пациентов, а у 51 (54%) человека гемодинамически значимых сужений коронарных артерий обнаружено не было.

Вторая группа пациентов, выбранная для оценки надежности ТТ стресс-ЭхоКГ с использованием аппарата GE Healthcare VIVID E9, оснащенного кардиологическим датчиком M5S-D, включала 74 человека, 47 мужчин и 27 женщин в возрасте от 38 до 74 лет (среднее 55,7 ± 8,8). В данной совокупности 35 пациентов (47%), имели гемодинамически значимые стенозы КА, а 39 обследуемых лиц (53%) характеризовались ангиографически неизменными венечными сосудами или атеросклеротические поражения сосудистых стенок не имели гемодинамического значения (редуцировали просветы артерий менее чем на 50%).

Таким образом, по данным КАГ, распространенность СКН в обеих группах была сопоставимой.

Демографическая и клиническая характеристика обследуемых лиц, а также данные КАГ представлены в табл. 1 в соответствии с международными рекомендациями STARD.

Генеральным критерием включения пациентов в исследования была

изначально проведенная КАГ, а профилактика диагностического уклона достигалась за счет сокрытия данных референтного метода верификации заболевания от оператора, выполняющего стресс-ЭхоКГ.

В исследование не включались больные нестабильной стенокардией, острым инфарктом миокарда, лица с крупноочаговым или трансмуральным постинфарктным миокардиосклерозом. Также не включались пациенты с недостаточностью кровообращения II и более функционального класса по NYHA при снижении ФВ менее 50%, клинически значимыми нарушениями сердечного ритма и проводимости, гемодинамически значимой дисфункцией клапанов, заболеваниями пищевода, относящимися к противопоказаниям для эндоскопических исследований, а также с абсолютными противопоказаниями для велоэргометрии (ВЭМ).

Все исследования проводились в первой половине дня, одним экспертом, после отмены «коронарных» препаратов, права пациентов обеспечивались разъяснением цели и задач предстоящего испытания, указывались преимущества и возможные осложнения ТТ и ЧП стресс-ЭхоКГ,

наиболее значимые аспекты были изложены в протоколе информированного согласия.

Преднагрузочная ЭхоКГ выполнялась по стандартной методике, измерялись стандартные морфометрические параметры (диаметры и объемы) камер сердца и магистральных сосудов, оценивалась структура и функция клапанов, исследовалась локальная и глобальная сократимость левого желудочка, а также диастолическая функция [5,6].

Чреспищеводная стресс-ЭхоКГ состояла из трех этапов. Первый этап заключался в подготовке к диагностическому исследованию, медикаментозная профилактика дискомфорта от интубации пищевода включала парентеральное введение 4 мл раствора Ондансетрона и местную анестезию ротоглотки спреем лидокаина. Второй этап представлял собой установку ЧП датчика, в вертикальном положении, сидя на велоэргометре, данная манипуляция рассматривалась в качестве ментального компонента нагрузочной части исследования. Закономерное беспокойство испытуемого, обусловленное необычной медицинской манипуляцией, вызывало сердечную гиперфункцию, сопровождаемую увеличением параметров центральной гемодинамики. После получения оптимальных изображений ЛЖ по длинной и коротким осям, оценивалась его локальная сократимость из трансгастрального доступа. Во избежание травм слизистой желудочно-кишечного тракта, все манипуляции апертурой датчика и маневрирования кривизной проводника выполнялись с максимальной осторожностью. Третий, нагрузочный этап пробы в виде ступенчато возрастающего теста на велоэргометре подбирался таким образом, чтобы его длительность была минимальной. Пробная нагрузка для мужчин моложе 60 лет составляла 50 Вт с последующим увеличением каждые 3 мин на первоначальную мощность. У всех обследуемых женщин, а также у мужчин старше 60 лет нагрузка инициировалась с 30 Вт и возрастала аналогично.

Основным критерием положительного результата признавалось появление ультразвуковых маркеров

ишемической дисфункции сердечной мышцы — классической гипокинезии или постсистолических утолщений миокарда (ПСУ). Для дифференциальной диагностики «коронарных» ПСУ от «перегрузочных» или «блокадных» особенностей движения межжелудочковой перегородки использовались следующие критерии:

1. Утолщения должны были иметь высокую амплитуду, сопоставимую с основной систолической волной (создавать впечатление «двухфазной систолы»).
2. Они должны были регистрироваться сразу после закрытия аортального клапана и достигать пика при открытии митрального, то есть ограничиваться фазой изоволюмического расслабления.
3. Ишемические ПСУ должны были сопровождаться снижением систолы и не сочетаются с противофазными движениями или остропиковыми пресистолическими flash-движениями [1].

Трансторакальная стресс-ЭхоКГ во второй группе обследуемых лиц выполнялась по идентичному велоэргометрическому протоколу с использованием аналогичных критериев положительного результата [2,9, 16, 17]. При этом также соблюдались все правила и меры предосторожности, разработанные для тестов с физической нагрузкой. В процессе вертикальной ВЭМ осуществлялась оценка локальной сократимости в короткоосевых сечениях ЛЖ из модифицированных для ТТ стресс-ЭхоКГ парастернальных ультразвуковых доступов, использовался дуплексный серошкальный режим (двумерный + «анатомический» М-модальный). При затруднениях визуализации, обусловленных нагрузочной гипервентиляцией и гиперкинезом пациента, выполнялись специальные приемы: вращение педалей эргометра кратковременно приостанавливалось и задерживалось дыхание обследуемого на 2–3 секунды для захвата нескольких кардиоциклов в память компьютера. Данный маневр выполнялся в «контрольных точках», т.е. в конце каждой нагрузочной ступени, при этом пациент разгибался и отводил левую руку в сторону.

Все нагрузочные тесты проводились с использованием компьютерного электрокардиографа Альтон-06 и велоэргометра Tunturi-E 35.

Статистическая обработка результатов выполнялась с применением программы MedCalc. Данные представлялись с указанием генеральных средних и стандартных отклонений ($M \pm SD$). Проверка гипотезы о различии двух независимых выборок (при условии равенства дисперсий и симметричного распределения переменных) осуществлялась с использованием t — критерия. Из непараметрических методов определения различий применялся U — критерий Манна-Уитни. Показатели диагностической надежности различных модификаций стресс-ЭхоКГ вычислялись в процессе ROC — анализа. Площадь под кривой (AUC) соответствовала точности теста, чем ближе значение AUC оказывалось к 1, тем надежнее признавался тот или иной метод. Чувствительность и специфичность представлялись с 95 % доверительными интервалами. В каждом случае рассчитывался уровень статистической значимости (p), «нулевые гипотезы» отвергались при $p < 0,05$.

Результаты

Среди 94 пациентов первой группы, выбранных для ЧП стресс-ЭхоКГ, полностью осуществить диагностическую процедуру удалось у 92 человек (98 %). В одном случае условно здоровый мужчина отказался от продолжения исследования по причине дискомфорта. В другом случае, у женщины 52 лет с ангиографически неизменными коронарными артериями в ответ на установку датчика произошел кратковременный (менее одной минуты) эпизод выраженной брадикардии (50 уд. в мин), проба была прекращена, датчик был извлечен, после чего нормальная ЧСС немедленно восстановилась.

В ответ на установку датчика у всех обследуемых лиц, без межгрупповых различий, произошло закономерное симпатoadренальное увеличение числа и силы сердечных сокращений.

До интубации пищевода ЧСС в общей совокупности пациентов находилась в пределах от 47 до 100 в мин (среднее 81 ± 9); САД — от 100 до 180 мм рт.ст. (среднее 130 ± 30); ДП — от 62 до 165 ед. (среднее 107 ± 16). После установки датчика все показатели сердечной деятельности возросли, ЧСС уже находилась в диапазоне от 64 до 140 в мин (среднее 102 ± 34); САД — от 120 до 195 мм рт.ст. (среднее 155 ± 30); ДП измерялось в интервале от 70 до 260 ед. (среднее 150 ± 55).

В результате интубации пищевода ЧСС в среднем увеличились на 26 %, САД — на 19 %, а ДП — на 40 % от исходных значений, а выполненный попарно тест Манна-Уитни показал статистическую достоверность различий между первоначальными и возросшими показателями сердечной деятельности (рис. 1). Установка ЧП датчика вызвала симпатoadреналовую реакцию, в результате естественной психологической реакции на необычную медицинскую манипуляцию, что приводило к росту АД и ЧСС.

Данное обстоятельство существенно сократило продолжительность дальнейших вращений педалей эргометра пациентами, которая составила от 2 до 6 мин (среднее 4 ± 1). Гипервентиляционные дыхательные экскурсии диафрагмы создавали незначительные помехи в виде смещения изображений, при этом существенных искажений ультразвуковых сигналов не происходило.

Несмотря на то, что рвотный рефлекс был эффективно подавлен антиэметиками III поколения и орошением ротоглотки спреем лидокаина, неприятные ощущения отмечали все обследуемые лица. Определенные неудобства создавала гиперсаливация и умеренная тошнота. При анализе дискомфорта от ЧП стресс-ЭхоКГ было обнаружено что, в наибольшей степени процедура оказалась неприятной у мужчин относительно молодого возраста, где интенсивность дискомфорта оценивалась в пределах от 3 до 7 ед. по десятибалльной визуальной — аналоговой шкале (среднее 5 ± 2). Среди женщин, а также мужчин более зрелого возраста, уровень неприят-

ных ощущений был несколько ниже и находился в диапазоне от 2 до 6 ед. (среднее 4 ± 2).

В процессе исследования нарушения региональной сократимости ЛЖ в виде гипокинезии и (или) ПСУ появились у 43 человек, они распространялись на регион компетенции правой коронарной артерии (ПрКА) в 16 (37 %) наблюдениях, передней нисходящей артерии (ПНА) — в 19 (44 %), правой коронарной и передней нисходящей артерий совместно — в 8 (19 %) (рис. 2).

Ложные результаты присутствовали в 7 наблюдениях (в 4 — ложноотрицательные и в 3 — ложноположительные).

Расчет показателей надежности ЧП стресс-ЭхоКГ по основному диагностическому критерию СКН продемонстрировал AUC = 0,92 (95 % ДИ 85–97), при этом чувствительность метода составила 91 % (95 % ДИ 82–97), а специфичность — 94 % (95 % ДИ 84–98). В диагностике стенозов ветвей ПНА методика была менее чувствительной — 89 % (95 % ДИ 75–95), но более специфичной — 96 % (95 % ДИ 86–99), а в идентификации стенозов ПрКА — более чувствительной — 92 % (95 % ДИ 86–98), но менее специфичной — 90 % (95 % ДИ 72–94).

Трансторакальную стресс-ЭхоКГ с получением диагностически значимых результатов удалось провести всем пациентам, серьезных осложнений ВЭМ не произошло, отказов от продолжения диагностической процедуры зарегистрировано не было.

Длительность нагрузочной части исследования (ВЭМ) составила от 6 до 10 мин (среднее 8 ± 2), что оказалось достоверно больше периода физической нагрузки ЧП стресс-ЭхоКГ ($p < 0,001$).

В процессе исследования были задействованы все возможности современного экспертного ультразвукового аппарата, что позволило добиться хорошей визуализации передних, септальных и апикальных сегментов ЛЖ, однако в 4 (5,5 %) случаев эндокард задней стенки определялся неотчетливо. Специальные приемы (описанные выше) и хорошая проникающая способность датчика позволили исклю-

чить влияние гипервентиляции и гиперкинеза на качество получаемых изображений.

В результате, у 31 человека были выявлены НЛС, которые в 5 (16 %) наблюдениях распространялись на бассейны ПрКА, а в 26 (84 %) — на бассейны ПНА (рис. 3).

У 6 пациентов с гемодинамически значимыми стенозами по данным КАГ в процессе ТТ стресс-ЭхоКГ нарушений сократимости не появилось, напротив, наблюдалась гиперкинезия ЛЖ с полноценным увеличением интегральной систолической функции. Среди данных ложноотрицательных результатов в 3 наблюдениях существенные сужения присутствовали в ПрКА, а в 3 — в ПНА. Напротив, у двоих пациентов с индуцированными ПСУ, ангиографических изменений КА по данным КАГ зарегистрировано не было, и данные наблюдения были отнесены к ложноположительным результатам метода.

ROC — анализ надежности ТТ стресс-ЭхоКГ в диагностике СКН продемонстрировал AUC = 0,88 (95 % ДИ 0,76–0,93), чувствительность = 83 % (95 % ДИ 63–91), а специфичность = 95 % (95 % ДИ 82–99). Оценка надежности метода в дефиниции стенозов ПНА показала чувствительность = 89 % (95 % ДИ 71–96), а специфичность = 95 % (95 % ДИ 86–99). Стрессовая диагностика СКН в регионе компетенции ПрКА оказалась менее точной, чувствительность достигла 67 % (95 % ДИ 16–85), а специфичность — 95 % (95 % ДИ 90–98).

Обсуждение

Современное развитие ультразвуковой медицинской техники, характеризуется не только внедрением стереометрических, контрастных и новых ткань-визуализирующих технологий, но и разработками, направленными на повышение качества изображений в режиме фундаментального серошального ультразвука. Новые способы увеличения проникающей и разрешающей способности современных датчиков позволили максимально приблизить возможности трансторакального исследования к чреспищеводной визуализации, в том чис-

ле и в процессе стресс-ЭхоКГ. Еще 10–15 лет назад ТТ велоэргометрическая стресс-ЭхоКГ в диагностике гемодинамически значимых стенозов КА ограничивалась чувствительностью 80–87 % и специфичностью 78–88 % [7, 11, 14, 16]. Настоящее исследование продемонстрировало более высокую надежность метода, а новые возможности ТТ визуализации позитивно отразились на специфичности стресс-ЭхоКГ, позволяя исключать сомнительные нарушения локальной сократимости, обусловленные недостаточно четкой визуализацией эндокарда ЛЖ. В диагностике СКН региона компетенции ПНА чувствительность ТТ стресс-ЭхоКГ не уступала ЧП стресс-ЭхоКГ, однако в идентификации транзиторных нарушений перфузии задней стенки ЛЖ классическая методика оказалась менее надежной. Данное обстоятельство было обусловлено существенным удалением нижних и ниже-латеральных сегментов от апертуры датчика и усугублялось нагрузочной гипервентиляцией в условиях гиперкинеза обследуемых пациентов [1, 15, 16].

Это еще раз подтверждает актуальность ЧП стресс-ЭхоКГ для обследования лиц с большим объемом грудной клетки и/или недиагностическими «акустическими окнами». Высококачественная визуализация в режиме высокочастотного ультразвука максимально точно и с высокой чувствительностью позволяет осуществлять дефиницию нарушений локальной сократимости при минимальных динамических нарушениях перфузии сердечной мышцы [1, 13]. Кроме этого, методика не требует значительных усилий пациента при выполнении физической нагрузки. Процесс установки ЧП датчика, вызывающий сердечную гиперфункцию, существенно сокращает продолжительность велоэргометрии, сводя к минимуму длительность интубации пищевода. Настоящее исследование в полной мере подтверждает данный аргумент и доказывает, что ЧП исследования позволяют более надежно оценить перфузионный метаболизм не только в передней, но и в задней стенке ЛЖ. Это объясняется максимальной приближенностью нижних

и ниже-латеральных сегментов к апертуре ЧП датчика, установленного в кардиальном отделе желудка. Вместе с тем, закономерный дискомфорт от интубации пищевода позволяет рекомендовать проведение ЧП стресс-ЭхоКГ лишь в крайних случаях, когда визуализация из обычных ультразвуковых доступов не может быть использована в полной мере и велика вероятность диагностической ошибки при выполнении классической методики.

Рассматривая дальнейшие развитие стресс-ЭхоКГ необходимо подчеркнуть, что чувствительность любой модификации ультразвукового нагрузочного исследования будет ограничена 90–93 %, независимо от возможностей используемого оборудования и методов идентификации маркеров заболевания. Общеизвестно, что стрессовый метод не позволяет распознать СКН у пациентов с хорошо развитым коллатеральным кровообращением, достаточной растяжимостью сосудистых стенок, позволяющей реализовать вазомоторную компенсацию стенозов или повышенной устойчивостью кардиомиоцитов к транзиторной гипоксии [16, 17].

Выводы

1. Использование усовершенствованных технологий трансторакальной визуализации существенно повышают чувствительность и специфичность стресс-ЭхоКГ в диагностике СКН миокарда региона компетенции ПНА.
2. Чувствительность чреспищевой стресс-ЭхоКГ в диагностике СКН региона компетенции правой КА выше за счет максимальной приближенности нижней стенки сердца к апертуре ЧП датчика.
3. Применение ЧП стресс-ЭхоКГ показано для обследования лиц с неудовлетворительной трансторакальной визуализацией.

Список литературы

1. Абалмасов В.Г., Тривоженко А.Б., Стручков П.В. Трансторакальная и чреспищеводная стресс-эхокардиография. М.: ИД «Медпрактика-М», 2012. 96с.
2. Аронов Д.М., Лупанов В.П. Функциональные пробы в кардиологии, 3- изд. перераб. и доп.— М.: МЕДпресс-информ, 2007. 328с.

3. Михеев Н.Н. Стресс-эхокардиография в диагностике поздних стенозов аортокоронарных шунтов // Радиология — практика. 2012. № 2. С. 24–31.
4. Перуцкий Д.Н., Макеева Т.И., Константинов С.А. Возможности стресс-эхокардиографии в диагностике жизнеспособного миокарда у больных ишемической болезнью сердца // Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. 2011. № 7(3). С. 334–341.
5. Практическая эхокардиография: Руководство по эхокардиографической диагностике / под ред. Франка А. Флак-скампфа; пер. с нем.; под общ. Ред. Акад. РАМН, проф. В.А. Сандрикова.— М.: МЕДпресс-информ, 2013.— 872с.
6. Рыбакова М.К., Алексин М.Н., Митков В.В. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Эхокардиография. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Издательский дом Видар-М, 2008. 544с.
7. Armstrong W.F., Ryan T. Stress echocardiography from 1979 to present // J. Am. Soc. Echocardiogr. 2008. V.21. P.22–28.
8. Bhattacharyya S., Chehab O., Khattar R., et al. Stress echocardiography in clinical practice: a United Kingdom National Health Service Survey on behalf of the British Society of Echocardiography // European Heart Journal Cardiovascular Imaging. 2014. V.15. P.158–163.
9. Donal E., Thebault C., Lund L.H., et al. Heart failure with a preserved ejection fraction additive value of an exercise stress echocardiography // European Heart Journal Cardiovascular Imaging. 2012. № 13. P.656–665.
10. Douglas P.S., Khandheria B., Stainback R.F., et al. Appropriateness Criteria for Stress Echocardiography: A Report of the American College of the ACCF/AHA/ACEP/AHA/ASNC/SCAI/SCCT/SCMR 2008 // Circulation. 2008. V.117. P.1478–1497.
11. Herzog E., Chaudhry F. Echocardiography in Acute Coronary Syndrome. Springer-Verlag London Limited, 2009. 440p.
12. Innocenti F., Lazzaretti D., Conti A., et al. Stress echocardiography in the ed: diagnostic performance in high-risk subgroups // American Journal Of Emergency Medicine. 2013. V.31. № 9. P.1309–1314.
13. Legault S., Sénéchal M., Bergeron S., et al. Usefulness of an accelerated transoesophageal stress echocardiography in the preoperative evaluation of high risk severely obese subjects awaiting bariatric surgery // Cardiovascular Ultrasound 2010. V.8. P.30–36.
14. Magri C.J., Xuereb R.G. Stress echocardiography vs nuclear stress imaging in clinical cardiology // British Journal of Hospital Medicine. 2012. V.73. № 6. P.324–329.
15. Park T.H., Tayan N., Takeda K., et al. Supine bicycle echocardiography improved diagnostic accuracy and physiologic assessment of coronary artery disease with the incorporation of intermediate stages of exercise. J. Am. Coll. Cardiol. 2007. V.50. № 19. P.1857–1863.
16. Picano E. Stress Echocardiography. Fifth, completely revised and updated edition. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009. 630p.
17. Picano E., Pelikka P.A. Stress echo applications beyond coronary artery disease // European Heart Journal. 2014. V.35. № 16. P.1033–1040.

