

Стресс-эхокардиография, ее значение в диагностике ишемической болезни сердца и определении жизнеспособности миокарда

М.И. Лутай, Е.А. Немчина, А.В. Цыж

Институт кардиологии им. Н.Д. Стражеско АМН Украины, г. Киев

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *стресс-эхокардиография, ишемическая болезнь сердца, жизнеспособный миокард*

Эхокардиография является общепризнанным методом неинвазивной визуализации сердца, оценки глобальной и региональной систолической функции левого желудочка (ЛЖ) как в покое, так и при проведении стресс-тестов, расширяющих возможности рутинного нагрузочного теста. Этому, несомненно, способствует широкое распространение метода эхокардиографии в клинике, относительная дешевизна, возможность быстрого проведения исследования. Использование различных стрессорных агентов позволяет диагностировать ишемию миокарда в виде нарушений сократимости, индуцированных этими агентами. Применение эхокардиографии во время нагрузочного тестирования впервые описано еще в 1972 г., когда R. Rost и соавторы использовали М-режим во время физической нагрузки для сравнения изменений гемодинамики с помощью эхокардиографических параметров у здоровых добровольцев и у спортсменов. В 1979 г. L.S. Wann и соавторы впервые сообщили результаты обследования 28 пациентов, которым была проведена двухмерная эхокардиография до и во время велоэргометрии в положении лежа на спине [2]. Это было первым исследованием, которое подтвердило связь между провоцируемыми при нагрузке нарушениями локальной сократимости ЛЖ, выявленными при эхокардиографическом исследовании, и гемодинамически значимым стенозированием венечных артерий. L. Erbel и соавторы в 1983 г. опубликовали результаты исследования с применением дипиридамола для провокации ишемии у пациентов до и после ангиопластики. Первое исследование с использованием добутамина как стрессорного агента для индукции ишемии во время эхокардиографического исследования проведено в 1986 г., в нем С. Berthe и соавторы описывают данные обследования 30 пациентов с поражением нескольких венечных артерий и перенесенным инфарктом мио-

карда (ИМ) [9]. E. Picano и соавторы в 1995–1996 гг. опубликовали данные первых крупных многоцентровых исследований с использованием дипиридамола и добутамина [37, 38]. В течение последних 10 лет во многих клиниках мира стресс-эхокардиография нашла широкое применение для диагностики ишемической болезни сердца (ИБС), а также для прогнозирования восстановления систолической функции ЛЖ после реваскуляризации [19, 26].

Диагностическая точность метода стресс-эхокардиографии для выявления гемодинамически значимого стеноза венечных артерий составляет от 80 до 90 %, превышая точность рутинного нагрузочного исследования, особенно у пациентов с гипертрофией ЛЖ и у женщин, и сравнима с диагностической ценностью стрессового сцинтиграфического исследования перфузии миокарда. Особое значение стресс-эхокардиография приобретает для прогноза ИБС, у больных, перенесших ИМ, а также перед серьезными некардиальными хирургическими вмешательствами. Данные стресс-эхокардиографии могут свидетельствовать о степени функционального восстановления асинергичных зон миокарда после реваскуляризации, а также о степени тяжести пороков клапанного аппарата сердца. Несмотря на новые технические возможности по усовершенствованию визуализации и обработке изображений, основные проблемы стресс-эхокардиографии связаны с интерпретацией исследования, что в основном зависит от квалификации врача. Необходимо иметь в виду, что для появления новых нарушений сократимости, являющихся основным маркером ишемии, необходимо воздействие, приводящее к значительным изменениям метаболизма миокарда, что не всегда возможно у пациентов, которые переносят субмаксимальные нагрузки или принимают антиангинальные препараты.

Патофизиологическое обоснование

Доставка кислорода в миокард зависит от коронарного кровотока, а его снижение приводит к ишемии как результату кислородной недостаточности. Во время стресса коронарный кровоток в норме повышается, так как усиливается потребность в кислороде. Способность венечных артерий увеличивать кровоток в ответ на стрессовое воздействие снижается при их значительном стенозе. В условиях покоя базальный уровень кровотока поддерживается на нормальном уровне до тех пор, пока стеноз не станет достаточно выраженным. Стеноз венечной артерии на более чем 70 % обычно приводит к снижению максимального коронарного кровотока в условиях стресса [4]. Провоцирование ишемии при наличии умеренного коронарного стеноза (50–70 %) возможно при проведении максимального стрессового воздействия.

В норме физическая нагрузка и инотропная стимуляция сердца вызывают генерализованное усиление сократимости миокарда с увеличением фракции выброса (ФВ), в основном за счет уменьшения размеров ЛЖ в систолу. Типичным проявлением ишемии при проведении стресс-тестов является возникновение новых или усиление имеющихся асинергий, отставание в сокращении определенных регионов ЛЖ, а при выраженной ишемии – увеличение ЛЖ или снижение ФВ. Региональные нарушения систолической функции обычно предшествуют развитию изменения сегмента ST на электрокардиограмме (ЭКГ) и загрудинной боли, однако возникают позже, чем нарушение диастолической функции и уменьшение перфузии. Повреждение миокарда, вызванное ишемией, влечет за собой серию патологических процессов, названных «ишемическим каскадом». Вначале возникает гетерогенность перфузии, затем метаболические нарушения, затем последовательно диастолическая и систолическая дисфункция, изменения на ЭКГ и лишь затем появляется стенокардия [34]. Нарушения сократимости, вызванные стресс-тестом, обычно быстро исчезают после прекращения воздействия, однако иногда могут быть длительными при выраженной ишемической реакции или оглушении миокарда. Цель эхокардиографии – выявить вызванное ишемией нарушение сократительной функции миокарда.

Асинергичные участки миокарда не всегда представляют собой необратимые повреждения или рубец. Вследствие кратковременной окклюзии венечной артерии возникает дисфункция миокарда, однако после реперфузии в течение оп-

ределенного времени возможно восстановление сократительной функции миокарда. Этот феномен называется «оглушенный миокард» [11]. Хроническая дисфункция миокарда, возникшая вследствие уменьшения коронарной перфузии, с возможностью восстановления функции после нормализации коронарного кровотока известна как «гибернарующий миокард» [40, 41, 45]. Оглушенный и гибернарующий миокард имеют положительный инотропный резерв, что может проявиться как улучшение сократимости миокарда, визуализируемое при помощи эхокардиографии во время стимуляции добутамином. Наличие остаточной жизнеспособной ткани более характерно для гипокинетических, чем для akinетических сегментов, и наименее вероятно, если есть дискинезия.

Методика проведения исследования и техника визуализации

Стрессорные агенты можно разделить на две группы: одни в основном увеличивают потребность миокарда в кислороде, а другие – уменьшают доставку кислорода. Потребность миокарда в кислороде определяется тремя основными параметрами: силой сокращения, частотой ритма, систолическим артериальным давлением. Самым мощным стрессорным фактором, увеличивающим потребность миокарда в кислороде (в основном за счет увеличения артериального давления и частоты сокращений сердца – ЧСС), является физическая нагрузка. Потребность миокарда в кислороде также увеличивают, но в меньшей степени, чреспищеводная электростимуляция, добутамин, арбутамин. С целью уменьшения доставки кислорода и провокации ишемии используют вазодилататоры (дипиридамола и аденозин), реализующие свой эффект через «коронарное обкрадывание». Возможно также применение эргоновина, гипервентиляции, психоэмоционального стресса, которые могут спровоцировать спазм венечных артерий.

Пациентам, способным выполнять физическую нагрузку, следует проводить нагрузочные эхокардиографические исследования на тредмиле или велоэргометре. В первом случае эхокардиографию проводят в течение первой минуты после очередной ступени нагрузки, а использование велоэргометра в положении пациента лежа позволяет проводить эхокардиографию в момент нагрузки [5].

Основными показаниями для назначения фармакологического стресс-теста являются ограничение в выполнении физической нагрузки пациентом,

а также выявление жизнеспособного миокарда. Чаще всего с этой целью используют добутамин в максимальной дозе до 40–50 мкг·кг⁻¹·мин⁻¹. По химической структуре добутамин является катехоламином и наиболее близок к дофамину. Добутамин относят к селективным стимуляторам β_1 -адренорецепторов, он обладает меньшим влиянием на β_2 -адренорецепторы, и еще меньшим на α -адренорецепторы [42, 47]. Представляя собой прямой инотропный агент, добутамин обладает умеренным положительным хронотропным, гипертензивным, аритмогенным и вазодилатирующим действием. Относительная инотропная селективность добутамина связана с стимуляцией β_1 - и α_1 -адренорецепторов. Добутамин в небольших дозах при непрерывной инфузии мало влияет на ЧСС и приводит к увеличению сердечного выброса в основном за счет увеличения сократимости сердечной мышцы и ударного объема. При увеличении дозы добутамина стимуляция β_2 -адренорецепторов периферического сосудистого русла приводит к вазодилатации и компенсирует вазоконстрикцию, вызванную стимуляцией α_1 -адренорецепторов. В дозах, превышающих 20 мкг·кг⁻¹·мин⁻¹, ЧСС увеличивается до 120–140 и более в 1 мин, также усиливается периферическая вазодилатация за счет вторичного рефлекторного снижения симпатического тонуса. Добутамин увеличивает автоматизм синусового узла и ускоряет проведение электрического импульса через атриовентрикулярное соединение и по внутрижелудочковой проводящей системе. В высоких дозах это может приводить к увеличению частоты желудочковых сокращений у больных с фибрилляцией предсердий или способствовать возникновению желудочковых аритмий. Однако по сравнению с другими катехоламинами добутамин обладает меньшим аритмогенным действием. Полупериод жизни добутамина составляет только 2 мин, и поэтому для поддержания эффекта препарата необходима его постоянная инфузия. Проба является относительно безопасной, серьезные осложнения возникают с частотой около 3 на 1000 исследований. Наиболее частыми некардиальными осложнениями (всего в 20 % случаев) в исследованиях были: тошнота (8 %), тревожность (6 %), головная боль (4 %) и тремор (4 %). Также отмечали появление аритмий в виде желудочковых экстрасистол (15 %), суправентрикулярных экстрасистол и нестойкой желудочковой тахикардии (3–4 %). Атипичную боль в грудной клетке регистрируют примерно у 20 % обследованных [33]. Существует множество протоколов проведения стресс-эхокардиографии с добутамином, отличающихся

максимальными дозами добутамина (от 20 до 50 мкг·кг⁻¹·мин⁻¹), введением атропина (от 0,1 до 2 мг) и длительностью стадий (от 2 до 8 мин) [17]. Наиболее распространенная схема введения добутамина: начальная доза составляет 5 мкг·кг⁻¹·мин⁻¹ со ступенчатым повышением до 10, 20, 30 и 40 мкг·кг⁻¹·мин⁻¹ каждые 3 мин. На пиковой дозе добутамина возможно добавление атропина – болюсное внутривенное введение по 0,25 мг с интервалом 1 мин до максимальной дозы 1 мг. Тест прекращают, когда достигается одна из конечных точек. Это может быть появление новых патологических движений стенки ЛЖ в более чем одном сегменте, повышение конечно-систолического объема (КСО), достижение целевой ЧСС [(220 - возраст)·0,85] или появление серьезных осложнений [22].

Для проведения стресс-эхокардиографии также используют вазодилататоры, такие как аденозин (в дозе до 0,18 мкг·кг⁻¹·мин⁻¹) и дипиридамола (до 0,84 мкг·кг⁻¹·мин⁻¹). Их эффект объясняется механизмом «коронарного обкрадывания», который возникает при наличии гемодинамически значимого стеноза в одной или нескольких венечных артериях. Механизмы действия этих препаратов взаимосвязаны и реализуются через изменение уровня аденозина в межклеточном пространстве. Дипиридамола блокирует захват и транспорт аденозина внутрь клетки, увеличивая уровень последнего в интерстиции, что приводит к большему связыванию его с рецепторами на поверхности гладкомышечных клеток и последующему их расслаблению и вазодилатации. Действие аденозина реализуется в артериях, не пораженных атеросклерозом, что приводит к перераспределению кровотока в пользу неишемизированных зон миокарда. В результате этого происходит уменьшение перфузионного давления дистальнее субэпикардially расположенных стенозов венечных артерий («горизонтальное обкрадывание») и снижение кровотока в субэндокардиальных зонах миокарда, которые снабжаются кровью из стенозированной венечной артерии («вертикальное обкрадывание») [2]. Действие этих фармакологических препаратов на крупные венечные артерии и на системную гемодинамику менее выражено. Дипиридамола и аденозин являются безопасными и хорошо переносимыми, несмотря на часто возникающие незначительные побочные эффекты соответственно у 50 и 80 % пациентов [12, 27, 37]. Серьезные побочные эффекты наблюдают примерно в 1 случае на 1000 исследований. Наиболее характерными побочными эффектами, связанными с инфузией дипиридамола, являются головная боль (5–23 %), голо-

вокружение (5–21 %), тошнота (8–12 %), гиперемия (3 %), аритмии (менее 2 %). При введении аденозина были зарегистрированы такие побочные эффекты: головная боль (35 %), гиперемия (25 %), одышка (15 %), атриовентрикулярная блокада 1-й степени (18 %). Серьезные побочные эффекты редко развиваются, однако как при использовании аденозина, так и дигипиридамола, возможно появление выраженного бронхоспазма у пациентов с бронхиальной астмой или хроническими obstructивными заболеваниями легких. Поэтому таким пациентам вышеназванные препараты нужно назначать с повышенной осторожностью. Побочные эффекты дигипиридамола и аденозина могут нивелироваться их антагонистом – теофиллином, хотя обычно его введения не требуется.

Если ответ на фармакологические стрессорные агенты отрицательный, возможно дополнительное введение атропина. Добавление атропина приводит к увеличению потребления кислорода миокардом за счет увеличения ЧСС, что позволяет увеличивать диагностическую значимость стресс-эхокардиографии [31]. Можно использовать также протокол с комбинацией добутамина и вазодилататоров. Чувствительность эхокардиографии с добутамином для диагностики ишемии несколько выше, особенно у пациентов с поражением одной венечной артерии. Для оценки риска и прогноза ИБС оба фармакологических теста имеют одинаковую ценность. Побочные эффекты наблюдали примерно с равной частотой как для добутамина, так и для дигипиридамола, однако серьезные побочные эффекты чаще возникают при применении добутамина. Использование добутамина предпочтительнее у пациентов с бронхиальной астмой или нарушениями проводящей системы сердца, тогда как дигипиридамола лучше использовать у пациентов с серьезными аритмиями или выраженной гипертензией.

Стресс-эхокардиографическое исследование обычно проводят с использованием трансторакального доступа из двух парастернальных позиций (по длинной и по короткой оси ЛЖ) и трех верхушечных (четырёхкамерная, двухкамерная и верхушечная позиция по длинной оси ЛЖ), лучше с применением гармонического изображения [16]. Если визуализация обычным способом затруднена, то возможно проведение чреспищеводной эхокардиографии, однако она успешно может быть заменена использованием контрастных агентов. Большое значение имеет наличие цифровой обработки изображения, что позволяет более точно оценить и сравнить функцию ЛЖ на каждом этапе исследо-

вания. При наличии программного обеспечения врач может самостоятельно модифицировать протокол стресс-эхокардиографического исследования, выбирать необходимые позиции визуализации, а также выбирать удобную форму сохранения кинопетель в цифровом формате. Большинство современных программ для проведения стресс-эхокардиографического исследования поддерживает так называемый четырехквадратный режим изображения, при котором на монитор возможно одновременное выведение четырех кинопетель, записанных на разных этапах исследования, что существенно облегчает оценку изменений сократимости сегментов ЛЖ (рис. 1). Однако до сих пор существует необходимость записи исследования на видеокассету, так как только при этом возможно провести оценку сократимости миокарда на протяжении многих циклов в реальном времени, что иногда более информативно, чем сравнение разных кинопетель, на которых обычно циклически повторяется одно сокращение сердца [21].

Интерпретация стресс-эхокардиографического исследования

Одним из самых больших недостатков метода эхокардиографии является субъективизм в получении и оценке его результатов. Даже при проведении обычного эхокардиографического исследования в покое только квалифицированный специалист способен воспроизвести исследование у одного пациента в течение некоторого промежутка времени и получить сходные результаты. Намного тяжелее оценить изменения сократимости миокарда в целом и отдельных его участков. Поэтому рекомендуют, чтобы стресс-эхокардиографическое исследование проводил высококвалифицированный специалист, прошедший обучение с проведением не менее 100 стресс-исследований в присутствии опытного исследователя [15, 21, 36, 39].

Сложности интерпретации стресс-эхокардиографических исследований связаны, прежде всего, с тем, что это качественная оценка, а следовательно, всегда достаточно субъективная. Визуальный анализ основан на оценке утолщения миокарда на разных этапах исследования, причем движение эндокарда имеет меньшее значение, так как оно может быть связано с соседними нормальными участками миокарда. Для интерпретации результатов стресс-эхокардиографии в клинике чаще всего используют 16-сегментарную модель ЛЖ, предложенную N.B. Shiller и соавторами еще в 1989 г. [44], и 4-балльную шкалу для описания сократимости каж-

дого сегмента ЛЖ. При этом нормокинезия (1 балл) характеризуется экскурсией эндокарда на 5 мм и более и утолщением миокарда на 50 % и более; гипокинезия (2 балла) определяется при снижении систолической экскурсии эндокарда менее 5 мм и утолщении миокарда менее 50 %; акинезия (3 балла) характеризуется отсутствием утолщения миокарда в систолу и систолического движения эндокарда (хотя последнее необязательно); и, наконец, дискинезия (4 балла) характеризуется уменьшением толщины миокарда и обратным движением стенки во время систолы [17, 22]. Часто используют такие термины, как умеренная и выраженная гипокинезия, замедленная сократимость (тардокинезия), соответственно шкала сократимости при этом имеет большее количество баллов. Нормальным ответом считают равномерное увеличение утолщения миокарда в систолу и уменьшение КСО ЛЖ. Маркером ишемии считают появление новых патологических движений стенки или усугубление уже имеющихся. Например, возникновение гипокинезии в зоне с нормальной сократимостью в покое или возникновение акинезии в зоне миокарда с гипокинезией в исходе. При этом трансформацию сократимости из акинезии в дискинезию не считают ишемическим ответом, а относят скорее к фиксированному ответу рубцовой ткани миокарда. К фиксированному ответу также относят отсутствие улучшения сократимости в зонах с исходными асинергиями. На представленном примере (см. рис. 1) стресс-эхокардиографического исследования с добутамином у пациента с перенесенным ИМ с зубцом Q на ЭКГ (трансмуральный ИМ передне-перегородочно-верхушечно-боковой стенки ЛЖ) видно ухудшение сократимости – возникновение дискинезии и аневризматического выпячивания – базального сегмента нижней стенки ЛЖ.

Улучшение сократимости с уменьшением показателя на один и более баллов в одном или более сегментах при низких дозах добутамина считают маркером жизнеспособного миокарда в участках с нарушением его подвижности в состоянии покоя. Возникновение двухфазного ответа, когда при введении малых доз добутамина сократимость зон миокарда с исходными нарушениями улучшается, а при введении высоких доз – снижается, также можно отнести к ишемическому ответу, а миокард в данном случае также считают жизнеспособным [28].

При оценке изображения необходим системный подход. Во-первых, нужно оценить качество изображения и возможные ограничения, связанные с ним. При анализе изображений, полученных в покое, обычно оценивают глобальную систоличес-

кую функцию ЛЖ в виде суммарного среднего индекса сократимости (ИС) и ФВ, а также региональную систолическую функцию в виде индекса региональной сократимости. ИС рассчитывают как сумму баллов, полученных при оценке сократимости каждого сегмента ЛЖ, поделенную на количество исследуемых сегментов (16 при определении суммарного среднего ИС). Затем сравнивают изображения, полученные в покое и во время стрессового воздействия, оценивая возможное ухудшение глобальной систолической функции, что может проявиться в увеличении размеров ЛЖ, изменении его формы, а также развитии региональной дисфункции. Однако недостаточно оценить пробу как положительную или отрицательную, необходимо описать локализацию, протяженность и выраженность нарушений сократимости миокарда, а также ту нагрузку или дозу препарата, при которой они возникли.

Возможен также и количественный подход к интерпретации стресс-теста, который представлен несколькими методиками измерения систолической функции. Они стали доступными благодаря развитию новых технологий в оборудовании и программном обеспечении для эхокардиографических исследований. С помощью цветовой тканевой доплерографии, техники автоматического определения эндокарда, модулирования анатомического М-режима возможна количественная оценка сократимости миокарда и смещения эндокарда, синхронности сокращения сегментов ЛЖ. Мы успешно используем метод колорокинеза – автоматической

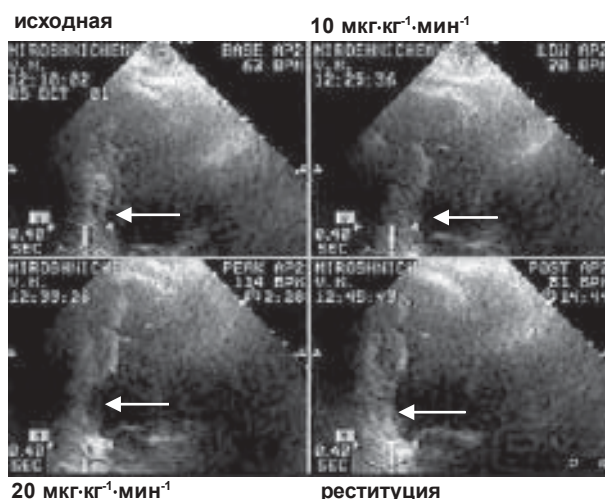


Рис. 1. Возникновение ишемии при проведении пробы с добутамином. Представлена верхушечная двухкамерная позиция ЛЖ в режиме четырех квадрантов, стрелками указана зона ишемии миокарда (базальный сегмент нижней стенки ЛЖ). Все изображения получены в конце систолы ЛЖ.

идентификации границ эндокарда, когда каждая точка изображения расценивается как ткань или кровь, и точки, перемещающиеся в систолу со стороны крови в ткань, кодируются определенным цветом для каждого кадра кинопетли – от красного до синего. Расстояние между кадрами составляет 33 мс [23]. На рис. 2 продемонстрированы возможности кинорокинеза при оценке изменения сократимости. В данном случае стресс-эхокардиографию проводили пациенту 31 года с перенесенным верхушечным ИМ без зубца Q на ЭКГ, но с нарушением региональной сократимости ЛЖ в области верхушечных сегментов передней и боковой стенок ЛЖ. На приведенных изображениях видно, что в сегментах с исходной гипокинезией, спектр окраски эндокарда которых не включает синий цвет и содержит больше красного цвета, при инфузии малых доз добутина ($10 \text{ мкг}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{мин}^{-1}$) экскурсия эндокарда увеличивается, что сопровождается появлением голубого цвета. При введении больших доз добутина ($40 \text{ мкг}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{мин}^{-1}$) у этого пациента сократимость вышеуказанных сегментов ЛЖ вновь ухудшается, исчезает голубой цвет, становится меньше зеленого, преобладает желтый и красный. Полученные изображения являются примером типичного двухфазного ответа сегментов ЛЖ, которые в свою очередь были расценены как жизнеспособные. Пациенту была проведена коронароангиография, при этом выявлен стеноз дистальной трети передней межжелудочковой ветви левой венечной артерии (ЛВА) более 75 %. Через 3 мес

после стентирования при повторном эхокардиографическом исследовании нарушения сократимости ЛЖ не определялись, то есть сократительная функция миокарда была восстановлена.

К сожалению, использование количественных методов также имеет ограничения, связанные с передачей смещения соседним сегментам миокарда, скручивающими движениями, качеством изображения и т. д. Использование методик, улучшающих визуализацию эндокарда и позволяющих проводить количественную оценку сократимости, возможно только при очень качественном изображении, когда эндокард легко определяется. Эти методы могут иметь большее значение для дальнейшей цифровой обработки и количественного анализа сократимости отдельных сегментов ЛЖ, что требует наличия дополнительного программного обеспечения.

Диагностическое применение стресс-эхокардиографии

Основная точка приложения стресс-эхокардиографии – диагностика ИБС. Как и для других визуализирующих стресс-тестов, основным показанием для проведения стресс-эхокардиографии является неспособность пациентом выполнять необходимую физическую нагрузку (в этом случае проводят фармакологический стресс) или невозможность правильной интерпретации нагрузочной пробы в связи с аномалиями реполяризации на ЭКГ

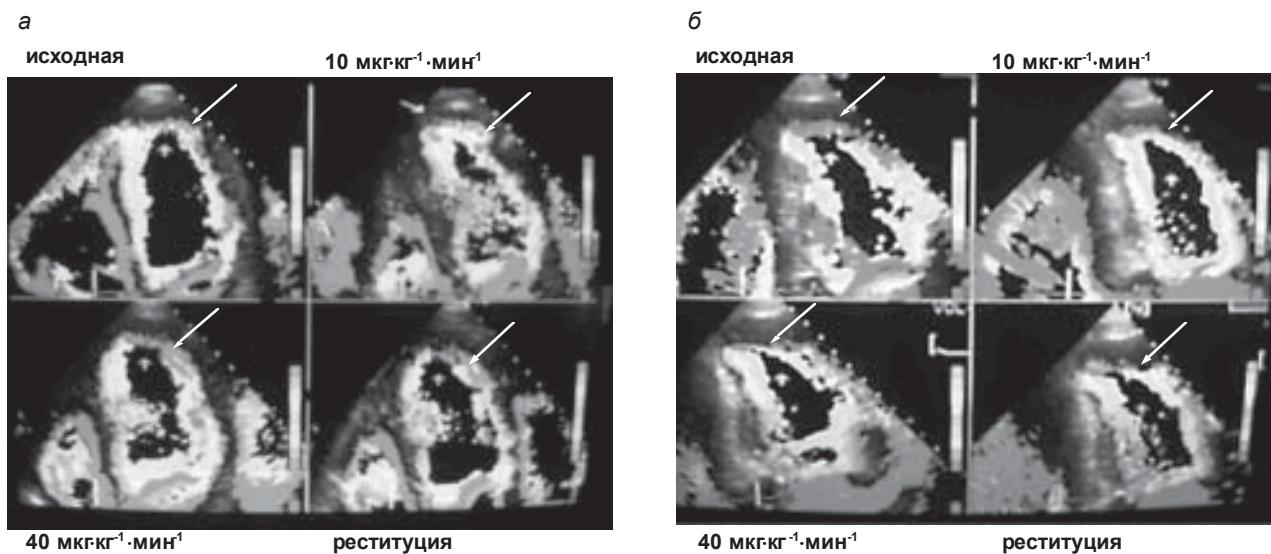


Рис. 2. Двухфазная реакция при проведении пробы с добутином: а – верхушечная четырехкамерная позиция ЛЖ; б – верхушечная двухкамерная позиция ЛЖ. Используется цифровая обработка изображения – кинорокинез. Стрелками указаны зоны (а – верхушечный сегмент боковой стенки ЛЖ, б – верхушечный сегмент передней стенки ЛЖ), в которых зарегистрирована двухфазная реакция на введение добутина. Все изображения получены в конце систолы ЛЖ.

(таким пациентам показано проводить нагрузочную стресс-эхокардиографию). Визуализирующие стресс-тесты, а не нагрузочную ЭКГ-пробу следует проводить в первую очередь: 1) больным с полной блокадой левой ножки пучка Гиса, электростимулируемым желудочковым ритмом, WPW синдромом и другими нарушениями проводимости на ЭКГ; 2) пациентам с депрессией сегмента ST более чем на 1 мм в покое, включая лиц с гипертрофией ЛЖ и пациентов, принимающих сердечные гликозиды; 3) пациентам, которые не могут выполнить нагрузку, необходимую для получения значимого результата при рутинной нагрузочной электрокардиографической пробе; 4) пациенты со стенокардией и ранее проводимой реваскуляризацией, для которых имеет важное значение выявление локализации и выраженности ишемии, а также определение жизнеспособности миокарда [19].

Показания для проведения стресс-эхокардиографии:

1. Диагностика ИБС.

2. Неинформативные результаты нагрузочно-электрокардиографического теста (велозергометрия, тредмил) или неспособность пациента к выполнению нагрузки.

3. Для определения ишемического ответа до и после интервенционной или оперативной реваскуляризации у пациентов с ИБС.

4. Для выявления области ишемии у пациентов с ИБС.

5. Определение степени риска и прогноза у пациентов перед большим хирургическим вмешательством, у больных с ИБС, с гипертонией, с некоронарогенными заболеваниями миокарда.

6. Определение жизнеспособности миокарда.

7. Определение степени аортального стеноза у пациентов со сниженной систолической функцией ЛЖ [43].

Противопоказаниями к проведению стресс-эхокардиографии могут быть: острый ИМ до 4–10 сут, нестабильная стенокардия напряжения, известный выраженный стеноз ствола ЛВА, выраженные угрожающие жизни тахикардии, выраженные клапанные стенозы, неконтролируемая гипертензия, обструктивная форма гипертрофической кардиомиопатии, острый перикардит, мио-, эндокардит, расслоение аорты [17, 22].

Диагностическая точность стресс-эхокардиографии

Диагностическую точность стресс-эхокардиографии для выявления ИБС определяют чувстви-

тельностью и специфичностью метода по сравнению с данными ангиографии. Как известно, чувствительность пробы определяют вероятностью того, что у пациента с наличием стеноза венечной артерии получают положительный результат, а специфичность, соответственно, вероятностью того, что у пациента без стеноза венечной артерии получают отрицательный результат. По отдельности специфичность и чувствительность не имеют достаточной ценности для интерпретации результатов нагрузочных тестов. Эта информация может быть рассчитана и выражена как прогностическая величина [19]. Вычисления ее требуют использования значения чувствительности и специфичности нагрузочной пробы, а также предтестовой вероятности наличия у больного стеноза венечной артерии. Положительное прогностическое значение теста снижается вместе со снижением распространенности заболевания в популяции, тогда как отрицательная прогностическая ценность повышается. Поэтому стресс-эхокардиографическое исследование нельзя использовать как рутинный метод для диагностики ишемии у пациентов с низкой или высокой вероятностью наличия ИБС. Однако для оценки степени риска и прогноза это исследование может быть полезным и у пациентов с высокой предтестовой вероятностью заболевания.

Существуют ограничения стресс-эхокардиографии, связанные с тем, что степень стеноза по данным ангиографии может недооцениваться и не соответствовать тяжести заболевания. Это бывает следствием различных гемодинамических эффектов в месте стеноза, зависящих от его локализации, протяженности, величины сосуда. У больных с поражением нескольких венечных сосудов и ранее перенесенным ИМ большая вероятность развития ишемии в ответ на стресс, и в таком случае систематическая ошибка может повлиять на точность метода. Первостепенное значение для чувствительности метода имеет проведение адекватного стресс-теста, в результате которого может возникнуть ишемия. На точность могут повлиять такие факторы, как качество изображения и морфология ЛЖ. Так, чаще всего ложноотрицательные результаты отмечены при анализе сократимости боковой стенки, а ложноположительные – нижней.

Метод стресс-эхокардиографии имеет ограничения, связанные с неверным использованием для диагностики и оценки тяжести ИБС, а также другими факторами, что приводит к неправильной оценке полученных изображений (табл. 1). Не всегда

можно легко определить поражение нескольких сосудов у пациента с нормальной функцией ЛЖ в покое. Возникновение глобальной систолической дисфункции ЛЖ (снижение ФВ и увеличение ЛЖ) может укрепить предположение исследователя о наличии поражения нескольких сосудов, хотя глобальное снижение сократительной функции можно наблюдать и при заболеваниях клапанного аппарата сердца. Кроме наличия выраженных нарушений сократительной функции, для выявления поражения нескольких сосудов имеет значение низкая доза фармакологического стрессора и небольшая ЧСС, а также двойное произведение, при которых возникают эти изменения [28].

Определение поражения одного сосуда часто бывает затруднено. Для выявления ишемии по данным эхокардиографии необходимо, чтобы нарушения сократимости вовлекали довольно значительную зону миокарда, чего не всегда можно достигнуть, особенно если пораженный сосуд небольшого диаметра, если стеноз расположен дистально или имеет умеренную гемодинамическую значимость [4, 17].

Наличие вышеуказанных ограничений стресс-эхокардиографии для выявления ишемии требует развития более чувствительных способов анализа сократительной функции, например дополнительного использования такого маркера перфузии, как контрастная эхокардиография.

В исследованиях было показано, что чувствительность нагрузочной стресс-эхокардиографии составляет 74–97 %, а специфичность – 64–86 % [5]. Более высокая чувствительность характерна для нагрузочной эхокардиографической пробы с использованием велоэргометра в положении больного лежа, так как в этом случае нет задержки между получением изображения и нагрузкой, однако при этом несколько уменьшается специфичность.

Чувствительность и специфичность стресс-эхокардиографии с использованием дипиридамола и аденозина для диагностики ИБС составляет соответственно 61–81 и 90–94 % [12, 27, 37]. В некоторых исследованиях, в которые были включены в основном пациенты с поражением нескольких сосудов и ранее перенесенным ИМ, были получены лучшие показатели чувствительности. В любом случае поражение одного сосуда сложнее диагностировать при использовании этого метода.

Для стресс-эхокардиографии с добутамином чувствительность составляет 61–90 %, а специфичность – 51–95 % [17, 22, 28]. Добавление атропина увеличивает чувствительность пробы [31]. В нашем исследовании, в которое было включено 59 паци-

Таблица 1
Причины ложноотрицательных и ложноположительных результатов стресс-эхокардиографии

Ложноотрицательные результаты	Ложноположительные результаты
Неадекватный стресс. Антиангинальное лечение (особенно β-адреноблокаторами). Поражение огибающей ветви ЛВА. Плохое качество изображения. Отсроченная ишемия.	Переоценка, связанная с ошибкой исследователя. Аномалии сократимости базальных отделов нижней стенки. Аномальная сократимость межжелудочковой перегородки (блокада левой ножки пучка Гиса, после аортокоронарного шунтирования). Кардиомиопатии. Гипертензивный ответ на стресс.

ентов (из них 6 женщин), чувствительность составила 83,3 %, а специфичность – 80 %. Мы использовали атропин в тех случаях, когда не удавалось достичь расчетной ЧСС при введении добутамина в дозе 50 мкг·кг⁻¹·мин⁻¹ и отсутствии других критериев прекращения пробы. В нашем исследовании введение атропина потребовалось у 9 пациентов, и у 4 из них был спровоцирован ишемический ответ.

Стресс-эхокардиография с добутамином – более чувствительный маркер ишемии при поражении крупных сосудов (более 2,6 мм в диаметре) [6, 14]. С ишемией при этом ассоциируются такие количественные ангиографические параметры: стеноз с диаметром просвета артерии менее 1 мм, с процентным отношением к диаметру артерии 52 % и к площади – 75 %. При этом первый показатель более всего связан с положительным ответом на добутамин при проведении стресс-эхокардиографии [25].

В лечебных учреждениях давно проводят рутинный нагрузочный электрокардиографический тест, а именно велоэргометрию или тредмил. Даже при адекватном тесте с физической нагрузкой выявление ишемии под контролем ЭКГ имеет ограничения, чувствительность этих методов в среднем составляет 45–68 %, а специфичность 50–90 % [19]. Визуализация нарушений сократимости миокарда ЛЖ увеличивает диагностическую ценность метода. Нами представлен пример диагностических возможностей стресс-эхокардиографии с добутамином у пациента с ложноотрицательной нагрузочной пробой (рис. 3). При проведении велоэргометрии у пациента (мужчина 58 лет с ранее перенесенным ИМ задней стенки ЛЖ с зубцом Q на ЭКГ) достигнута субмаксимальная расчетная ЧСС (150 в 1 мин) и артериальное давление 170/100 мм рт. ст. при нагрузке 150 Вт. При этом на

ЭКГ не возникло значимой депрессии сегмента ST. У пациента отмечали умеренный гипокинез базальных сегментов задней и нижней стенок ЛЖ при эхокардиографии в покое. При введении высоких доз добутамина ($40 \text{ мкг} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$), при ЧСС 138 в 1 мин и артериальном давлении 150/90 мм рт. ст., усилились нарушения сократимости в базальных сегментах задней и нижней стенок ЛЖ и появился гипокинез в средних сегментах задней и нижней стенок ЛЖ, что было расценено как ишемический ответ. Пациента беспокоила боль за грудиной (2 балла). По результатам коронароангиографии были выявлены стеноз проксимальной трети правой венечной артерии (ПВА) 90 % и средней трети ПВА до 75 %. На этом примере показано практическое применение стресс-эхокардиографии, диагностические возможности которой выше, чем для пробы с физической нагрузкой под контролем ЭКГ.

Диагностическое значение стресс-эхокардиографии с физической нагрузкой и фармакологическими агентами при выявлении рестенозов у боль-

ных, перенесших ангиопластику или аортокоронарное шунтирование, также достоверно выше при сравнении с нагрузочными пробами под контролем ЭКГ. Чувствительность нагрузочных электрокардиографических проб при этом составляет 31–55 %, а специфичность – 67–83 %, тогда как для стресс-эхокардиографии с добутамином чувствительность составляет 78 %, а специфичность – 77–83 %.

Всегда сложнее определение ишемии в зонах миокарда, где и в покое есть нарушения. В этом случае более рационально использовать стресс-эхокардиографию с добутамином, так как при этом чаще индуцируется двухфазный ответ [3].

Прогностическое значение

Стресс-эхокардиография имеет существенную прогностическую ценность для оценки риска у пациентов с ИБС, после перенесенного ИМ, при дисфункции ЛЖ, перед проведением больших некардиальных хирургических вмешательств [24]. Стресс-эхокардиография наиболее информативна, когда степень риска уже была оценена на основании клинических данных, таких как возраст, наличие диабета, коронарных событий в анамнезе, сердечной недостаточности. Невозможность выполнять физические нагрузки также является критерием высокого риска. Пациенты, у которых отсутствуют эти факторы, независимо от результатов стресс-теста имеют незначительный риск кардиальных осложнений [13].

Нормальное стресс-эхокардиографическое исследование свидетельствует об очень низком рис-

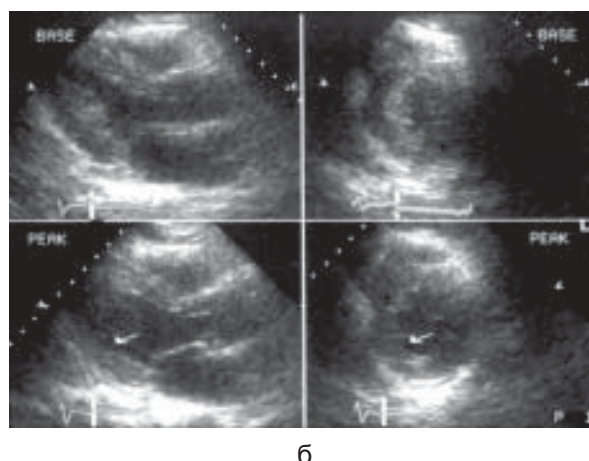
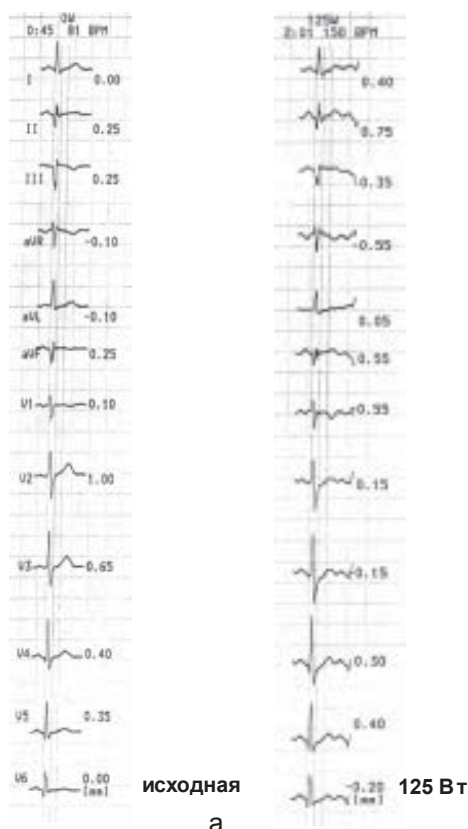


Рис. 3. Пример ложноотрицательного результата при велоэргометрии (а) и ишемического ответа при проведении стресс-эхокардиографии с добутамином (б): а – представлены усредненные комплексы PQRST в исходном состоянии и на пиковой нагрузке (125 Вт), где не выявлено депрессии сегмента ST; б – на изображениях ЛЖ в систолу, полученных из парастернальных позиций по длинной (слева) и короткой (справа) оси ЛЖ, в исходном состоянии (вверху) и при введении пиковых доз добутамина (внизу) стрелками указаны зоны с ишемическим ответом (базальные и средние сегменты задней и нижней стенки ЛЖ).

ке (менее 1 % в год) серьезных кардиальных осложнений в течение 4–5 лет. Однако этот показатель хуже для пациентов с заболеваниями, связанными с прогрессированием атеросклероза, такими как диабет или хроническая почечная недостаточность [20]. Положительный тест является предиктором риска на уровне 10–30 % развития кардиальных или спонтанных событий во время и после крупных хирургических вмешательств в течение последующих нескольких лет. Пациенты должны быть распределены на основании уровня клинического риска, а также других данных стресс-теста (например, способности выполнять физическую нагрузку, гемодинамического ответа на физическую нагрузку, изменений сегмента ST), порога возникновения ишемии, выраженности и протяженности асинергий. Не следует забывать, что результаты стресс-эхокардиографии являются дополнением к другим клиническим данным и должны оцениваться в комплексе для установления степени риска для каждого пациента [29, 30].

В исследованиях, в которых изучали значение стресс-эхокардиографии для оценки риска перед проведением хирургических вмешательств и у пациентов, перенесших ИМ, использовали преимущественно фармакологические стрессоры [46]. Поскольку дипиридамол приводит к меньшей нагрузке на миокард, чем добутамин, его применение предпочтительно для пациентов с недавно перенесенным ИМ.

Определение жизнеспособности миокарда

В ранний период после ИМ, особенно после тромбоза, возможно появление обратимой дисфункции миокарда, связанной с его оглушением [1]. В этом случае стресс-эхокардиография с использованием добутамина может быть предиктором спонтанного восстановления региональной функции в дальнейшем. Особенно важным является определение зон миокарда, в которых возможно восстановление функции после ревааскуляризации. Для этой цели используют фармакологические стрессорные агенты – в основном добутамин, реже дипиридамол [10]. В исследованиях было показано, что чувствительность и специфичность эхокардиографического исследования с использованием добутамина для определения участков миокарда, в которых улучшается систолическая функция после ревааскуляризации, составляют соответственно 69–86 и 57–100 % [3]. Мы провели 17 стресс-эхокардиографических исследований с

использованием добутамина у пациентов с различными поражениями венечных артерий и наличием систолической дисфункции ЛЖ в покое, которым в дальнейшем было проведено стентирование венечных артерий. У 10 из них отмечали улучшение сократимости при использовании малых доз добутамина, у 7 из них – улучшение региональной сократимости в течение 6 мес после операции.

Выявление жизнеспособного миокарда при стресс-эхокардиографии в основном базируется на восстановлении региональной систолической функции ЛЖ, однако также имеют значение такие показатели, как увеличение ФВ ЛЖ, а в дальнейшем и функциональные способности больных, качество их жизни. Реакция на ревааскуляризацию зависит от многих других факторов, не относящихся к эхокардиографическим критериям, таких как достижение адекватной ревааскуляризации, состояние ЛЖ в целом. Особенно имеет значение его дилатация, протяженность рубцового участка, наличие аневризмы ЛЖ (восстановление сократимости в истонченном миокарде маловероятно). Кроме того, необходима большая масса жизнеспособного миокарда (более 25 % от площади всего ЛЖ), чтобы прогнозировать увеличение ФВ на 5 %. Еще одним полезным маркером жизнеспособности миокарда является увеличение ФВ на 5 % при использовании низких доз добутамина. Большая масса жизнеспособного миокарда ассоциируется с улучшением способности к нагрузке, снижением функционального класса после ревааскуляризации, увеличением выживаемости, что представляет собой важный прогностический маркер. Улучшение систолической функции ЛЖ было отмечено после ревааскуляризации у пациентов с низкой ФВ (менее 30 %), у которых при проведении стресс-исследования была выявлена достаточная масса жизнеспособного миокарда и отмечено увеличение ФВ [32, 38]. Интересным оказалось то, что прогноз развития коронарных осложнений и возникновения смерти при ревааскуляризации у пациентов, у которых при проведении стресс-эхокардиографии не выявили жизнеспособного миокарда, был хуже, чем у тех пациентов, которым не проводили вмешательства.

Сравнение с другими методами

Критерием выбора нагрузочного стресс-эхокардиографического исследования является способность пациента выполнять нагрузку и наличие сложностей при регистрации и интерпретации изменений на ЭКГ.

Перфузионная сцинтиграфия является основной диагностической альтернативой стресс-эхокардиографии, чувствительность ее составляет более 90 % для выявления ИБС. Ранние сообщения о специфичности, составляющей примерно 70 %, связаны частично с таким феноменом, как послетестовая систематическая ошибка, и случаи ложноположительных результатов относят к артефактам изображения, которые в последнее время значительно уменьшились с использованием однофотонной эмиссионной компьютерной томографии. Сравнение обоих методов в недавно проведенных метаанализах показало, что более высокая чувствительность сцинтиграфии компенсируется большей специфичностью стресс-эхокардиографии, таким образом диагностическая точность методов приблизительно одинакова (табл. 2). Аналогичные результаты были получены в исследованиях, где сцинтиграфию и стресс-эхокардиографию проводили одним и тем же пациентам. Однако было показано, что для выявления поражения одного сосуда большей чувствительностью обладает перфузионное сцинтиграфическое исследование, что также характерно и для пациентов, принимающих антиангинальную терапию. Это связано с тем, что при перфузионном исследовании для выявления ишемии нет необходимости в провокации ишемии, достаточной для развития нарушения сократительной функции миокарда. Перфузионная сцинтиграфия обладает большей чувствительностью при выявлении ишемии у пациентов с поражением нескольких венечных артерий и нарушениями региональной систолической функции в покое. Сцинтиграфия также может быть более высокочувствительной для пациентов, у которых затруднена эхокардиографическая визуализация [18].

Эхокардиография более специфична при выявлении ишемии, особенно у пациентов с гипертрофией ЛЖ и блокадой левой ножки пучка Гиса. Артефакты, связанные с молочными железами у женщин при сцинтиграфическом исследовании, снижают диагностическую точность метода, таким образом, женщинам также предпочтительнее проводить стресс-эхокардиографию. Преимуществом стресс-эхокардиографии также является то, что она имеет гибкий протокол проведения с возможностью различных вариаций, и ее выполнение дешевле и быстрее, по сравнению со сцинтиграфическим перфузионным исследованием [35].

Прогностическое значение негативного теста одинаково высоко (менее 1 % для ранних событий) как для стресс-эхокардиографии, так и для

Таблица 2

Сравнительная оценка стресс-эхокардиографии и радиоизотопного стресс-исследования миокардиальной перфузии

Преимущества стресс-эхокардиографии	Выше специфичность, особенно при наличии гипертрофии ЛЖ, а также для определения жизнеспособности. Большие возможности для определения анатомии и функции сердечной мышцы. Удобство, легкость и эффективность проведения. Низкая стоимость.
Преимущества радиоизотопного стресс-исследования миокардиальной перфузии	Выше технические возможности. Больше чувствительность, особенно для поражения одного сосуда с вовлечением левой обгибающей артерии, а также для прогнозирования улучшения сократительной функции ЛЖ после реваскуляризации. Более высокая точность выявления ишемии при патологической сократимости нескольких сегментов ЛЖ в покое. Значение положительного теста для прогноза доказано в многочисленных исследованиях. Однако при негативном тесте прогностическое значение практически не отличается.

сцинтиграфии. Подобные данные были получены и для положительного результата исследований. К сожалению, было проведено только несколько сравнительных исследований, и группы пациентов в них не были достаточно однородными. Однако даже имеющиеся данные свидетельствуют о том, что в прогнозе методы практически не уступают друг другу.

Значение различных методов для прогноза восстановления региональной функции сравнивали в метаанализах и при проведении исследований одних и тех же групп пациентов. Оба анализа подтвердили, что точность неинвазивных тестов сходна, однако стресс-эхокардиография показала несколько меньшую чувствительность и большую специфичность, чем другие методы. Стрессовое исследование с магнитно-резонансной визуализацией оказалось таким же точным, как и стресс-эхокардиография, как для диагностики ишемии, так и для идентификации жизнеспособного миокарда [7, 8, 10].

Таким образом, стресс-эхокардиография является высокоточным и относительно безопасным методом диагностики ишемии, жизнеспособного миокарда, а также прогнозирования течения ИБС и улучшения систолической функции ЛЖ после реваскуляризации. Возможности комбинирования стрессорных агентов, коррекция протокола исследова-

дования способствуют более активному применению метода в клинике для разных групп пациентов. Основная причина неадекватных исследований – это недостаточная подготовка исследователя, высокая степень субъективности при интерпретации исследования, а также зачастую невозможность получения качественного изображения сердца при ультразвуковом сканировании.

Несмотря на наличие этих недостатков, метод стресс-эхокардиографии на протяжении многих лет не теряет свою ценность, приобретая новые возможности с прогрессированием технологий визуализации и автоматического анализа эхокардиографических показателей функционального состояния миокарда. Доказательством этому может служить включение стресс-эхокардиографии в рекомендации по диагностике ИБС Европейского и Американского обществ кардиологов как одного из основных визуализирующих методов исследования сердца, который в ряде случаев превосходит по диагностической точности радиоизотопные исследования, и зачастую может проводиться как первичное исследование для диагностики ИБС.

Наш опыт применения стресс-эхокардиографии с использованием добутина подтверждает ее высокую чувствительность и специфичность в диагностике ИБС. Использование стресс-эхокардиографии улучшает выявление ишемии миокарда ЛЖ у пациентов с ложноотрицательными результатами велоэргометрии. Применение специального метода цифровой обработки изображения колокинеза увеличивает диагностическую точность стресс-эхокардиографии, особенно для выявления жизнеспособного миокарда.

Литература

1. Пархоменко О.М., Долженко М.М., Іркін О.І. та ін. Виявлення життєздатного міокарда у хворих з гострим інфарктом міокарда за даними стрес-ехокардіографії з добутином // Укр. кардіол. журн. – 1999. – № 2. – С. 6-8.
2. Седов В.П., Алексин М.Н., Корнеев Н.В. Стресс-эхокардиография. – М., 2000. – С. 152.
3. Afridi I., Kleiman N.S., Raizner A.E., Zoghbi W.A. Dobutamine echocardiography in myocardial hibernation // *Circulation*. – 1995. – Vol. 91. – P. 663-670.
4. Agati L., Arata L., Luongo R. et al. Assessment of severity of coronary narrowings by quantitative exercise echocardiography and comparison with quantitative arteriography // *Amer. J. Cardiology*. – 1991. – Vol. 67. – P. 1201-1207.
5. Armstrong W.F. Treadmill exercise echocardiography: methodology and clinical role // *Eur. Heart J.* – 1997. – Vol. 18 (Suppl. D). – P. 2-8.
6. Bartunek J., Wijns W., Heyndrickx G.R., de Bruyne B. Effects of dobutamine on coronary stenosis physiology and morphology // *Circulation*. – 1999. – Vol. 100. – P. 243-249.
7. Bax J.J., Cornel J.H., Visser F.C. et al. Prediction of recovery of myocardial dysfunction after revascularization. Comparison of fluorine-18 fluorodeoxyglucose/thallium-201 SPECT, thallium-201 stress-reinjection SPECT and dobutamine echocardiography // *J. Amer. Coll. Cardiology*. – 1996. – Vol. 28. – P. 558-564.
8. Bax J.J., Valkema R., Visser F.C., van Lingem et al. FDG SPECT in the assessment of myocardial viability. Comparison with dobutamine echo // *Eur. Heart J.* – 1997. – Vol. 18 (Suppl. D). – P. 124-129.
9. Berthe C., Pierard L., Hiernaux M. et al. Predicting the extent and location of coronary artery disease in acute myocardial infarction by echocardiography during dobutamine infusion // *Amer. J. Cardiology*. – 1986. – Vol. 58. – P. 1167-1172.
10. Bonow R. Identification of Viable Myocardium // *Circulation*. – 1996. – Vol. 94. – P. 2674-2680.
11. Braunwald E., Kloner R.A. The stunned myocardium: prolonged, postischemic ventricular dysfunction // *Circulation*. – 1982. – Vol. 66. – P. 1146-1149.
12. Chaudhry F.A. Adenosine stress echocardiography // *Amer. J. Cardiology*. – 1997. – Vol. 79, № 12. – P. 25-29.
13. Chuah S.-C., Pellikka P.A., Roger V.L. et al. Role of dobutamine stress echocardiography in predicting outcome in 860 patients with known or suspected coronary artery disease // *Circulation*. – 1998. – Vol. 97. – P. 1474-1480.
14. Elhendy A., van Domburg R.T., Bax J.J. et al. The grade of worsening of regional function during dobutamine stress echocardiography predicts the extent of myocardial perfusion abnormalities // *Heart*. – 2000. – Vol. 83. – P. 35-39.
15. Feigenbaum H. Quality control of stress echocardiography // *Heart*. – 1997. – Vol. 77. – P. 97-98.
16. Franke A., Hoffmann R., Kühl H.P. et al. Non-contrast second harmonic imaging improves interobserver agreement and accuracy of dobutamine stress echocardiography in patients with impaired image quality // *Heart*. – 2000. – Vol. 83. – P. 133-140.
17. Geleijnse M.L., Fioretti P.M., Roelandt J. Methodology, feasibility, safety and diagnostic accuracy of dobutamine stress echocardiography // *J. Amer. Coll. Cardiology*. – 1997. – Vol. 30. – P. 595-606.
18. Geleijnse M.L., Salustri A., Marwick T.H., Fioretti P.M. Should the diagnosis of coronary artery disease be based on the evaluation of myocardial function or perfusion // *Eur. Heart J.* – 1997. – Vol. 18 (Suppl. D). – P. 68-77.
19. Gibbons et al. ACC/AHA/ACP-ASIM guidelines for the management of patients with chronic stable angina // *J. Amer. Coll. Cardiology*. – 1999. – Vol. 33, № 7. – P. 2092-2197.
20. Giesler T., Lamprecht S., Voigt J.U. et al. Long term follow up after deferral of revascularisation in patients with intermediate coronary stenosis and negative dobutamine stress echocardiography // *Heart*. – 2002. – Vol. 88. – P. 645-646.
21. Ketteler T., Krahwinkel W., Godke J. et al. Stress echocardiography: personnel and technical equipment // *Eur. Heart J.* – 1997. – Vol. 18 (Suppl. D). – P. 43-48.
22. Krahwinkel I.V., Ketteler T. et al. Dobutamine stress echocardiography // *Eur. Heart J.* – 1997. – Vol. 18 (Suppl. D). – P. 9-15.
23. Lang R., Vignon P., Weinert L. et al. Echocardiographic quantification of regional left ventricular wall motion with color kinesis // *Circulation*. – 1996. – Vol. 93. – P. 1877-1885.
24. Leppo J.A. Preoperative cardiac risk assessment for noncardiac surgery // *Amer. J. Cardiology*. – 1995. – Vol. 75. – P. 42-51.
25. Lu C., Picano E., Pingitore A. et al. Complex coronary artery lesion morphology influences results of stress echocardiography // *Circulation*. – 1995. – Vol. 91. – P. 1669-1675.
26. Management of stable angina pectoris. Recommendations of the Task Force of the European Society of Cardiology // *Eur. Heart J.* – 1997. – Vol. 18. – P. 394-413.
27. Marwick T.H. Adenosine echocardiography in the diagnosis of coronary artery disease // *Eur. Heart J.* – 1997. – Vol. 18 (Suppl. D). – P. 31-36.
28. Marwick T.H. Stress echocardiography // *Heart*. – 2003. – Vol. 89, № 1. – P. 113-118.
29. Marwick T.H. Use stress echocardiography for the prognostic assessment of patients with stable chronic coronary artery disease // *Eur. Heart J.* – 1997. – Vol. 18 (Suppl. D). – P. 97-106.
30. McCully R.B., Roger V.L., Mahoney D.W. et al. Outcome after normal exercise echocardiography and predictors of subsequent

- cardiac events: follow-up of 1325 patients // J. Amer. Coll. Cardiology. – 1998. – Vol. 31. – P. 144-149.
31. McNeill A.J., Fioretti P.M., El-Said S.M. et al. Enhanced sensitivity for detection of coronary artery disease by addition of atropine to dobutamine stress echocardiography // Amer. J. Cardiology. – 1992. – Vol. 70, № 1. – P. 41-46.
32. Meluzin J., Cerny J., Frelich M.S. et al. Prognostic value of the amount of dysfunctional but viable myocardium in revascularized patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction // J. Amer. Coll. Cardiology. – 1998. – Vol. 32. – P. 912-920.
33. Mertes H., Sawada S.G., Ryan T. et al. Symptoms, adverse effects and complications associated with DSE // Circulation. – 1993. – Vol. 88. – P. 15-19.
34. Nesto R.W., Kowalchuck G.J. The ischemic cascade: Temporal sequence of hemodynamic, electrocardiographic and symptomatic expressions of ischemia // Amer. J. Cardiology. – 1987. – Vol. 57. – P. 230-270.
35. O'Keefe J.H., Barnhart C.S., Bateman T.M. Comparison of stress echocardiography and stress myocardial perfusion scintigraphy for diagnosing coronary artery disease and assessing its severity // Amer. J. Cardiology. – 1995. – Vol. 57. – P. 25-34.
36. Picano E., Lattanzi F., Orlandini A. et al. Stress echocardiography and the human factor: the importance of being expert // J. Amer. Coll. Cardiology. – 1991. – Vol. 17. – P. 666-669.
37. Picano E., Ostojic M., Sicari R. et al. on behalf of the EPIC study group. Dipyridamole stress echocardiography: state of the art 1996 // Eur. Heart J. – 1997. – Vol. 18 (Suppl. D). – P. 16-25.
38. Picano E., Sicari R., Landi P. et al. Prognostic value of myocardial viability in medically treated patients with global left ventricular dysfunction early after an acute uncomplicated myocardial infarction // Circulation. – 1998. – Vol. 98. – P. 1078-1084.
39. Popp R., Agatston A., Armstrong W. et al. Recommendations for training in performance and interpretation of stress echocardiography // J. Amer. Soc. Echocardiography. – 1998. – Vol. 11. – P. 95-96.
40. Rahimtoola S.H. Hibernating myocardium has reduced blood flow at rest that increases with low-dose dobutamine // Circulation. – 1996. – Vol. 94. – P. 3055-3061.
41. Rahimtoola S.H. The hibernating myocardium // Amer. Heart J. – 1989. – Vol. 117. – P. 211-221.
42. Ruffolo R.R. The pharmacology of dobutamine // Amer. J. Med. – 1987. – Vol. 294. – P. 244-248.
43. Schwammenthal E. Dobutamine echocardiography in patients with aortic stenosis and left ventricular dysfunction // Chest. – 2001. – Vol. 119. – P. 1766-1777.
44. Shiller N.B., Shah P.M., Crawford M. et al. Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography // J. Amer. Soc. Echocardiography. – 1989. – Vol. 2. – P. 358-367.
45. Shulz R., Heusch G. Characterization of hibernating and stunned myocardium // Eur. Heart J. – 1995. – Vol. 16 (Suppl. J). – P. 19-25.
46. Sicari R., Picano E., Landi P. et al. Prognostic value of dobutamine-atropine stress echocardiography early after acute myocardial infarction. Echo Dobutamine International Cooperative (EDIC) Study // J. Amer. Coll. Cardiology. – 1997. – Vol. 29, № 2. – P. 254-260.
47. Sonnenblick E.H., Frishman W.H., Le Jemtel T.H. Dobutamine: a new synthetic cardioactive sympathetic amine // New Engl. J. Med. – 1979. – Vol. 300. – P. 17-22.

Поступила 10.02.2004 г.

Stress-echocardiography in the diagnosis of ischemic heart disease and detection of myocardial viability

M.I. Lutay, O.O. Nemchyna, O.V. Tcyzh

Stress echocardiography is a valuable clinical tool at the physician's disposal to diagnose and to functionally assess coronary artery disease. This method has a 30-years history of development beginning with occasionally implementation to the international multicenter trials. Myocardial revascularization revealed a new field in the application of stress-echocardiography – detection of viable myocardium and prognosis of its functional recovery. Stress echocardiography is a versatile tool with capability of combining various modifications in study protocol. However, stress echocardiography remains a qualitative technique and requires standard interpretation of segmentation of the left ventricle and changes of myocardial contractility. Dobutamine and dipyridamole are most convenient stressors, possessed great sensitivity and specificity for the detection of coronary artery disease, assessing its severity, prognosis of cardiac events and evaluation of myocardial viability. Comparisons of stress echocardiography and perfusion imaging techniques have shown that the diagnostic accuracy of these methods is quite similar. Our data suggest that dobutamine stress-echocardiography has high sensitivity and specificity for the detection of coronary artery disease, particularly for patients with uninformative ECG-stress tests. Usage of colorokines increases diagnostic accuracy of the method, especially for the detection of viable myocardium.