УДК 616.31–07–616.1

С.Ю. Бартош-Зеленая, О.А. Гусева

Современные возможности диагностики ишемической болезни сердца

Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург

Резюме. *Обозначена распространенность ишемической болезни сердца, доступно рассматриваются основные современные неивазивные и инвазивные методики диагностики поражения коронарных артерий. Отмечены преимущества, недостатки и показания к проведению данных методик исследования. Основой обзора, является эхокардиографическая оценка глобальной и локальной систолической функции сердца. Представлены современные параметры оценки систолической функции левого и правого желудочков, рассмотрены наиболее информативные диагностические показатели и их пограничные значения. Неинвазивные методики диагностики ишемической болезни сердца, обладая доступностью и безопасностью, позволяют определять бассейн пораженной артерии и функциональную значимость стенозов. Инвазивные методики, такие как коронароангиография, устанавливают только анатомические характеристики поражения. Дополняя коронароангиографию внутрисосудистым ультразвуковым исследованием и определением фракционного резерва кровотока, можно оценить морфологию атеросклеротической бляшки и функциональную значимость стеноза. Все рассмотренные методики диагностики в совокупности дают полную картину поражения коронарного русла и способствуют выбору оптимальной тактики лечения.*

Ключевые слова*: внутрисосудистое ультразвуковое исследование, ишемическая болезнь сердца, коронароангиорафия, оптическая когерентная томография, систолическая функция, стресс-эхокардиография, фракционный резерв кровотока, электрокардиография, эхокардиография.*

Распространенность ишемической болезни сердца. В настоящее время ишемическая болезнь сердца (ИБС) является основной причиной смертности населения трудоспособного возраста в разных странах. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в 2011 г. смертность от сердечно-сосудистых заболеваний в мире составила около 17 млн чел. (11,2%), из них 7 млн умерло от ИБС. Наибольшая смертность наблюдается в странах с высоким и средним уровнем дохода – 92–120 случаев на 100 тыс. населения. В России в 2010 г. смертность от ИБС составила 421,3 чел. на 100 тыс. населения. Причем, уровень смертности от ИБС выше среди мужчин, чем женщин в 7,2 раза, от инфаркта миокарда (ИМ) – в 9,1 раза (табл. 1) [2, 3, 5].

Таблица 1

Показатели смертности от ишемической болезни сердца и инфаркта миокарда на 100 000 населения в Российской Федерации

Причина смерти	Распределение	Год		
		2008	2009	2010
ИБС	Всего	422,4	412,4	421,3
ИМ		46,6	48,0	47,5
ИБС	Мужчины	438,1	425,0	–
ИМ		54,5	55,9	–
ИБС	Женщины	408,9	401,5	–
ИМ		39,8	41,1	–

В Европе от ИБС умирает 1,8 млн чел. каждый год, при этом среди них 22% женщин и 20% мужчин. Смертность от ИБС значительно выше в Центральной и Восточной Европе, по сравнению с Северной, Южной и Западной Европой. Например, смертность среди мужчин в возрасте до 65 лет, проживающих в Российской Федерации, в 13 раз выше, а у женщин почти в 16 раз выше, чем во Франции, а среди мужчин и женщин в возрасте до 65 лет в Ирландии в 1,7 раза выше, чем в Италии [11].

В Соединенных Штатах Америки (США) у 17 млн чел. установлен диагноз ИБС. При этом среди населения в возрасте 60–79 лет 25% мужчин и 16% женщин страдают ИБС, а в возрасте старше 80 лет – 37 и 23% соответственно. Приблизительно у 50% пациентов ангинозные боли являются начальным проявлением ИБС. Ежегодно ИМ выявляют у 1,5 млн чел., в том числе у пациентов с ангинозными болями в 3–3,5% случаев. При этом около 50% пациентов с острым ИМ не доживают до госпитализации. Даже после интенсивного лечения, проводимого в момент острого ИМ, 1 из 5 пациентов страдает стенокардией в течение первого года после перенесенного инфаркта [13]. В США (2009, 2010 гг.) от ИБС умерло около 380 тыс. чел., что составляет 1 на каждую из 6 смертей [13, 16].

Неинвазивные методики диагностики ишемической болезни сердца. Электрокардиография. Всем пациентам с подозрением на ИБС необходимо выполнять электрокардиограмму (ЭКГ) в покое. Часто даже

у пациентов со стенокардией напряжения высоких функциональных классов ЭКГ в покое не дает никакой информации, но это не исключает наличия ИБС. У пациентов с установленным диагнозом стабильной ИБС на ЭКГ можно увидеть признаки перенесенного ИМ (зубцы Q/QS), нарушение процессов реполяризации, гипертрофию левого желудочка (ЛЖ), блокаду левой или правой ножек пучка Гиса, двухпучковую блокаду, атривентрикулярную блокаду 2-й, 3-й степени, устойчивую желудочковую тахикардию. Такая информация может быть полезна в определении механизмов, вызывающих появление загрудинных болей [28].

Эхокардиография (ЭхоКГ) позволяет получить достоверную информацию о размерах, структуре и функции сердца. Функция ЛЖ у пациентов с ИБС также может быть сохранена.

Показания к проведению ЭхоКГ по рекомендациям Европейского общества кардиологов (ESC) в 2006 г. [14]:

– аускультативные изменения, указывающие на наличие порока клапанов сердца или гипертрофическую кардиомиопатию (I B);

– пациенты с предполагаемой сердечной недостаточностью (I B);

– ИМ в анамнезе (I B);

– блокада левой ножки пучка Гиса (ЛНПГ), зубцы Q/QS или другие значимые патологические изменения на ЭКГ, включая блокаду передне-верхнего разветвления ЛНПГ, изменения сегмента ST или др. (I B).

В 2013 г. по рекомендациям ESC [28] появились следующие показания:

– дифференциальная диагностика состояний, приводящих к появлению загрудинных болей (I B);

– выявление зон нарушения локальной сократимости миокарда у пациентов с предполагаемым диагнозом ИБС (I B);

– определение фракции выброса (ФВ) с целью стратификации риска сердечно-сосудистых осложнений (I B);

– оценка диастолической функции (I B).

Эхокардиографическая оценка систолической функции ЛЖ и правого желудочка (ПЖ). Систолическую функцию ЛЖ и ПЖ можно оценить визуально, полуколичественно и количественно, используя одно- (M-), двух- (2D-), трех- (3D-) и четырехмерные (4D-) режимы; импульсный и постоянный допплеровские режимы и тканевые режимы (допплеровский (TDI), режим тканевого следа (STI)).

Визуальная оценка сократимости. При визуальной оценке сократительной способности желудочков можно выявить снижение глобальной сократимости и/или зоны нарушения локальной сократимости в виде гипо-, а- или дискинезии. Главным недостатком визуальной оценки систолической функции является субъективность. Данная методика напрямую зависит от опыта исследователя и имеет высокую межисследовательскую вариабельность.

Полуколичественная оценка систолической функции ЛЖ. К полуколичественным методам оценки глобальной систолической функции ЛЖ относится индекс локальной сократимости (ИЛС), при котором, сократимость всех визуализированных сегментов оценивается в баллах. В зависимости от тяжести нарушений кинетики миокарда ЛЖ каждому типу нарушений на основании анализа направленности и выраженности систолического движения эндокарда, характера и степени систолического утолщения миокарда присваивается свой индекс или балл. Так, при акинезии, которая оценивается в 3 балла систолическое движение эндокарда отсутствует, и степень систолического утолщения составляет менее 10%. Значения ИЛС, превышающие 1, указывают на наличие систолической дисфункции ЛЖ. Полуколичественная оценка также напрямую зависит от восприятия кинеза глазами специалиста и его опыта [4, 24].

Косвенные методы оценки глобальной сократимости. Простыми косвенными методами оценки глобальной сократимости желудочков являются: амплитуда движения корня аорты, митрально-септальная сепарация (EPSS), амплитуда систолической экскурсии латеральной части трикуспидального кольца (TAPSE), скорость нарастания давления в полости желудочка в начале периода изгнания (dP/dt), индекс работы миокарда (MPI), скорость систолического движения латеральной части митрального и трикуспидального кольца (S´, TAM), миокардиальное ускорение в фазе изоволюметрического сокращения (IVA).

Рассмотрим, какую информацию могут дать специалисту вышеперечисленные показатели.

Во-первых, амплитуда движения корня аорты. В норме корень аорты смещается кпереди в систолу более чем на 7 мм. Смещение аорты менее чем на 7 мм свидетельствует о снижении ударного объема, что не всегда свидетельствует о снижении сократительной способности ЛЖ. Например, при гиповолемии и нормальной сократимости ЛЖ амплитуда движения корня аорты уменьшается [6].

Следующим способом, может быть определение EPSS – расстояния между точкой максимального раскрытия передней створки митрального клапана и ближайшим участком межжелудочковой перегородки (МЖП). Значение митрально-септальной сепарации больше 5 мм свидетельствует о снижение глобальной систолической функции ЛЖ. EPSS хорошо коррелирует с фракцией выброса (ФВ), измеренной с помощью радионуклидной ангиографии и магнитно-резонансной томографии (МРТ) ($p<0,0001$) [6, 10, 15, 34].

Определение TAPSE в М-режиме является простой, но имеющей большие ограничения методикой оценки систолической функции ПЖ [1, 31]. TAPSE менее 16 мм свидетельствует о снижении систолической функции ПЖ [32]. Необходимо учитывать, что на амплитуду движения трикуспидального кольца влияет не только кинетика ПЖ, но и локальная систолическая функция более мощного ЛЖ. Акинезия нижних и нижнеперегородочных сегментов ЛЖ на базальном и срединном уровнях способствует снижению TAPSE [1].

В исследовании S. Fennira et al. [12] было показано, что выраженное снижение значения TAPSE наблюдалось при сочетании инфаркта нижней стенки ЛЖ и инфаркта ПЖ (13 мм), по сравнению с поражением только нижней стенки ЛЖ, где TAPSE составило 16 мм и группой контроля – 25 мм ($p<0,001$). S.Y. Hsu et al. [22] отметили, что TAPSE ниже в группе пациентов с инфарктом передней стенки ЛЖ и составляет около 20 мм, по сравнению с группой контроля – 24 мм ($p<0,05$).

Следующим показателем систолической функции как ПЖ, так и ЛЖ является скорость нарастания давления в полости желудочка в начале периода изгнания (dP/dt), который обычно измеряется по времени, необходимому для увеличения скорости потока регургитации от 1,0 до 2,0 м/с для ПЖ и до 3,0 м/с для ЛЖ. Показатель dP/dt менее 400 мм рт. ст/с для ПЖ и менее 1200 для ЛЖ свидетельствует о нарушении систолической функции (рис. 1) [4, 32].

Из-за небольшого количества сведений о нормальных значениях данного показателя для ПЖ, dP/dt не рекомендован для повседневного использования и оценивается только у пациентов с подозрением на дисфункцию ПЖ [32].

Оценка систолической и диастолической функций желудочков может быть выполнена с помощью MPI (индекс Tei). Данный показатель рассчитывается как соотношение суммы времени изоволюметрического расслабления (IVRT) и изоволюметрического сокращения (IVCT) ко времени выброса (ET) [32]. Для измерения может использоваться импульсный или тканевой допплеровские режимы. Все измерения проводятся на изображениях с одинаковой частотой сердечных сокращений (ЧСС) для получения более точного значения. При использовании режима TDI для определения MPI все временные интервалы измеряются во время одного сердечного сокращения. MPI может быть ложно занижен при состояниях, ассоциированных с повышенным давлением в предсердиях за счет увеличения IVRT. Значения MPI больше 0,55 при использовании режима TDI, больше 0,40 для ПЖ и 0,36 для ЛЖ при использовании импульсного допплеровского режима свидетельствуют о нарушении систолической функции (рис. 2) [4, 32].

В исследовании S.Y. Hsu et al. [22] было выявлено, что MPI значительно выше в группе пациентов с инфарктом передней стенки ЛЖ и составляет около 0,48, по сравнению с группой больных с нижним ИМ – 0,32 и

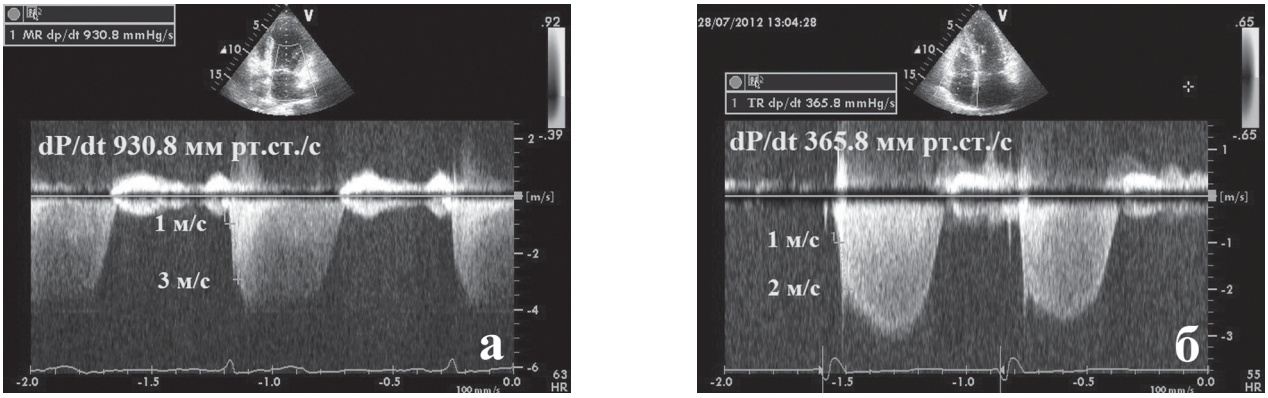

Рис. 1. Измерение dP/dt в ЛЖ (а) и ПЖ (б)

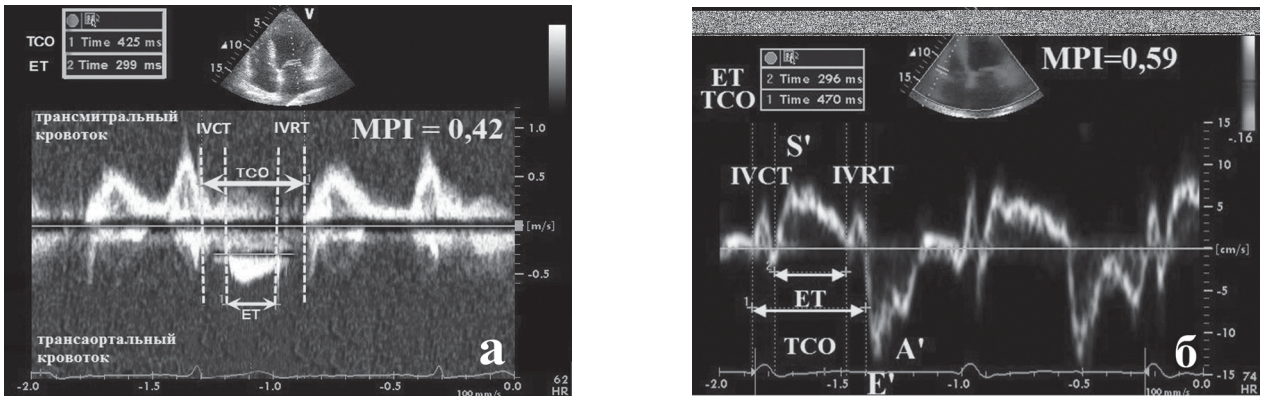

Рис. 2. Измерение MPI ЛЖ в импульсном допплеровском режиме (а) и ПЖ в TDI (б). A′– скорость позднего диастолического движения миокарда, E′ – скорость раннего диастолического движения миокарда, TCO – время закрытия-открытия митрального или трикуспидального клапанов

группой контроля – 0,27 ($p<0,05$). K. Ozdemir et al. [31] установили, что MPI выше в группе пациентов с проксимальным поражением правой коронарной артерии (ПКА) по сравнению с больными, у которых установлено поражение дистальной части ПКА и огибающей артерии (ОА). Причем при проксимальном поражении ПКА с развитием сочетанного инфаркта нижней стенки ЛЖ и ПЖ данный показатель был выше и составил 0,83 по сравнению с больными с изолированным очаговым поражением нижней стенки ЛЖ – 0,74. В группах пациентов с поражением дистальной части ПКА и ОА при очаговом поражении нижней стенки MPI составил – 0,56 и 0,54 соответственно ($p<0,001$).

Известно, что ишемическое поражение ПЖ не рассматривается изолированно от ЛЖ. S.H. Hsiao et al. [21] установили, что соотношение MPI ЛЖ и ПЖ является достоверным показателем для определения локализации поражения коронарного русла у пациентов с очаговыми поражениями ПЖ и нижней стенки ЛЖ. Если данное отношение составляет более 1,06, то это указывает на поражение ОА, а при отношении менее 0,96 вовлекается проксимальная треть ПКА, как правило, с развитием инфаркта ПЖ.

Еще одним простым показателем оценки систолической функции является S' и TAM. S' менее 8 см/с, а TAM менее 10 см/с указывает на систолическую дисфункцию ЛЖ и ПЖ [4, 32] (рис. 3).

L.G. Rudski et al. [32] отмечают, что TAPSE и TAM отражают продольную функцию ПЖ и хорошо коррелируют с ФВ ПЖ, измеренной с помощью радионуклидной ангиографии. S. Fennira et al. [12], M. Mukhaini et al. [30] установили, что значительное снижение значения TAM наблюдается при сочетанном очаговом поражении нижней стенки ЛЖ и инфаркте ПЖ, которое составляет около 11 см/с, по сравнению с поражением только нижней стенки ЛЖ, 14 см/с – передней стенки и 15 см/с – с группой контроля ($p<0,001$). В исследовании M. Kidawa et al. [23] была выявлена та же закономерность: в группе больных с сочетанным поражением нижней стенки ЛЖ и ПЖ значение TAM было ниже 9 см/с, в отличие от пациентов с изолированным инфарктом нижней стенки, где оно составило 13 см/с ($p<0,001$).

Относительно независимым от пред- и постнагрузки показателем оценки глобальной систолической функции ПЖ является IVA. Измеряется с помощью TDI при постановке курсора на латеральную часть трикуспидального кольца и определяется как отношение максимальной изоволюметрической миокардиальной скорости ко времени ее достижения. Данный показатель не рекомендован Американским и Европейским обществом по эхокардиографии в клинической практикеиз-за небольшого количества исследований [32]. По данным L.G. Rudski et al. [32], в норме значения IVA 2,2–5,2 м/с^2. В доступной нам литературе не найдено данных по оценке IVA у пациентов с инфарктом ПЖ и для ЛЖ.

Количественная оценка сократимости. Общепринятыми методиками количественной оценки глобальной сократимости ЛЖ являются определение ФВ по Тейхольцу и Симпсону, которая в норме должна составлять больше 55%. В клинической практике неоспоримо следует использовать методику Симпсона, при которой учитывается геометрия ЛЖ.

Определение ФВ ПЖ затруднено в 2D-режиме вследствие сложной формы ПЖ и его повышенной трабекулярности. К тому же данный показатель недостоверно отражает сократимость ПЖ при наличии значительной трикуспидальной регургитации. Более надежным показателем оценки сократимости ПЖ является фракционное изменения площади (FAC), которое хорошо коррелирует с ФВ ПЖ, измеренной при помощи МРТ [20, 32].

Безусловно, данные методики не являются идеальными, поскольку анализируются только одно или два сечения, а возможные нарушения локальной сократимости могут иметь место в других сегментах, не попадающих в плоскости этих сечений.

В последние годы исследователями была установлена достоверная корреляция между показателями объемов и ФВ обоих желудочков, полученными в 3D-режиме и данными МРТ (рис. 4).

По данным V. Mor-Avi et al. [29], получена высокая корреляция между значениями объемов в 3D real time и МРТ ($r=0,91$ для конечно-диастолического объема (КДО) и $r=0,93$ для конечно-систолического объема

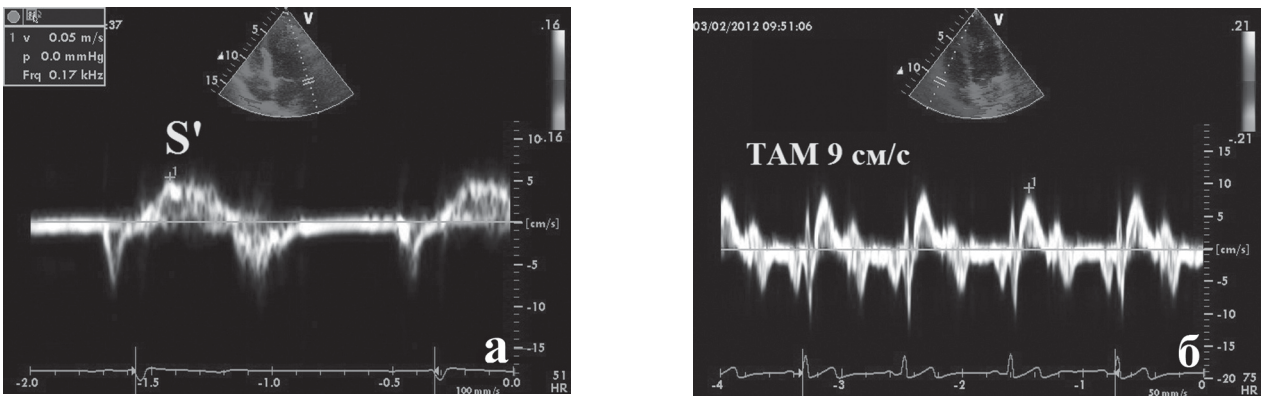

Рис. 3. Измерение S' (а) и TAM (б) в TDI

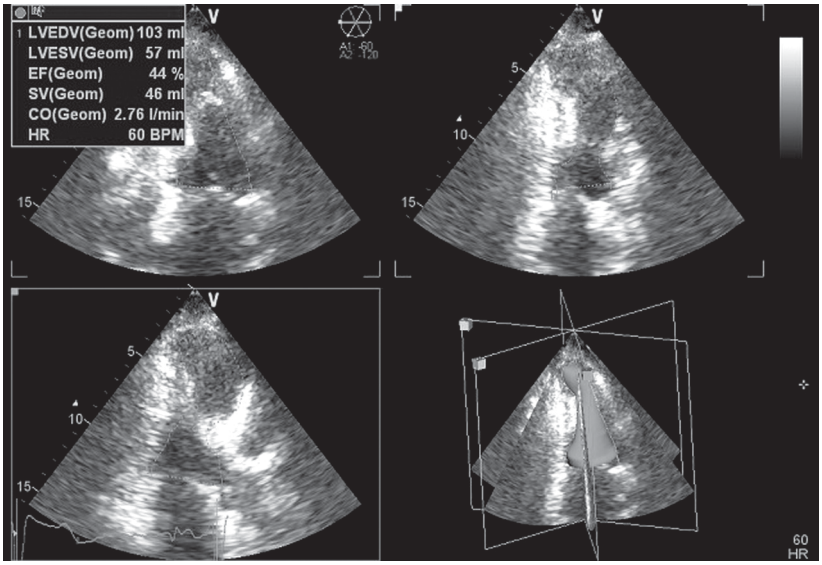

Рис. 4. Измерение ФВ ЛЖ в 3D-режиме

(КСО)). При этом авторы отмечают, что значения объемов значительно меньше в 3D-режиме по сравнению данными МРТ – на 67 мл (29%) для КДО и на 41 мл (27%) для КСО. В исследовании J.L. Dorosz et al. [9] значения КДО, КСО и ФВ, полученные в 3D-режиме и с помощью МРТ, также различались: –19,1±34,2 мл, –10,1±29,7 мл и –0,6±11,8% соответственно. Это связано с пространственным и контрастным разрешением 3D-режима при определении поверхности эндокарда и дифференциации структур митрального кольца. Значения КДО, КСО и ФВ в 2D-режиме по сравнению с МРТ различались на –48,2±55,9 мл, –27,7±45,7 мл и 0,1±13,9% (p=0,01 для КДО и КСО; p=0,42 для ФВ). Таким образом, значения объемов в 3D- и 2D-режимах значительно меньше по сравнению с данными МРТ, в то время как ФВ одинакова. Внутри- и межисследовательская воспроизводимость для КДО и КСО при измерении в 3D-режиме составила 5,8±12,54 и 3,9±8,5 соответственно, в то время как в 2D-режиме –4,8±21,1 и 0,2±19,6 (p<0,0001).

В исследовании A.S. Gopal et al. [18] были измерены КДО, КСО, ударный объем, ФВ ПЖ в 2D- и 3D-режимах и с помощью МРТ у здоровых лиц. Значения, полученные в 3D-режиме, достоверно коррелировали с данными МРТ (p<0,001). Это может быть обусловлено тем, что при измерении объемов в 3D-режиме, включаются объемы входного и выходного тракта ПЖ [20].

В недавнем исследовании M. Kidawa et al. [23] было выявлено, что ФВ ПЖ, рассчитанная с использованием трехмерной реконструкции ПЖ, у пациентов с сочетанным инфарктом нижней стенки ЛЖ и инфарктом ПЖ меньше, в отличие от больных с изолированным инфарктом нижней стенки ЛЖ. Этими же авторами было установлено, что ФВ ПЖ менее 51% с 91% чувствительностью и 80% специфичностью свидетельствует о наличии инфаркта ПЖ.

Известно, что в состоянии покоя многие больные с ИБС могут не иметь клинических и/или электрокардиографических проявлений ишемии, поэтому для выявления несоответствия метаболических потребностей сердечной мышцы и возможностей коронарного кровообращения используются различные функциональные пробы, провоцирующие увеличение потребности миокарда в кислороде и вызывающие появление признаков ишемии.

Нагрузочная ЭКГ (стресс-ЭКГ). Это простая и распространенная методика используется у пациентов с подозрением на ИБС с преднагрузочной вероятностью 15–65%. Стресс-ЭКГ не несет диагностической информации у пациентов с полной блокадой ЛНПГ, при наличии ритма электрокардиостимулятора (ЭКС), синдрома Вольфа – Паркинсона – Уайта (WPW). Ложноположительные результаты возможны при наличии фибрилляции предсердий, нарушении процессов реполяризации у пациентов с гипертрофией ЛЖ, нарушении внутрижелудочковой проводимости, проявлений на ЭКГ электролитного дисбаланса, влияния препаратов дигиталиса, исходной депрессии сегмента ST≥0,5 мм. Стресс-ЭКГ имеет меньшую чувствительность и специфичность в диагностике ИБС у женщин [28].

Показания к проведению стресс-ЭКГ по рекомендациям ESC 2006 г. [14]:

– наличие типичных ангинозных болей и умеренной или высокой преднагрузочной вероятности наличия ИБС (15–65%) при отсутствии терапии и состояний не позволяющих оценивать ЭКГ (I B);

– наличие на ЭКГ покоя депрессии ST≥1 мм или признаков дигоксиновой интоксикации (II B);

– низкая преднагрузочная вероятность наличия ИБС (<10%) (IIb B).

По рекомендациям ESC 2013 г. [28] появилось следующее показание:

– оценка клинического состояния пациентов и наличия ишемических изменений на фоне медикаментозной терапии (IIa C).

Для диагностики ишемических изменений миокарда применяют также ряд других неинвазивных методик. К ним относятся визуализирующие методики, которые позволяют косвенно судить о локализации и функциональной значимости атеросклеротического поражения коронарного русла, а также определять коронарный риск и необходимость проведения коронароангиографии (КАГ). Данные методики можно разделить на 2 группы:

1. Методики, непосредственно визуализирующие коронарные артерии: мультиспиральная компьютерная коронароангиография (МС КАГ), магнитно-резонансная КАГ.

2. Функциональные методики, основанные на выявлении нарушений локальной сократимости или перфузии: стресс-эхокардиография (стресс-ЭхоКГ), перфузионнаясцинтиграфия миокарда и МРТ со стресс-агентами, позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) [37].

Стресс-ЭхоКГ является одним из основных методов исследования коронарного русла, поскольку обладает высокой чувствительностью (80–85%) и специфичностью (84–86%) [14, 28] (табл. 2).

Показаниями к проведению стресс-ЭхоКГ по рекомендациям ESC 2006 г. [14] являются:

– изменения на ЭКГ в покое (блокада ЛНПГ, депрессия ST>1 мм, ритм ЭКС, синдром WPW), которые не позволяют интерпретировать результаты нагрузочной пробы (I B);

– незавершенная стресс-ЭКГ у пациентов с умеренной толерантностью к ФН, если нет высокой преднагрузочной вероятности и диагноз ИБС еще не установлен (I B);

– состояния после реваскуляризации миокарда (IIa B) у симптомных пациентов;

– как альтернатива стресс-ЭКГ при наличии соответствующего оборудования и возможностей лечебного учреждения, в котором проводится нагрузочная проба (IIa B);

– альтернатива стресс-ЭКГ у женщин с низкой предтестовой вероятностью наличия ИБС с атипичными загрудинными болями (IIa B);

– определения функциональной значимости пограничных стенозов по данным КАГ (IIa C).

В 2013 г. по рекомендациям ESC появилось следующее показание [28]:

– диагностика ИБС с предтестовой вероятностью 66–85% или с ФВ ЛЖ <50% у пациентов без типичных ангинозных болей (I B).

По сравнению с другими методиками стресс-ЭхоКГ имеет ряд преимуществ:

– неинвазивность исследования (кроме нагрузочных проб с лекарственными препаратами, например, с добутамином);

– возможность получения множественных сечений сердца, визуализации каждого сегмента ЛЖ и ПЖ;

– исключение ионизирующей радиации, возможность проведения исследования неограниченное число раз;

– требует небольшое количество времени на проведение исследования;

– относительно низкая себестоимость.

Нарушение локальной сократимости миокарда является одним из характерных проявлений ИБС. Проведение стресс-ЭхоКГ с различными видами стресс-агентов позволяет анализировать локальную функцию сердца с помощью визуальной оценки, а также полуколичественными методиками с расчетом ИЛС. Однако эти способы оценки имеют недостатки, присущие всем качественным методикам. В первую очередь это субъективность оценки результатов исследования с широкой вариабельностью между специалистами, большая зависимость от опыта врача, проводящего исследование и невозможность выпол-

Таблица 2

Чувствительность и специфичность неинвазивных методик диагностики ИБС, %

Методика	Чувствительность		Специфичность	
	Montalescot G., 2013	Fox K., 2006	Montalescot G., 2013	Fox K., 2006
Стресс-ЭКГ	45–50	68	85–90	77
Стресс-ЭхоКГ с ФН	80–85	80–85	80–88	84–86
Стресс ОФЭКТ с ФН	73–92	–	63–87	–
Оценка перфузии миокарда с ФН	–	85–90	–	70–75
Стресс-ЭхоКГ с добутамином	79–83	40–100	82–86	62–100
Стресс МРТ с добутамином	79–88	–	81–91	–
Стресс-ЭхоКГ с вазодилятаторами*	72–79	56–92	92–95	87–100
Стресс ОФЭКТ с вазодилятаторами*	90–91	–	75–84	–
Стресс МРТ с вазодилятаторами*	67–94	–	61–85	–
Компьютерная КАГ	95–99	–	64–83	–
Стресс ПЭТ с вазодилятаторами	81–97	–	74–91	–
Оценка перфузии миокарда с вазодилятаторами*	–	83–94	–	64–90

Примечание: ФН – физическая нагрузка. Вазодилятаторы*: дипиридамол, аденозин

нения исследования у пациентов с плохим качеством визуализации структур сердца.

По результатам неинвазивной диагностики ИБС установлены группы пациентов, которым показано проведение КАГ:

– с очень высоким коронарным риском;

– с высоким коронарным риском, сниженной фракцией выброса (ФВ<50%) и положительной нагрузочной пробы;

– при сомнительной нагрузочной пробе или при наличии противопоказаний к проведению теста;

– со средним коронарным риском [13].

Инвазивные методики диагностики ИБС. Несмотря на возможность проведения и неинвазивность МС КАГ, инвазивная КАГ остается «золотым стандартом» для визуализации и оценки состояния коронарного русла. Основной целью проведения КАГ является оценка степени стенозов и риска возникновения сердечно-сосудистых событий, в том числе смерти, а также определение метода хирургической реваскуляризации миокарда [13].

С помощью КАГ определяют тип коронарного кровоснабжения, анатомию коронарных артерий, локализацию, протяженность, форму атеросклеротического поражения и процент сужения задействованной коронарной артерии. Таким образом, в основном оценивается анатомия поражения без учета функциональной значимости стенозов и морфологии атеросклеротических бляшек [13, 19].

Недостатком КАГ является невозможность достоверно выявить признаки нестабильности атеросклеротической бляшки. По данным исследований J.A. Ambrose et al. [7] и W.C. Little et al. [25], у большинства пациентов с недавним ИМ поражение коронарного русла по результатам КАГ было <50% в бассейне инфаркт-связанной артерии.

На оценку коронарограмм влияет качество визуализации. Недостатками данного метода также является низкая межисследовательская воспроизводимость, субъективность, невозможность повторения неограниченное количество раз [26].

Критерии значимости поражения коронарного русла. Наиболее часто при ИБС, по данным КАГ, встречается поражение левой коронарной артерии (ЛКА). В исследовании M.C. McDaniel et al. [27] при анализе коронарограмм 385 пациентов с перенесенным ИМ с подъемом сегмента ST было установлено, что у 210 (55%) человек была задействована ЛКА, а у 175 (45%) – ПКА. Из них при вовлечении ЛКА поражение передней межжелудочковой ветви (ПМЖВ) встречалось у 149 (71%) пациентов ОА – у 49 (23%), диагональной ветви – у 12 (6%). Пациенты с ИМ в зоне кровоснабжения ЛКА по сравнению с ПКА имели сниженную ФВ (40,9±10,4% и 49,3±9,1%, p<0,0001) и высокую внутрибольничную смертность (5,2 и 1,1%, p=0,04).

По современным рекомендациям к значимым поражениям коронарного русла, являющимися показаниями к реваскуляризации миокарда, относятся:

– стеноз ствола ЛКА больше 50% или больше 70% одной или более коронарной артерии [13];

– стеноз проксимальной части ПМЖВ больше 50%;

– стеноз 50–90% любой локализации одной из основных коронарной артерии с показателем фракционного резерва кровотока (ФРК) менее 0,8 или верифицированной ишемией и/или сниженной ФВ ЛЖ;

– стеноз больше 50% любой коронарной артерии при стенокардии напряжения высокого функционального класса и неэффективности оптимальной медикаментозной терапии [37].

Незначимыми поражениями коронарного русла (т.е. проведение реваскуляризации миокарда не показано) являются стеноз ствола ЛКА менее 50% или стенозы других локализаций менее 70% при отсутствии стенокардии напряжения и/или данных измерения ФРК [13].

Дополнительной инвазивной методикой оценки анатомии коронарных артерий, морфологии атеросклеротических бляшек, изменения диаметра и площади сосуда в результате атеросклероза является внутрисосудистое ультразвуковое исследование (ВСУЗИ) (рис. 5) [26,33].

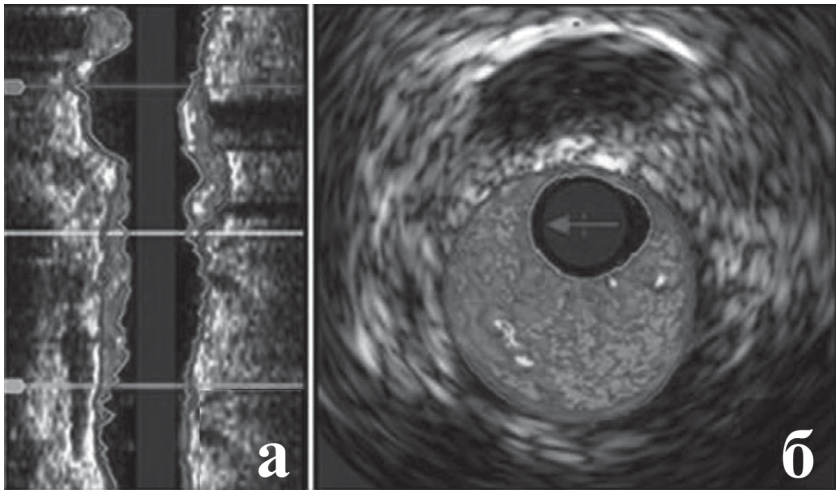

Рис. 5. ВСУЗИ. Продольное (а) и поперечное (б) сечения с виртуальной гистологической картиной

ВСУЗИ является методикой выбора при оценке пограничных стенозов ствола ЛКА (30–50%) и стенозов других локализаций коронарного русла (50–70%); оценке устья коронарных артерий или сегментов коронарного русла с наложением проекций артерий. По данным КАГ трудно, иногда невозможно оценить стеноз основной или боковой ветвей при бифуркационном поражении из-за наслоения проекций артерий друг на друга. ВСУЗИ используют для определения места имплантации стента и выявления его рестеноза и тромбоза. В исследовании B. Witzenbichler [36] было показано, что ВСУЗИ изменило стратегию стентирования в 74% случаях. В течение года выявление тромбоза стента (0,52 и 1,04%, p=0,01) или развитие ИМ (2,5 и 3,7%, p=0,002) было ниже по сравнению с группой без использования ВСУЗИ при стентировании, однако это не сопровождалось снижением смертности (1,0 и 1,4%, p=0,14) [38]. При выраженных стенозах результаты ВСУЗИ могут быть недооценены из-за размера используемого катетера.

Оптическая когерентная томография (ОКТ) – методика визуализации просвета коронарных артерий на основе низкокогерентного ближнего инфракрасного света, может обеспечить поперечные сечения изображения сосуда с высоким разрешением, в десять раз выше, чем ВСУЗИ, но с ограничением глубины проникновения до 1,5–2,0 мм (рис. 6) [17].

В течение последних лет для определения функциональной (гемодинамической) значимости стеноза стали использовать методику определения ФРК, впервые описанную K. Gould et al. в 1974 г. (рис. 7) [19]. ФРК используют для оценки пограничных стенозов коронарных артерий (50%–70%) у пациентов со стабильной стенокардией напряжения для определения показаний к реваскуляризации [26]. Значение ФРК менее 0,8 является показанием к реваскуляризации миокарда [28].

В исследовании P.A. Tonino et al. [35] при определении показаний к стентированию коронарных артерий по данным только КАГ и с определением ФРК частота смертей, ИМ и повторной реваскуляризации в течение года была ниже у пациентов с проведением КАГ с определением ФРК (7,3 и 11,1% соответственно, p=0,04). В течение 5-летнего наблюдения пациентов со стабильной стенокардией напряжения с пограничными стенозами коронарных артерий и ФРК≥0,75 на фоне медикаментозного лечения частота смертей или ИМ в 2 раза меньше, чем у пациентов со стентированием данных стенозов. В исследовании B. De Bruyne et al. [8] у пациентов со стабильной стенокардией напряжения и функционально значимым стенозом хотя бы одной из коронарных артерий (ФРК≤0,80) со стентированием в анамнезе и медикаментозным лечением частота повторных стентирований, проводимых в экстренном порядке меньше, чем у пациентов на фоне медикаментозного лечения (11,1 и 1,6%, p<0,001). При этом отдаленные результаты (смертельные исходы и развитие ИМ) были одинаковыми.

По данным S. Voros et al. [36], при сравнении диагностической точности КАГ, МС КАГ, ВСУЗИ и методики определения ФРК хорошая корреляция получена между результатами КАГ и ФРК≤0,75 при значимом поражении коронарных артерий. МС КАГ может быть альтернативой КАГ при количественной анатомической оценке стенозов – определению минимальной площади отверстия сосуда с 81% чувствительностью и специфичностью; процента стенозирования по диаметру с 81% чувствительностью и 75% специфичностью. Исследователи отмечают, что ВСУЗИ лучше всего коррелирует с ФРК при определении минимального диаметра просвета артерии.

Все рассмотренные методики диагностики ИБС позволяют составить информацию о состоянии пациента, а в совокупности они дают полную картину поражения коронарного русла и способствуют выбору оптимальной тактики лечения. Неинвазивная диагностика (ЭКГ, ЭхоКГ, стресс-ЭКГ, стресс-ЭхоКГ) является более доступной для большинства лечебных учреждений и несет важную информацию о наличии поражения коронарных артерий, локализации проблемного бассейна, выраженности и функциональной значимости патологии сосудов сердца. Данные инвазивной диагностики, такие как «золотой стандарт» в виде КАГ, подтверждают результаты функциональных

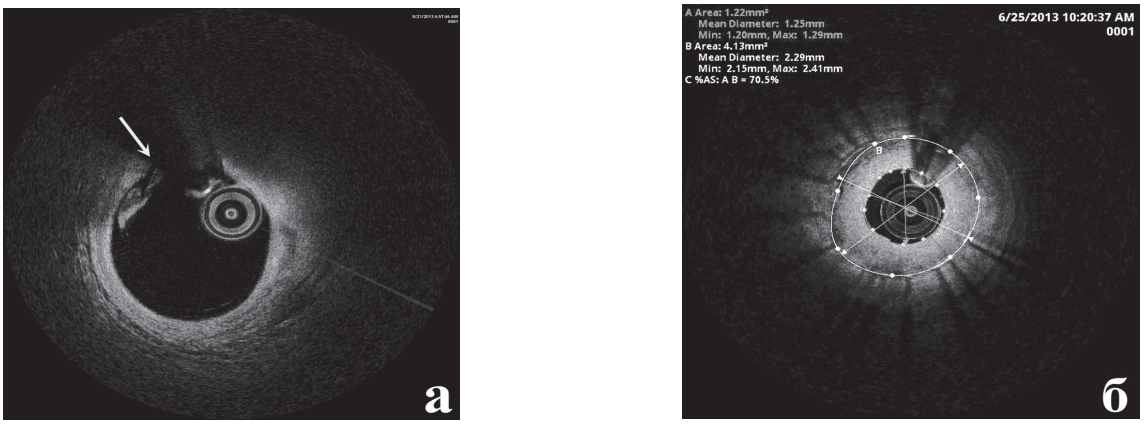

Рис. 6. ОКТ. Диссекция интимы (а). Рестеноз в стенте (б)

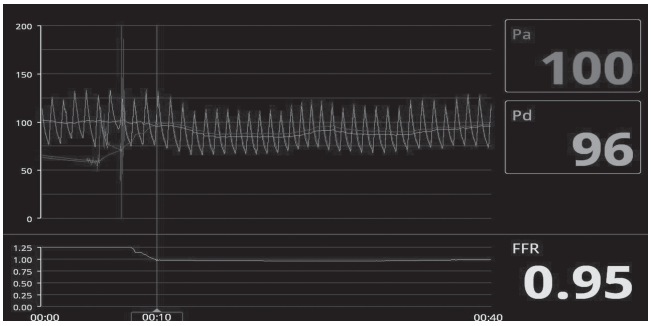

Рис. 7. Определения ФРК

методик исследования, но имеют свои недостатки. Несомненно, более качественную информацию в современных условиях по рассматриваемой теме можно получить с помощью ВСУЗИ, ФРК и ОКТ, которые, с одной стороны, являются менее доступными вследствие дороговизны, инвазивности и невозможности частого повторения исследования, а с другой стороны, позволяют нивелировать недостатки неинвазивных методик диагностики.

Литература

1. Берштейн, Л.Л. Применения тканевого допплеровского исследования в кардиологии: ишемическая болезнь сердца, сердечная ресинхронизирующая терапия / Л.Л. Берштейн, Т.Н. Новикова, С.А. Сайганов. – СПб., 2007. – 45 с.
2. Демографический ежегодник России. 2010: стат. сб. / Росстат. – М., 2010. – 525 с.
3. Медико-демографические показатели Российской Федерации в 2010 году. Статистические материалы. – М.: ЦНИИОИЗ, 2011. – 164 с.
4. Рыбакова, М.К. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике / М.К. Рыбакова, М.Н. Алехин, В.В. Митьков. – М.: ВИДАР-М, 2008. – 512 с.
5. Шальнова, С.А. Анализ смертности от сердечно-сосудистых заболеваний в 12 регионах Российской Федерации, участвующих в исследовании «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в различных регионах России» / С.А. Шальнова [и др.] // Росс. кардиол. журн. – 2012. – № 5 (97). – С. 6 11.
6. Шиллер, Н. Клиническая эхокардиография / Н. Шиллер, М. Осипов. – М.: Практика, 2005. – 344 с.
7. Ambrose, J.A. Angiographic progression of coronary artery disease and the development of myocardial infarction / J.A. Ambrose [et al.] // Journal of the American college of cardiology. – 1988. – Vol. 12. – P. 56–62.
8. De Bruyne, B. Fractional flow reserve-guided PCI versus medical therapy in stable coronary disease / B. De Bruyne [et al.] // The New England journal of medicine. – 2012. – Vol. 367 (11) – P. 991–1001.
9. Dorosz, J.L. Performance of 3-dimensional echocardiography in measuring left ventricular volumes and ejection fraction: a systematic review and meta-analysis / J.L. Dorosz [et al.] // Journal of the American college of cardiology. – 2012. – Vol. 59 (20). – P. 1799–1808.
10. Elagha, A. Mitral valve E-point to septal separation (EPSS) measurement by cardiac magnetic resonance imaging as a quantitative surrogate of left ventricular ejection fraction (LVEF) / A. Elagha , A. Fuisz // Journal of cardiovascular magnetic resonance. – 2012. – Vol. 14 (Suppl. 1). – P. 154.
11. Leal, J. European cardiovascular disease statistics / J. Leal [et al.]. – European heart network, Brussels, European society of cardiology, Sophia antipolis, 2012. –127 p.
12. Fennira, S. Right ventricular function by the tricupid annular motion in inferior myocardial infarction / S. Fennira [et al.] // La tunisie medicale. – 2011. – Vol. 89. – P. 364–368.
13. Fihn, S.D. 2012 ACCF/AHA/ACP/AATS/PCNA/SCAI/STS Guideline for the diagnosis and management of patients with stable ischemic heart disease: a report of the American college of cardiology foundation/American heart association task force on practice guidelines, and the American college of physicians, American association for thoracic surgery, preventive cardiovascular nurses association, society for cardiovascular angiography and interventions, and society of thoracic surgeons / S.D. Fihn [et al.] // Circulation. – 2012. – Vol. 126. – P. 354–471.
14. Fox, K. Guidelines on the management of stable angina pectoris: executive summary: the task force on the management of stable angina pectoris of the European society of cardiology / K. Fox [et al.] // European heart journal. – 2006. – Vol. 27. – P. 1341–1381.
15. Ginzton, L.E. Mitral Valve E-point septal separation as an indicator of ejection fraction in patients with reversed septal motion / L.E. Ginzton, D. Kulick. // Chest. – 1985. – Vol. 88(3). – P. 429–431.
16. Go, A.S. Heart disease and stroke statistics – 2013 Update: a report from the American heart association / A.S. Go [et al.] // Circulation. – 2013. – Vol. 127. – P. 6–245.
17. Gonzalo, N. Optical coherence tomography for the assessment of coronary atherosclerosis and vessel response after stent implantation / N. Gonzalo. – Nieves Gonzalo, 2010. – 413 p.
18. Gopal, A.S. Normal values of right ventricular size and function by real-time three-dimensional echocardiography: comparison to cardiac magnetic resonance imaging / A.S. Gopal [et al.] // Journal of the American society of echocardiography. – 2007. – Vol. 20. – P. 445–455.
19. Gould, K.L. Quantification of coronary artery stenosis in vivo / K.L. Gould // Circulation research. – 1985. – Vol. 57. – P. 341–353.
20. Horton, K.D. Assessment of the right ventricle by echocardiography: a primer for cardiac sonographers / K.D. Horton [et al.] // Journal of the American society of echocardiography. – 2009. – Vol. 22. – P. 776–792.
21. Hsiao, S.H. Right ventricular infarction and tissue Doppler imaging-insights from acute inferior myocardial infarction after primary coronary intervention / S.H. Hsiao [et al.] // Circulation. – 2010. – Vol. 74. – P. 2173–2180.
22. Hsu, S.Y. Right ventricular function in patients with different infarction sites after a first acute myocardial infarction / S.Y. Hsu [et al.] // American journal of the medical sciences. – 2011. – Vol. 342 (6). – P. 474–479.
23. Kidawa, M. Real-time 3D echocardiography and tissue Doppler echocardiography in the assessment of right ventricle systolic function in patients with right ventricular myocardial infarction / M. Kidawa [et al.] // The European heart journal – cardiovascular imaging. – 2013. – Vol. 14 (10). – P. 1002–1009.
24. Lang, R.M. Recommendations for chamber quantification: a report from the American society of echocardiography's guidelines and standards committee and the chamber quantification writing group, developed in conjunction with the European association of echocardiography, a branch of the European society of cardiology / R.M. Lang [et al.] // Journal of the American society of echocardiography. – 2005. – Vol. 18. – P. 1440–1463.
25. Little, W.C., Can coronary angiography predict the site of a subsequent myocardial infarction in patients with mild-to-moderate coronary artery disease / W.C. Little [et al.] // Circulation. – 1988. – Vol. 78. – P. 1157–1166.
26. Lotfi, A. Expert consensus statement on the use of fractional flow reserve, intravascular ultrasound, and optical coherence tomography: a consensus statement of the society of cardiovascular angiography and interventions / A. Lotfi [et al.] // catheterization and cardiovascular Interventions. – 2014. – Vol. 83 (4). – P. 509–518.

27. McDaniel, M.C. Localization of culprit lesions in coronary arteries of patients with ST-segment elevation myocardial infarctions: relation to bifurcations and curvatures / M.C. McDaniel [et al.] // American heart journal. – 2011. – Vol. 161. –P. 508–515.
28. Montalescot, G. 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 / G. Montalescot [et al.] // European heart journal. – 2013. – Vol. 34. – P. 2949–3010.
29. Mor-Avi, V. Real-time 3-dimensional echocardiographic quantification of left ventricular volumesMor-Avi [et al.] // Journal of the American college of cardiology. – 2008. – Vol. 1 (4). – P. 413–423.
30. Mukhaini, M. Assessment of right ventricular diastolic function by tissue Doppler imaging in patients with acute right ventricular myocardial infarction / M. Mukhaini [et al.] // Echocardiography. – 2010. – Vol. 27. – P. 539–543.
31. Ozdemir, K. New parameters in identification of right ventricular myocardial infarction and proximal right coronary artery lesion / K. Ozdemir [et al.] // Chest. – 2003. – Vol. 124 (1). – P. 219–226.
32. Rudski, L.G. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: areport from the American society of echocardiography endorsed by the European society of cardiology, and the Canadian society of echocardiography / L.G. Rudski [et al.] // Journal of the American society of echocardiography. – 2010. – Vol. 23. – P. 685–713.
33. Ruzsa, Z. Angiographically borderline left main coronary artery lesions: correlation of transthoracic Doppler echocardiography and intravascular ultrasound: a pilot study / Z. Ruzsa [et al.] // Cardiovascular ultrasound. – 2011. – Vol. – 14. P. 9–19.
34. Silverstein, J.R. Quantitative estimation of left ventricular ejection fraction from mitral valve E-point to septal separation and comparison to magnetic resonance imaging / J.R. Silverstein, N.H. Laffely, R.D. Rifkin. // American journal of cardiology. – 2006. – Vol. 97. – P. 137–140.
35. Tonino, P.A. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention / P.A Tonino [et al.] // The New England journal of medicine. – 2009. – Vol. 360. – P. 213–224.
36. Voros, S. Prospective, head-to-head comparison of quantitative coronary angiography, quantitative computed tomography angiography, and intravascular ultrasound for the prediction of hemodynamic significance in intermediate and severe lesions, using fractional flow reserve as reference standard / S. Voros [et al.] // American journal of cardiology. – 2014. – 113 (1). – P. 23–29.
37. Wijns, W. Guidelines on myocardial revascularization. The task force on myocardial revascularization of the European society of cardiology (ESC) and the European association for cardio-thoracic surgery (EACTS) / W. Wijns [et al.] // European heart journal. – 2010. –Vol. 31. – P. 2501–2555.
38. Witzenbichler, B. TCT-21 Use of IVUS reduces stent thrombosis: results from the prospective, multicenter ADAPT-DES study / B. Witzenbichler [et al.] // Journal of the American college of cardiology. – 2012. – Vol. 60. – P. B6.

S.Yu. Bartosh-Zelenaya, O.A. Guseva

Modern possibilities of diagnostics of coronary artery disease

***Abstract**. The article describes the prevalence of coronary artery disease; basic modern non-invasive and invasive diagnostic methods of coronary artery diseaseis described in plain language. The advantages, disadvantages and indications for use these diagnostic methods are underlined. At the bottom of the review lays the echocardiographic assessment of global and local systolic function of the heart. The modern parameters of assessment of systolic functions of the left and right ventricles are demonstrated and the most informative diagnostic indicators and their boundary values are shown in this work. Non-invasive methods of diagnostics of ischemic heart disease are feasible and safe, they allow determining the affected artery and functional significance of the stenosis. Invasive procedures, such as coronary angiography, determine only the anatomical features of the lesions. Complementing the coronary angiography by intravascular ultrasound study and the definition of fractional flow reserve, it is possible to estimate the atherosclerotic plaque morphology and functional significance of the stenosis. All considered diagnostic techniques combine can give a full picture of coronary lesion, and choose the optimal treatment tactics.*

***Key words**: coronary artery disease, coronary angiography, electrocardiography, echocardiography, fractional flow reserve, intravascular ultrasound study, optical coherence tomography, systolic function, stress-echocardiography.*

Контактный телефон: +7-931-335-48-25; e-mail: gysevaolesya@mail.ru