
Современные функциональные методы исследования сердечно-сосудистой системы в диагностике, оценке тяжести и прогнозе больных ишемической болезнью сердца

В.П. Лупанов

Институт клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГУ Российского кардиологического научно-производственного комплекса Минздравсоцразвития России. Москва, Россия

Diagnostic and prognostic role of the modern instrumental methods for cardiovascular examination in patients with coronary heart disease

V.P. Lupanov

A.L. Myasnikov Research Institute of Clinical Cardiology, Russian Cardiology Scientific and Research Centre. Moscow, Russia

Изложены показания, противопоказания, пределы и возможности современных функциональных методов в диагностике ишемической болезни сердца (ИБС). Наряду с распространенными электрокардиографическими пробами с дозированной физической нагрузкой, рассматриваются возможности динамически развивающихся методов, доказавших свою информативность: оценка миокардиальной перфузии, стресс-ЭхоКГ, магнитно-резонансная и мультиспиральная компьютерной томография сердца. Анализируются чувствительность и специфичность методов. Рассматривается последовательность применения функциональных методов и их прогностические возможности при сравнении с коронарографией у больных ИБС.

Ключевые слова: ишемическая (коронарная) болезнь сердца, диагностика, нагрузочные ЭКГ-тесты, радионуклидные методы оценки миокардиальной перфузии, стресс-ЭхоКГ, компьютерная томография, коронарография, мета-анализ.

The paper reviews the indications, contraindications, limitations, and strengths of the modern functional methods for coronary heart disease (CHD) diagnostics. As well as the widely used electrocardiography (ECG) based exercise stress tests, the following informative methods are described: myocardial perfusion assessment, stress echocardiography (EchoCG), magnetic resonance imaging and multi-spiral computed tomography of the heart. The sensitivity, specificity, diagnostic order, and prognostic value of these methods are compared to those of coronary angiography in CHD patients.

Key words: Coronary heart disease, diagnostics, stress ECG tests, radionuclide methods of myocardial perfusion assessment, stress EchoCG, computed tomography, coronary angiography, meta-analysis.

При обследовании больного с подозрением на ишемическую (коронарную) болезнь сердца (ИБС, КБС) *анамнестические данные:* наличие или отсутствие предшествующего инфаркта миокарда (ИМ), сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) у ближайших родственников; пол и возраст; наличие или отсутствие основных факторов риска (ФР): величина артериального давления (АД), уровни холестерина, липопротеинов низкой плотности, глюкозы в плазме крови, курение табака, позволяют более точно установить диагноз КБС (ИБС), чем оценка

болевого синдрома. По существу подобный анализ учитывает комбинацию анамнестических данных и различных эпидемиологических ФР и в большинстве случаев позволяет предсказать, будет ли у больного с жалобами на боль в грудной клетке при катетеризации сердца обнаружена КБС. При таком детальном анализе еще до тестирования вероятность болезни определяют на основании симптоматики, пола и ФР, а дополнительная информация, получаемая при электрокардиографической (ЭКГ)-пробе с дозированной физической нагрузкой (ФН), чаще

©Лупанов В.П., 2011
e-mail: lupanovvp@mail.ru
Тел.: 414-63-06

[Лупанов В.П. — ведущий научный сотрудник отдела проблем атеросклероза].

всего используется для подтверждения диагноза [1-3]. Больные с промежуточной степенью вероятности обструктивной ИБС должны пройти тестирование с ФН, тогда как больные с высокой степенью вероятности направляются на прямое инвазивное обследование. Границы для определения промежуточной степени вероятности ИБС обычно устанавливаются на уровне 10-90 % или 20-80 %.

Выявление ишемии миокарда обычно осуществляется с помощью нагрузочных тестов, стресс-сцинтиграфии или стресс-эхокардиографии (ЭхоКГ) и других современных методов. Во многих случаях выбор теста основан на местном опыте и доступности того или иного метода тестирования. Хотя можно использовать самые разные тесты, важно избегать ненужных этапов (методов) диагностики. Выбирая тот или иной метод для выявления ИБС, следует принимать во внимание риски, связанные с самим исследованием. Следует сопоставлять риски, сопряженные с влиянием ФН, фармакологических препаратов, контрастных веществ, инвазивных процедур и суммарной ионизирующей радиации, с рисками, связанными с самим заболеванием или отсрочкой диагноза [3].

Основные функциональные методы исследования

ЭКГ в покое в 12 отведениях является обязательным методом диагностики ишемии миокарда при стенокардии. Однако изменения на ЭКГ в покое часто отсутствуют, в основном у больных без ИМ в анамнезе. Особую ценность имеет ЭКГ, снятая во время болевого эпизода. Как правило, это нередко удается выполнить при стационарном наблюдении за больным. Во время ишемии миокарда на ЭКГ фиксируются изменения конечной части желудочкового комплекса — сегмента ST и зубца T.

Обследование пациентов с подозрением на ИБС следует начинать с *велозргометрии (ВЭМ)* или *тредмил-теста*. Наиболее часто для подтверждения стенокардитической природы симптомов и получения объективных доказательств индуцированной ишемии используют ЭКГ с дозированной ФН, ввиду доступности и низкой стоимости этого исследования. Однако нагрузочные пробы невозможно проводить у больных с заболеваниями опорно-двигательного аппарата, сосудов нижних конечностей и др. Часть больных, чаще женщины, не могут достичь субмаксимального уровня ФН из-за детренированности, отсутствия навыков езды на велосипеде, поэтому точность этого метода у женщин ограничена. У ряда больных проба с ФН не может быть оценена из-за преждевременного прекращения нагрузки. При оценке нагрузочных ЭКГ-проб необходимо учитывать весь комплекс клинических данных — возраст, наличие ФР, характер болевого синдрома. Проба с ФН считается “положительной” в плане диагностики ИБС, если воспроизводятся типичные для пациента боль или стеснение в груди и возникают характерные для ишемии изменения на ЭКГ. Однако не всегда боль сопровождается снижением сегмента ST. Проба считается положительной, если ишемическое снижение сегмента ST появится без боли, либо если типичный приступ стенокардии (Ст) развивается без снижения сегмента ST. Положительный результат пробы в 2/3 случаев связан с КБС. Наличие положительной пробы у мужчины среднего возраста со Ст напряжения (СтН) свидетельствует о высокой вероятности стенозирующего коронарного атеросклероза. Напротив, у молодой женщины с атипичным болевым синдромом и отсутствием основных ФР, даже при наличии положитель-

ного результата нагрузочного теста, диагноз ИБС маловероятен.

При использовании нагрузочной пробы недостаточно определить только ее чувствительность (возможность метода давать минимум ложноположительных результатов) и специфичность (возможность метода давать минимум ложноотрицательных результатов). Необходимо знать вероятность наличия заболевания у лиц с положительным тестом или возможность развития ИБС у лиц с отрицательным ответом (т. е. прогностическую значимость). Прогностическая значимость и сами результаты нагрузочного теста зависят от распространенности заболевания в конкретной группе (гр.) населения.

Учитывая большую важность тестовой информации, необходимо во всех случаях (при отсутствии противопоказаний) стремиться к выполнению нагрузочных проб у больных стабильной Ст (ССт). ЭКГ-проба с ФН является методом выбора:

- при первичном обследовании, если больной может выполнять ФН, и возможна интерпретация ЭКГ;
- при значительном ухудшении симптомов у больного ИБС;
- при исследовании в динамике, если достигнут адекватный контроль Ст.

Пробы с ФН широко используются для оценки лечения, в т.ч. хирургического: чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) или аортокоронарное шунтирование (АКШ).

Однако нагрузочная ЭКГ-проба является недостаточно чувствительным предиктором рестеноза после ЧКВ. Ее чувствительность составляет 40-55 %, что значительно уступает однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОЭКТ) или стресс-ЭхоКГ. Более низкая чувствительность нагрузочной ЭКГ-пробы и невозможность определить с ее помощью распространенность заболевания ограничивают диапазон ее применения для оценки состояния больных как до, так и после ЧКВ. При отсутствии у пациентов симптомов ишемии и специальных показаний рутинное выполнение нагрузочных тестов или радионуклидной визуализации миокарда после ЧКВ не назначается [4,5]. У пациентов, которым было проведено ЧКВ, возможности повторных нагрузочных ЭКГ-проб в выявлении рестеноза часто переоцениваются. Чтобы выявить стеноз, а не предсказать вероятность его возникновения, целесообразно нагрузочное тестирование в более поздние сроки (через 3-6 мес. после ЧКВ) [6]. У больных без острого коронарного синдрома (ОКС) с постепенным формированием хронической окклюзии, как правило, развивается коллатеральное кровоснабжение постокклюзионного русла. У пациентов с формированием хороших коллатералей нагрузочные тесты не всегда выявляют признаки ишемии миокарда.

Поскольку ишемия миокарда (как сопровождающаяся Ст, так и бессимптомная) ухудшает прогноз, некоторые специалисты выступают за рутинное нагрузочное тестирование больных ИБС. Однако в настоящее время в практических руководствах и рекомендациях по нагрузочному тестированию [7-9] предпочтение отдается селективной оценке пациентов, относящихся к группе высокого риска (например, со сниженной функцией левого желудочка (ЛЖ), многососудистым поражением коронарных артерий (КА), поражением проксимального отдела передней нисходящей КА, с подозрением на пора-

жение основного ствола левой КА; с указанием в анамнезе на внезапную сердечную смерть, с сахарным диабетом (СД), пациентам с “опасными” профессиями, а также с субоптимальными результатами ЧКВ или АКШ (т. е. с неполной реваскуляризацией миокарда) [10].

Американские исследователи ретроспективно оценивали применение нагрузочных тестов в общей практике у больных ИБС через ≥ 90 сут. после коронарной реваскуляризации [11]. Анализировали также частоту проведения повторной коронарографии и повторной реваскуляризации после нагрузочных тестов. Среди 28 177 больных ИБС в возрасте 18-64 лет, подвергнутых реваскуляризации миокарда у 21046 чел. выполнена ЧКВ и у 7131 – АКШ), в 59 % случаев проводили, по крайней мере, 1 нагрузочный тест за последующие 24 мес. наблюдения: в 61 % — после ЧКВ и в 51 % — после АКШ). Наиболее часто нагрузочные тесты проводили в период 6-12 мес. после реваскуляризации. Среди нагрузочных тестов с визуализацией миокарда чаще применяли радионуклидные исследования — перфузионная сцинтиграфия миокарда (ПСМ), чем стресс-ЭхоКГ. Хотя больше чем у половины больных после реваскуляризации миокарда были выполнены нагрузочные тесты, только у 11 % из них потребовались последующая повторная катетеризация сердца (коронарография) в течение 30 сут. после нагрузочного теста и лишь у 5 % из всех пациентов, подвергнутым нагрузочному тестированию, в те же сроки (30 сут.) была проведена повторная реваскуляризация миокарда.

У лиц с синдромом гипервентиляции и повышенной симпатико-адреналовой реакцией в ответ на ФН предпочтительней использовать пробу с *чреспищеводной электрической стимуляцией предсердий (ЧПЭС)*. ЧПЭС имеет преимущество перед пробой с ФН у пациентов с высоким АД. Отсутствие гипертензивной реакции при ЧПЭС в некоторых случаях дает возможность дифференцировать истинно ишемические изменения сегмента ST от нарушений фазы реполяризации, обусловленных перегрузкой ЛЖ давлением. По той же причине ЧПЭС может быть рекомендована пациентам с неадекватным повышением АД при ВЭМ или тредмил-тесте. Кратковременность индуцируемой при ЧПЭС ишемии (в течение нескольких секунд после прекращения стимуляции ишемическое снижение сегмента ST исчезает) позволяет использовать этот метод для диагностики ИБС у пациентов с нарушениями сердечного ритма и подозрением на синдром слабости синусового узла, т. к. дополнительно можно получить важную информацию о его функции. ЧПЭС можно также применять у больных ИБС с сопутствующей с застойной сердечной недостаточностью, дыхательной недостаточностью, когда проба с ФН чаще всего противопоказана.

Медикаментозные внутривенные (в/в) пробы с введением дипиридамола, изопроterenолола, добутамина, аденозина и др. — безопасны, высокоэффективны и доступны большинству кардиологических отделений; к тому же они не уступают по чувствительности ВЭМ. Например, по информативности проба с изопроterenололом у больных с атипичным болевым синдромом и при поражении одной КА не уступает ВЭМ; однако выраженность симпатико-адреналовой реакции, субъективно плохо переносимой больными, делает пробу с изопроterenололом все же резервным методом диагностики (при невозможности выполнения пробы с ФН) [8].

Амбулаторное холтеровское мониторирование (ХМ) ЭКГ. Этот метод целесообразен для выявления признаков ишемии миокарда при повседневной активности, в т.ч. для диагностики безболевой ишемии миокарда. Критерием ишемии миокарда при суточном мониторировании (СМ) ЭКГ является депрессия сегмента ST на ≥ 2 мм при ее длительности не < 1 мин. Имеет также значение и длительность ишемических изменений по данным СМ ЭКГ. Если общая продолжительность снижения сегмента ST достигает 60 мин, то это можно расценивать как проявление тяжелой КБС и является одним из показаний к реваскуляризации миокарда. Чувствительность СМ ЭКГ в диагностике ИБС составляет 44-81 %, специфичность — 61-85 %. СМ ЭКГ имеет меньшую информативность в выявлении преходящей ишемии по сравнению с пробой с ФН, т. к. во время мониторирования многие больные просто не доводят себя до приступа стенокардии из-за невысокой физической активности (ФА). У СМ ЭКГ по сравнению с нагрузочным тестом имеются следующие принципиальные недостатки:

- во время ХМ пациент сам выбирает нагрузочный режим, поэтому часто не достигает субмаксимальной частоты сердечных сокращений (ЧСС);
- нагрузка не носит непрерывно-нарастающего характера;
- нагрузочный режим не поддается немедленному контролю врача (возможен только ретроспективный анализ).

Сложным моментом остается методика анализа и стандартизации ФА больных СтН при СМ ЭКГ. Амбулаторное ХМ ЭКГ особенно информативно для выявления вазоспастической Ст или Ст Принцметала, которая сопровождается, как правило, синусовой тахикардией и желудочковыми нарушениями ритма сердца. Эти эпизоды кратковременны, и, после их окончания, сегмент ST возвращается к исходному положению. СМ ЭКГ необходимо также для выявления серьезных нарушений ритма, часто сопровождающих ИБС. Амбулаторное ХМ ЭКГ проводится и при предполагаемой Ст и немой ишемии (особенно в ночные часы) при отрицательной пробе с ФН. Часто СМ ЭКГ и проба с ФН дополняют друг друга и позволяют объективизировать функциональное состояние больных со Ст, особенно при повторных диагностических исследованиях, и у больных, перенесших ЧКВ или АКШ. Несмотря на большой объем получаемой информации (количество эпизодов депрессии сегмента ST за сут., их продолжительность и степень (ст.) выраженности, соотношение болевых и безболевых эпизодов) методику СМ ЭКГ довольно трудно интерпретировать. Сложность анализа создают артефакты, “наводка” и “дрейф” изолинии при естественных движениях пациента. При этом снижение качества записи оценивается при наибольшей ФА больного, т. е. как раз в то время, когда наиболее вероятна регистрация ишемических эпизодов.

Для диагностики ишемии миокарда часто используются тесты, основанные либо на определении снижения перфузии, либо на индуцировании ишемических аномалий движения стенки во время ФН или фармакологического стресса. Самыми распространенными методами визуализации при нагрузке являются ЭхоКГ и ПСМ. Обе методики могут применяться в сочетании с другими методами ФН или фармакологической нагрузки. Методики визуализации при нагрузке обладают рядом преимуществ

по сравнению с обычной ЭКГ с ФН, в т.ч.: более высокой диагностической точностью [3], способностью количественно оценивать и локализовать области ишемии, способностью выдавать диагностическую информацию при наличии аномалий (изменений) на ЭКГ в состоянии покоя или когда больной не может выполнять нагрузку. По этим причинам методы визуализации при нагрузке предпочтительнее использовать у больных, ранее перенесших ЧКВ или АКШ. Наличие ишемии у больных с ангиографически подтвержденными промежуточными поражениями КА позволяет прогнозировать дальнейшие неблагоприятные события.

Показаниями к проведению визуализирующих методов исследования — нагрузочной ЭхоКГ и ПСМ, для диагностики ИБС являются: полная блокада левой ножки пучка Гиса (ЛНПГ); постоянная электрокардиостимуляция (ЭКС) желудочков; синдром предвозбуждения желудочков (WPW); наличие депрессии сегмента ST в покое > 1 мм, включая пациентов с гипертрофией ЛЖ (ГЛЖ) и принимающих дигоксин; неспособность пациента к выполнению ФН, достаточной для достижения диагностически значимых результатов пробы (в этих случаях имеются прямые показания для проведения фармакологических стресс-тестов); перенесенные вмешательства по реваскуляризации миокарда — для получения информации о локализации ишемии, функциональной значимости поражений КА и наличия жизнеспособного миокарда.

С помощью *радионуклидных методов* (сцинтиграфия с таллием-201), можно определить функциональные нарушения перфузии миокарда, зарегистрировать вентрикулограмму по изображению внутривентрикулярной массы крови неинвазивным методом (радионуклидная вентрикулография).

Перфузионная ОФЭКТ является известным диагностическим исследованием. Она обеспечивает более чувствительное и специфичное определение ИБС, чем ЭКГ с ФН. По сравнению с инвазивной ангиографией, чувствительность и специфичность сцинтиграфии при нагрузке составляет 85-90 % и 70-75 %, соответственно [3].

Сцинтиграфия миокарда осуществляется с помощью гамма-камеры. Метод заключается в изучении региональной перфузии миокарда путем распределения радиофармпрепарата (РФП) (таллий-201), введенного в/в во время (на высоте) нагрузки, и его перераспределения в покое через 4 ч после нагрузки. Существует два варианта ПСМ: двухмерная ПСМ и ОФЭКТ. Для ПСМ чаще всего используют таллий-201 и технеций-99-м. Чувствительность и специфичность сцинтиграфии с нагрузкой составляют в среднем: 85-90 % и 70-75 %, соответственно [12].

Показания к стресс-ЭхоКГ и стресс-сцинтиграфии аналогичны. Выбор метода зависит от его доступности и опыта исследователей. Преимуществом стресс-ЭхоКГ перед ПСМ является более высокая специфичность, возможность более точного изучения анатомии и функции сердца, большая доступность и меньшая стоимость, а также отсутствие облучения. Однако у 5-10 % больных не удается получить адекватное изображение.

Визуальная оценка локальной сократимости, применяемая при стандартной Эхо-КГ, существенно усложняется при нагрузочных пробах, когда требуется проводить ее в динамике, на фоне высокой ЧСС. Поэтому интерпретация результатов стресс-ЭхоКГ существенно зависит

от опыта врача и характеризуется низкой межоператорской воспроизводимостью.

Стресс-ЭхоКГ и ПСМ, являясь более затратными по сравнению с ЭКГ-пробой при ФН, имеют важное значение при обследовании больных с низкой вероятностью наличия КБС, прежде всего женщин, при неоднозначных результатах ЭКГ с нагрузкой, при выборе артерии для реваскуляризации миокарда и оценки ишемии после реваскуляризации. Имеются следующие преимущества стресс-тестов с визуализацией миокарда в сравнении с ЭКГ-пробами с ФН: первостепенное диагностическое и прогностическое значение, способность локализовать ишемию миокарда, возможность получить большую диагностическую информацию у пациентов с изменениями ЭКГ в покое или у пациентов, которым невозможно выполнить пробу с ФН.

Нарушения перфузии миокарда у больных коронарным атеросклерозом носят очаговый характер. Чаще определяются стабильные зоны нарушения перфузии, обусловленные перенесенным ИМ или кардиосклерозом. При поражении одной КА зона нарушенного кровоснабжения на сцинтиграммах, как правило, соответствует бассейну кровоснабжения этой КА; при наличии дефекта перфузии в двух областях миокарда, следует думать о поражении 2-х или 3-х КА. Большую помощь в диагностике ИБС оказывает сцинтиграфия миокарда, выполненная на фоне проб с ФН или фармакологических проб с дипиридамолом, аденозином, ацетилхолином и др. При этом локальная зона преходящей ишемии миокарда проявляется в виде возникающего очага нарушенной перфузии миокарда. Чувствительность сцинтиграфии миокарда с таллием-201, проводимой на фоне функциональных нагрузочных проб (НП), доходит до 90-95 %. В связи с этим, получение отрицательного результата позволяет во многих случаях не проводить инвазивное ангиографическое исследование. Особенно важное диагностическое значение имеет сцинтиграфия миокарда с таллием-201 в случаях затрудненной или невозможной интерпретации ЭКГ при НП: блокады ножек пучка Гиса, выраженная ГЛЖ, неспецифические изменения сегмента ST и зубца T, лечение дигоксином и др. Важное значение имеет сцинтиграфия миокарда с таллием-201 и как метод отбора больных для коронарографии и оценки эффективности хирургического лечения ИБС [13-15].

Новейшие методы ОФЭКТ, использующие синхронизацию с ЭКГ, улучшают точность диагностики в различных популяциях больных, включая женщин, пожилых и больных СД [16]. Дополнительная информация, полученная от одновременно проводимого определения содержания кальция при применении мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ), может еще больше повысить точность диагностики [17].

К числу новейших методик визуализации при нагрузке относятся также стресс-МР, позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) и сочетанные методы.

ПЭТ. Исследования перфузии миокарда с применением ПЭТ свидетельствуют об отличных диагностических возможностях этого метода с точки зрения диагностики ИБС. Сравнения ПЭТ-визуализации перфузии с ОФЭКТ также свидетельствовали в пользу первой [18]. Мета-анализ результатов, полученных с применением ПЭТ, выявил 92 % чувствительности и 85 % специфичности при диагностике ИБС, что превосходит показатели для ОФЭКТ перфузии миокарда. Измерение миокардиально-

го кровотока в абсолютных единицах (мл/г/мин.) с применением ПЭТ еще больше повышает точность диагностики, особенно при многососудистых поражениях, и может применяться для мониторинга результатов разных методов лечения.

ПЭТ имеет преимущества перед ОФЭКТ, связанные с возможностями количественной оценки миокардиального кровотока (и коронарного резерва), более высоким разрешением изображений и меньшей радиационной нагрузкой. ПЭТ сердца считается “золотым стандартом” в неинвазивной оценке перфузии и жизнеспособности миокарда [16-18]. Чувствительность и специфичность ПЭТ в выявлении стенозов $\geq 50\%$ достигают 91% и 89%, соответственно [18]. Метод имеет высокую ценность в прогнозировании сердечно-сосудистых осложнений и многососудистого поражения КА.

Стресс-ЭхоКГ — устоявшийся диагностический метод, позволяющий выявлять ишемию с большей точностью, чем ЭКГ с нагрузкой. Наиболее часто применяемым методом является тестирование с ФН, как правило — ВЭМ, однако могут использоваться и фармакологические стрессорные препараты, такие, как добутамин и реже дипиридамола. Применение метода требует адекватной подготовки и опыта, т. к. она, в большей степени, чем остальные способы визуализации, является зависимой от исследователя. Суммарная чувствительность и специфичность ЭхоКГ при нагрузке составляют 80-85% и 84-86%, соответственно [3]. Стресс-ЭхоКГ становится распространенным методом комплексной неинвазивной диагностики, который позволяет детализировать ишемию миокарда, определить бассейн стенозированной КА, определять жизнеспособность миокарда в зоне постинфарктного поражения, оценивать резерв сократимости ЛЖ [9]. Если нарушение кровоснабжения миокарда (ишемия) носит преходящий характер, то появляющееся патологическое движение стенки ЛЖ (диастолическая, а затем и систолическая дисфункция) служит признаком (маркером) для определения локализации и ст. выраженности ишемии миокарда. Нарушение сократимости ЛЖ развивается после снижения коронарного кровотока, но, как правило, до появления характерных изменений на ЭКГ и симптомов Ст (т.н. “ишемический каскад”). Метод стресс-ЭхоКГ может быть использован при исходно измененной ЭКГ: блокадах ножек пучка Гиса, ГЛЖ, постинфарктных изменениях, влиянии медикаментозной терапии и др., а также при сомнительных и ложноположительных результатах ЭКГ-проб с ФН. К последним техническим усовершенствованиям можно отнести использование контрастных веществ для облегчения идентификации региональных аномалий движения стенки и для визуализации перфузии миокарда. Эти вещества повышают возможность интерпретации изображений, однако метод визуализации перфузии пока не разработан.

Еще более перспективным методом исследования является *тканевая Допплер-ЭхоКГ*. Этот метод позволяет количественно оценить региональную скорость сокращения миокарда. Использование метода дало возможность значительно улучшить информативность стресс-ЭхоКГ, в т.ч. на более ранних этапах развития КБС. Количественный характер оценки метода снижает вариабельность результатов и степень субъективности их интерпретации. Для ультразвуковой количественной оценки сократимости миокарда и программы обработки данных применяется

тканевая доплерография (ТДГ). Наиболее удобным режимом ТДГ для использования стресс-ЭхоКГ служит режим цветного картирования [19]. В этом режиме можно одновременно анализировать движение всех стенок исследуемой проекции ЛЖ и регистрировать миокардиальные скорости, картируемые цветом. Наиболее простым количественным критерием ишемии при стресс-ЭхоКГ является недостаточный прирост пиковой систолической скорости (S_m) на фоне нагрузки. В литературе описано достоверное снижение пиковых скоростей у основания стенок ЛЖ, находящихся в бассейне артерий с гемодинамически значимым стенозом просвета. ТДГ дополняет современные ультразвуковые методы диагностики ишемии миокарда и способствует повышению точности и воспроизводимости исследования. Имеются также данные о том, что ТДГ может повысить прогностическое значение стресс-теста.

Стресс-ЭхоКГ с добутамином и другими фармакологическими препаратами все шире внедряют для оценки вызванных ишемией локальных нарушений сократимости миокарда и жизнеспособности миокарда [20, 21]. Выявляемое при стресс-ЭхоКГ или контрастной вентрикулографии нарушение локальной сократимости ЛЖ у больных ИБС не обязательно связано с необратимым повреждением миокарда. Его жизнеспособность в такой зоне может быть сохранена, однако сократительная функция снижена или отсутствует. С точки зрения патофизиологии это объясняется адаптацией миокарда к условиям сниженного кровотока и хронической ишемии в виде соответствующего пропорционального снижения сократительной активности (“гибернирующий миокард”); а также воздействием повторных эпизодов ишемии, повышающих потребность миокарда в кислороде. Существуют три основных способа *определения жизнеспособности миокарда* [22]:

- доказательства наличия метаболической активности миокарда (ПЭТ). Основное ограничение этого метода — недостаточная доступность в настоящее время;
- оценка перфузии миокарда и сохранности функциональных ультраструктур кардиомиоцитов (КМЦ) — радиоизотопные исследования с ^{201}Tl и препаратами технеция, миокардиальная контрастная ЭхоКГ;
- выявление сократительного резерва миокарда (стресс-ЭхоКГ с добутамином). Выявление сократительного резерва позволяет выделить гр. больных, у которых ревазуляризация миокарда повышает как глобальную, так и региональную сократимости ЛЖ — существенного независимого фактора улучшения отдаленного прогноза.

В таблице 1 показаны чувствительность и специфичность различных функциональных методов в диагностике стабильной ИБС по результатам проведенных мета-анализов [23-28].

Протоколы с нагрузкой достаточно просто выполняются в рутинном режиме с помощью ОФЭКТ и ПЭТ, в то время как магнитно-резонансная томография (МРТ) и КТ с нагрузкой трудоемки, неудобны и применяются ограничено. Открытый ОФЭКТ-томограф более комфортен для больных, чем замкнутые тоннели КТ и особенно МРТ. Следует подчеркнуть, что РФП для радионуклидной диагностики при меньшей лучевой нагрузке не вызывают аллергических реакций и других побочных эффектов (ПЭ), в отличие от контрастных препаратов и рентгеновского излучения при КТ [29].

Магнитный резонанс (МР). МР-исследование сердца при нагрузке с применением фармакологических

Таблица 1

Чувствительность и специфичность неинвазивных функциональных тестов в диагностике КБС [26]

Методы	Чувствительность	Специфичность (%)	Мета-анализ
ЭКГ проба с ФН	68 %	77 %	[27]
ПСМ, ОФЭКТ	88 %	73 %	[28]
Добутамин стресс-ЭхоКГ	81 %	84 %	[28]
Перфузионная МРТ с контрастным усилением	91 %	81 %	[30]
МРТ при стресс-индуцированном нарушении сокращения миокарда	83 %	86 %	[29]
КАГ с помощью МСКТ (с 64-детекторами)	99 %	89 %	[31]

Таблица 2

Показания к использованию различных процедур получения изображения для диагностики обструктивной ИБС и для оценки прогноза у лиц без установленной ИБС^a [51]

	Бессимптомные (скрининг)	Симптоматические			Прогностическая ценность положительного результата ^a	Прогностическая ценность отрицательного результата ^a	Ссылки
		Оценка вероятности ^b обструктивной болезни перед тестированием					
		Низкая	Промежуточная	Высокая			
		Анатомическое тестирование					
Инвазивная ангиография	III A	III A	IV A	I A	I A	I A	3
МСКТ ангиография	III B ^c	III B	III B	III B	III B	III B	32,43,44
МР ангиография	III B	III B	III B	III B	III C	III C	47
		Функциональное тестирование					
Стресс-ЭхоКГ	III A	III A	I A	III A ^d	I A	I A	3
Радионуклидная визуализация	III A	III A	I A	III A ^d	I A	I A	3
Стресс-МР	III B	III C	III B	III B ^d	III B	I A	3,16,17,30
ПЭТ перфузия	III B	III C	III B	III B ^d	III B	I A	18

Примечание: ^a Функциональная визуализация показана также для оценки прогноза известного коронарного стеноза; ^b До тестирования вероятность болезни вычисляют на основании симптоматики, пола и ФР; ^c Это относится к МСКТ ангиографии, а не к оценке содержания кальция; ^d У больных с обструктивной ИБС, документированной по результатам ангиографии, функциональное тестирование может быть полезным для выработки стратегии реваскуляризации на основании оценки распространенности, тяжести и локализации ишемических поражений; * Классы рекомендаций и уровни доказательности см. в таблице 3 и таблице 4.

стрессоров может использоваться для выявления аномалий движения стенки, индуцированных инфузией добутина, или аденозин-индуцированных аномалий перфузии. В клинической практике МР-исследование сердца стало применяться недавно, поэтому опубликовано мало работ о сравнении этого метода с другими, хорошо изученными неинвазивными способами визуализации [3]. Сравнительно недавно проведенный мета-анализ показал, что чувствительность МР в обнаружении стресс-индуцированных аномалий движения стенки составляет 83 %, а специфичность 86 %, а при визуализации дефектов перфузии — 91 % и 81 %, соответственно [26]. Проспективная многоцентровая оценка диагностических возможностей стресс-МР при исследовании перфузии также показала высокую чувствительность, однако специфичность оказалась ниже.

Существуют два неинвазивных ангиографических методов, обеспечивающие прямую визуализацию КА: МСКТ и МР исследование (МРИ).

МСКТ сердца и КА является неинвазивным методом исследования коронарного русла, определения стенотических поражений, выявления различных аномалий КА, оценки артериальных и венозных шунтов. Показаниями для применения МСКТ служат: определение коронарного атеросклероза на основе выявления и количественной оценки коронарного кальциноза, неинвазивная коронаро- и шунтография (артериальные и венозные шунты). Чаще всего МСКТ и электронно-лучевая томография применяются как дополнительные диагностические тесты у пациентов в возрасте < 65 лет с сомнительными результатами нагрузочных тестов или наличием традиционных коронарных ФР при отсутствии установленного диагноза ИБС. Следует указать, что как в гр. больных ИБС, так и в

Классы рекомендаций

Классы рекомендаций	Определение
Класс I	Доказательства и/или общее мнение, что данная процедура или вид лечения является благотворным полезным, эффективным.
Класс II	Спорные доказательства и/или расхождение во мнениях по поводу пользы /эффективности данного вида лечения или процедуры.
Класс IIa	Доказательства/мнение склоняются в пользу пользы/эффективности.
Класс IIb	Доказательства/мнение недостаточно убедительно устанавливают пользу/эффективность
Класс III	Доказательства и/или общее мнение, что данная процедура или вид лечения не является полезным/ эффективным, а в ряде случаев может принести вред.

гр. здоровых отмечается увеличение частоты кальциноза с возрастом, поскольку с годами усиливается вероятность более тяжелых форм атеросклероза.

В последние годы получены данные о высокой эффективности метода в ранней диагностике коронарного атеросклероза и ИБС. По данным исследований, у пациентов с ИБС чувствительность и специфичность МСКТ в выявлении гемодинамически значимых стенозов в проксимальных и средних сегментах КА составляют 86 % и 97 %, соответственно [30]. Широкое внедрение МСКТ позволит сократить сроки обследования пациентов, лучше определить больных с ранними формами ИБС, избегать выполнения коронарографии у пациентов с нормальными или малоизмененными КА. Методом МСКТ с контрастированием пытаются обнаружить “перфузионные” нарушения миокарда в покое и при фармакологических пробх [31-34].

Исследования и мета-анализы использования МСКТ для выявления ИБС показали высокую прогностическую ценность отрицательного результата, что свидетельствует о том, что МСКТ является отличным методом для исключения выраженной ИБС [35,36]; в то же время положительные результаты обладают лишь умеренной прогностической ценностью. Опубликованы два многоцентровых исследования: результаты одного совпали с результатами ранее выполненных мета-анализов [37], тогда как другое исследование показало умеренную прогностическую ценность отрицательного результата (83-89 %) [38]. С ишемией была связана только примерно половина стенозов, признанных значительными по результатам МСКТ [41]. Это показывает, что МСКТ ангиография не способна точно установить гемодинамическую значимость стеноза (КА). Иными словами, МСКТ является достоверным методом для исключения тяжелой ИБС у больных ССт и нестабильной Ст (НСт) и у больных низкой или умеренной вероятностью ИБС. Однако МСКТ ангиография, как правило, завышает тяжесть атеросклеротической обструкции, и для принятия решения по поводу лечения больного требуется дополнительное функциональное тестирование.

МР-коронароангиография. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что с точки зрения диагностики ИБС, МР-коронароангиография обладает более низким коэффициентом результативности, и она менее точна, чем МСКТ [35].

Гибридная/комбинированная визуализация. Сочетание методов анатомической и функциональной визуализации представляется весьма привлекательным, поскольку про-

странственная корреляция структурной и функциональной информации на объединенных изображениях может облегчить исчерпывающую интерпретацию коронарных поражений и их патофизиологических последствий. Такое сочетание можно получить либо путем объединенной записи изображений, либо с помощью приборов, позволяющих проводить одновременно два вида исследований: МСКТ и ОФЭКТ, МСКТ и ПЭТ. Возможность выполнения и точность комбинированной визуализации оценивались в ходе одноцентровых исследований; было показано, что МСКТ и визуализация перфузии дают независимую прогностическую информацию. Данных крупных или многоцентровых исследований пока нет.

К сожалению, в выборе диагностического метода не последнюю роль играют финансовые вопросы: при равных или почти равных диагностических возможностях преимущество имеют менее дорогие методы. Однако, выбирая между дешевым, но менее результативным, и дорогим, но более точным методом, следует помнить, что неправильный или неточный диагноз может привести к ошибкам в лечении и последующим большим затратам для ликвидации их последствий [20].

Инвазивные исследования. Согласно распространенной практике, многим больным, у которых перед тестированием вероятность ИБС оценивается как промежуточная или высокая, выполняют катетеризацию без предварительного функционального тестирования. Если неинвазивная визуализация при нагрузке противопоказана, не позволяет установить диагноз или недоступна, помогает измерение фракционного резерва кровотока (ФРК) или резерва коронарного кровотока. Даже опытные интервенционные кардиологи не могут точно оценить значимость большинства промежуточных стенозов (КА) на основании визуальной оценки или количественной коронароангиографии (КАГ) [39,40]. Отсрочка ЧКВ или АКШ у больных с ФРК 0,80 безопасна, а клинические результаты могут быть очень хорошими [41]. Таким образом, в отсутствие информации при оценке функциональных последствий умеренных стенозов КА показано измерение ФРК.

Определение жизнеспособного миокарда. Несмотря на разные виды лечения, прогноз у больных с хронической ишемической систолической дисфункцией ЛЖ неблагоприятен. При выборе метода лечения следует ориентироваться на результаты неинвазивной оценки жизнеспособности миокарда у больных с плохой функцией ЛЖ. Для оценки жизнеспособности и прогнозирования клинических результатов реваскуляризации миокарда пред-

Таблица 4

Уровни доказательности		
Уровень доказательности	A	Данные, полученные в ходе многочисленных РКИ или мета-анализов
Уровень доказательности	B	Данные, полученные в ходе одного РКИ или больших нерандомизированных исследований
Уровень доказательности	C	Консенсус мнений экспертов и/или данные мелких, ретроспективных исследований

лагались многочисленные методы визуализации, включая ПЭТ, ОФЭКТ и стресс-ЭхоКГ с добутамином. В целом, методы радионуклидной визуализации обладают высокой чувствительностью, тогда как методы, оценивающие сократительный резерв, обладают несколько более низкой чувствительностью, но более высокой специфичностью. МРТ обладает высокой диагностической точностью при оценке трансмурального распространения рубца, но его способность в определении жизнеспособного миокарда и прогнозировании восстановления движения стенки не выше, чем у других способов визуализации [42]. Отличия в результатах разных методов визуализации невелики, и, как правило, выбор того или иного способа основан на доступности и опыте врача. Имеющиеся данные опираются, в основном, на результаты наблюдательных исследований или мета-анализов, за исключением 2 рандомизированных, клинических исследований (РКИ) ПЭТ-визуализации [43]. Больным с достаточно большим объемом дисфункционального, но жизнеспособного миокарда, реваскуляризация миокарда, скорее всего, принесет пользу, у них может иметь место улучшение региональной и общей сократительной функции, симптоматики, способности к ФН и долгосрочного прогноза; тогда как у больных, не имеющих жизнеспособного миокарда, реваскуляризация не улучшает прогноз.

КАГ. Диагноз КБС может быть поставлен у большинства пациентов на основании анамнеза, подкрепленного результатами неинвазивных исследований. Но если остаются сомнения в диагнозе, медикаментозная терапия не дает ожидаемых эффектов или развивается НСт, то вероятно тяжелая КБС, требующая реваскуляризации; тогда больному необходимо предложить процедуру коронарографии. Наиболее эффективным способом выявления стенозов КА является КАГ, при которой атеросклеротические бляшки (АБ) визуализируются рентгенологически. Эта процедура связана с некоторым риском, но, как правило, незначительным [9]. Основными показаниями к КАГ являются: решение вопроса о целесообразности хирургического лечения больных ИБС; уточнение диагноза или дифференциальная диагностика у пациентов с неясными проявлениями ИБС; обследование лиц определенных профессий, связанных с риском (летчики, космонавты, водители транспорта и др.); ОИМ в первые часы заболевания для проведения активной тромболитической терапии (ТЛТ); оценка состояния после операции КШ (определение проходимости шунтов).

КАГ не следует назначать больным ССт, которые отказываются от инвазивного лечения, предпочитают избежать реваскуляризации, не являются кандидатами на ЧКВ или АКШ, а также пациентам, у которых реваскуляризация не приведет к улучшению качества жизни (КЖ) (ЕОК, 2006). Хотя КАГ считают “золотым стандартом” в диагностике КБС (именно она является методом оценки чувствительности и специфичности нагрузочных проб), необходимо отметить, что метод дает только анатомическую инфор-

мацию. Клиническая значимость выявляемых при КАГ поражений зависит не только от количества и ст. сужения КА, но и от физиологических последствий. Поэтому вопрос о тактике ведения больных КБС решается не только на основании обнаружения стенозов, а даже в большей степени на основании их функциональных эффектов, клинической симптоматики, жизнеспособности участков миокарда, кровоснабжаемых стенозированными сосудами, и выраженности систолической дисфункции ЛЖ.

В последние годы с целью более полной оценки характера поражения КА выполняются *внутрисосудистое ультразвуковое исследование (ВСУЗИ)*, которое позволяет увидеть не только двухмерный силуэт сосуда, как при ангиографии, но и обеспечивает томографическую оценку площади просвета, размера и разрыва АБ. Эта методика позволяет: оценить размеры и характер самого атероматоза, более детально оценить структуру АБ, вероятность атеротромбоза, осложнений ЧКВ и др. ВСУЗИ — ценное дополнение к ангиографии, облегчающее диагностические и терапевтические процедуры, в т.ч. стентирование. При ВСУЗИ стентов с лекарственным покрытием, было показано, что у них порог раскрытия, имеющий прогностическое значение для появления осложнений в отдаленном периоде, исключая рестеноз и тромбоз стента, ниже, чем у непокрытых стентов. Однако метод ВСУЗИ требует дорогостоящего оборудования и высоко квалифицированного персонала [45].

Анализ состава АБ на основании обратного рассеивания радиочастотного излучения, т.н. “*виртуальной гистологии*”, разделяет АБ на фиброзные, фиброзно-жировые с некротической корой или без нее, или кальцинированные, что имеет большое значение для вынесения показаний к коронарному стентированию.

Оптическая когерентная томография (ОКТ) является вариантом внутрисосудистой визуализации, основанной на использовании света, и обладает большей способностью пространственного разрешения, чем ВСУЗИ (15 vs 100 микрон). Ее проникающая способность ниже, чем у ВСУЗИ, но она позволяет подробно рассмотреть эндолуминальные границы.

Однако, несмотря на интенсивное развитие неинвазивных методов исследования [46-48], только контрастная КАГ позволяет выбрать оптимальный способ лечения: медикаментозный или реваскуляризацию миокарда.

Таким образом, прогресс современной медицины во многом обусловлен появлением новых функциональных методов диагностики, и поэтому своевременная, правильная и точная диагностика обеспечивает успех в лечении больного КБС и в конечном итоге решает его судьбу [8, 17, 49]. Диагноз представляется гипотезой, которую в истину превращают конкретные факты и, прежде всего, результаты объективных методов обследования больного. С этих позиций невозможно представить себе современную медицину без функциональных нагрузочных проб, других неинвазив-

ных методов исследования (КТ, ПЭТ) [50] и КАГ. КАГ без функциональных проб редко бывает обоснованной, она показана только больным с вновь возникшими тяжелыми и неконтролируемыми симптомами.

Прогностическая ценность. В клинической практике диагностика и прогностическая оценка часто проводятся одновременно, чем по отдельности, а многие диагностические исследования дают также и прогностическую информацию. Нормальные результаты функциональной визуализации связаны с хорошим прогнозом, тогда как документированная ишемия сопряжена с повышенным риском серьезных сердечно-сосудистых осложнений. Показатели промежуточного и высокого риска при стресс-визуализации — это ишемия при низком уровне нагрузки, ишемия с ранним началом, множественные зоны аномалий движения стенки высокой ст. или обратимый дефект перфузии. Показатели низкого риска при стресс-визуализации — это ишемия при высоком уровне нагрузки, ишемия с поздним началом, одна зона анома-

лий движения стенки низкой ст. или малый обратимый дефект перфузии, или отсутствие признаков ишемии. Часто кажущаяся анатомическая тяжесть поражения не соответствует ее анатомическому влиянию на кровоснабжение сердца, особенно при стабильной ИБС

В настоящее время доказательства в пользу использования **современных тестов для выявления ИБС** основываются на результатах мета-анализов и многоцентровых исследований (таблица 2) [51]. В группах бессимптомных и симптоматичных больных показаны возможности “анатомического” и функционального тестирования, согласно классам рекомендаций (таблица 3) и уровням доказательности (таблица 4), а также прогностическая ценность положительного и отрицательного результата.

Не следует забывать, что поражение сердца при том или ином заболевании (ИБС) является только частью системного поражения организма, поэтому выявление атеросклероза КА требует обязательного исследования и других сосудистых бассейнов [1,20,52].

Литература

1. Аронов Д.М., Лупанов В.П. Атеросклероз и коронарная болезнь сердца. Изд. второе, переработанное. Москва “Триада-X” 2009; 248 с.
2. Baer FM. Stress-ECG is adequate to detect myocardial ischemia: when are additional diagnostic tests needed? Dtsch Med Wochenschr 2007; 132(39): 2026-30.
3. Fox K, Garcia MA, Ardissino D, et al. **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.** Eur Heart J 2006; 27: 1341-81.
4. Sedlis SP, Eisenberg MJ. Prognostic value of early exercise testing after coronary stent implantation: a strategy of routine stress testing after percutaneous coronary intervention is not of proven benefit. Am J Cardiol 2008; 101:1681.
5. Eisenberg MJ, Blankenship JC, Huynt T, et al. Evaluation of routine functional testing after percutaneous intervention. Am J Cardiol 2004; 93: 744 -7.
6. Лупанов В.П. Сравнение электрокардиографических нагрузочных проб и других современных инструментальных методов в оценке эффективности чрескожных коронарных вмешательств и выявлении рестеноза. Тер архив 2010; 4: 67-73.
7. Gibbons RG, Balady GJ, Beasley JW, et al. **ACC/AHA guidelines for exercise testing: executive summary. A report of the American College of Cardiology/ American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Exercise Testing).** Circulation 1997; 96: 345-54.
8. Аронов Д.М., Лупанов В.П. Функциональные пробы в кардиологии. М.: МЕДпресс-информ 2007; 3-е изд., перераб. и доп., 328 с.
9. Диагностика и лечение стабильной стенокардии. Российские рекомендации (второй пере-смотр), ВНОК, 2008. Кардиоваск тер профил 2008; 6 (приложение 4): 40 с.
10. Beller GA Stress testing after coronary revascularization. Too much, too soon. JACC 2010; 56: 1335-7.
11. Shah BR, Cowper PA, O'Brien SM, et al. **Patterns of cardiac stress testing after revascularization in community practice.** JACC 2010; 56: 1328-34.
12. Сергиенко В.Б. Радионуклидные исследования при атеросклерозе (обзор) Кардиолог вестн 2009; том IV (XVI) № 3: 78-83.
13. Лупанов В.П. Алгоритм неинвазивной диагностики ишемической болезни сердца. Сравнительная оценка функциональных проб. РМЖ 2004; 12: 718-20.
14. Mastouri R, Sawada SG, Mahenthiran J. Current noninvasive imaging techniques for detection of coronary artery disease. Expert Rev Cardiovasc Ther 2010; 8(1): 77-91.
15. Kisacik HL, Ozdemir K, Altinyay E, et al. Comparison of exercise stress testing with simultaneous dobutamine stress echocardiography and technetium- 99m isonitrite single-photon emission computerized tomography for diagnosis of coronary artery disease. Eur Heart J 1996; 17(1): 113-9.
16. Giri S, Shaw LJ, Murthy DR, et al. Impact of diabetes on the risk stratification using stress single-photon emission computed tomography ESC/EACTS Guidelines 2547myocardial perfusion imaging in patients with symptoms suggestive of coronary artery disease. Circulation 2002; 105: 32-40.
17. Schuijff JD, WijnsW, Jukema JW, et al. A comparative regional analysis of coronary atherosclerosis and calcium score on multislice CT versus myocardial perfusion on SPECT. J Nucl Med 2006; 47: 1749-55.
18. Bateman TM, Heller GV, McGhie AI, et al. **Diagnostic accuracy of rest/stress ECG-gated Rb-82 myocardial perfusion PET: comparison with ECG-gated Tc-99m sestamibi SPECT.** J Nucl Cardiol 2006; 13: 24-33.
19. Bengel FM, Higuchi T, Javadi MS, et al. **Cardiac positron emission tomography.** JACC 2009; 54(1): 1-15.
20. Функциональная диагностика сердечно-сосудистых заболеваний. Под ред. Ю.Н.Беленкова, С.К.Тернового. М.: ГЭОТАР-Медиа 2007; 976 с.
21. Di Carli MF, Dorbala S, Meserve J, et al. Clinical myocardial perfusion PET/CT. J Nucl Med 2007; 48(5): 783-93.
22. Хадзегова А.Б., Копелева М.В., Юшук Ю.Н., Габитова Р.Г.Современные возможности тканевой доплерографии и области ее применения. Сердце 2010; 9(4): 251-61.
23. Mastouri R, Mahenthiran J, Sawada SG. The role of stress echocardiography and competing technologies for the diagnostic and prognostic assessment of coronary disease. Minerva Cardioangiol 2009; 57(4): 367-87.
24. Саидова М.А. Стресс-эхокардиография с добутамином: возможности клинического применения в кардиологической практике. РФК 2009; 4: 73-9.
25. Беленков Ю.Н., Саидова М.А. Оценка жизнеспособности миокарда: клинические аспекты, методы исследования. Кардиология 1999; 1: 6-13.
26. Skinner J.S., Smeeth L., Kendall J.M. et al. NICE guidance. Chest pain of recent onset: assessment and diagnosis of recent onset chest pain or discomfort of suspected cardiac origin. Heart 2010; 96: 974-8.

27. Gianrossi R, Detrano R, Mulvihill D, et al. Exercise-induced ST depression in the diagnosis of coronary artery disease. A meta-analysis. *Circulation* 1989; 80(1): 87-98.
28. Heijenbrok-Kal MH, Fleischmann KE, Hunink MG. Stress echocardiography, stress single-photon-emission computed tomography and electron beam computed tomography for the assessment of coronary artery disease: a meta-analysis of diagnostic performance. *Am Heart J* 2007; 154(3): 415-23.
29. Nandalur KR, Dwamena BA, Choudhi AF, et al. Diagnostic performance of positron emission tomography in the detection of coronary artery disease: a meta-analysis. *Acad Radiol* 2008; 15(4): 444-51.
30. Nandalur KR, Dwamena BA, Choudhri AF, et al. Diagnostic performance of stress cardiac magnetic resonance imaging in the detection of coronary artery disease: a meta-analysis. *JACC* 2007; 50(14): 1343-53.
31. Mowatt G, Cumming E, Waugh N, et al. Systematic review of the clinical effectiveness and cost-effectiveness of 64-slice or higher computer tomography angiography as an alternative to invasive coronary angiography in the investigation of coronary artery disease. *Health Technol Assess* 2008; 12(17): iii-iv, ix-143.
32. Schroeder S, Achenbach S, Bengel F. Cardiac computed tomography: indications, applications, limitations, and training requirements: report of a Writing Group deployed by the Working Group Nuclear Cardiology and Cardiac CT of the European Society of Cardiology and the European Council of Nuclear Cardiology. *Eur Heart J* 2008; 29: 531-56.
33. Сергиенко В.Б., Аншелес А.А. Молекулярные изображения в оценке атеросклероза и перфузии миокарда. *Кардиол вестник* 2010; том V (XVII), № 2: 76-82.
34. Синицын В.Е. Современная роль компьютерно-томографической ангиографии в диагностике коронарного атеросклероза и ишемической болезни сердца. *Кардиол вестник* 2010; том V (XVII), № 2: 53-7.
35. Bastarrika G, Ramos-Duran L, Rosemblum MA, et al. Adenosine-stress dynamic myocardial CT perfusion imaging: initial clinical experience. *Invest Radiol* 2010; 45(6): 306-13.
36. Jahnke C, Nagel E, Gebker R, et al. Prognostic value of cardiac magnetic resonance stress test: adenosine stress perfusion and dobutamin stress wall motion imaging. *Circulation* 2007; 115(13): 1669-776.
37. Nagao M, Matsuoka H, Kawakami H, et al. Detection of myocardial ischemia using 64-slice MDCT. Comparison with stress/rest myocardial scintigraphy. *Circ J* 2009; 73(5): 905-11.
38. Miller JM, Rochitte CE, Dewey M, et al. Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT. *N Engl J Med* 2008; 359: 2324-36.
39. Botman KJ, Pijls NH, Bech JW, et al. Percutaneous coronary intervention or bypass surgery in multivessel disease? A tailored approach based on coronary pressure measurement. *Catheter Cardiovasc Interv* 2004; 63: 184-91.
40. Tonino PA, de Bruyne B, Pijls NH, et al. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention. *N Engl J Med* 2009; 360: 213-24.
41. Pijls NH, van Schaardenburgh P, Manoharan G, et al. Percutaneous coronary intervention of functionally nonsignificant stenosis: 5-year follow-up of the DEFER Study. *JACC* 2007; 49: 2105-11.
42. Allman KC, Shaw LJ, Hachamovitch R, Udelson JE. Myocardial viability testing and impact of revascularization on prognosis in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction: a meta-analysis. *JACC* 2002; 39: 1151-8.
43. Beanlands RS, Nichol G, Huszti E, et al. F-18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography imaging-assisted management of patients with severe left ventricular dysfunction and suspected coronary disease: a randomized, controlled trial (PARR-2). *JACC* 2007; 50: 2002-12.
44. Bluemke DA, Achenbach S, Budoff M, et al. Noninvasive coronary artery imaging: magnetic resonance angiography and multidetector computed tomography angiography: a scientific statement from the American Heart Association Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention of the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention, and the Councils on Clinical Cardiology and Cardiovascular Disease in the Young. *Circulation* 2008; 118: 586-606.
45. Tuscu EM, Bayturan O, Kapadia S. Coronary intravascular ultrasound: a closer view. *Heart* 2010; 96: 1318-24.
46. Meijboom WB, Meijjs MF, Schuijf JD, et al. Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography: a prospective, multicenter, multivendor study. *JACC* 2008; 52: 2135-44.
47. Sarno G, Decraemer I, Vanhoenacker PK, et al. On the inappropriateness of noninvasive multidetector computed tomography coronary angiography to trigger coronary revascularization: a comparison with invasive angiography. *JACC Cardiovasc Interv* 2009; 2: 550-7.
48. Miller JM, Rochitte CE, Dewey M, et al. Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT. *N Engl J Med* 2008; 359: 2324-36.
49. Руководство по атеросклерозу и ишемической болезни сердца (под ред. акад. Е.И. Чазова, чл-корр. РАМН В.В. Кухарчука, проф. С.А. Бойцова). М.: Медиа Медика 2007: 736 с.
50. Knuuti J. Integrated positron emission tomography/computed tomography (PET/CT) in coronary disease. *Heart* 2009; 95: 1457-63.
51. Kolh P, Wijns W, Danchin N, et al. Guidelines on myocardial revascularization. *Eur J Cardiothorac Surg* 2010; 38 Suppl: S1-52.
52. Чазов Е. И. Бойцов С.А. Пути снижения сердечно-сосудистой смертности в стране. *Кардиол вестник* 2009; I (XVI), (1): 5-10.

Поступила 19/04-2011