

УДК 616.127-005.4-073.75

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИКИ ИШЕМИИ МИОКАРДА

¹Новосибирский государственный медицинский университет, г. Новосибирск²КГБУЗ «Алтайский краевой кардиологический диспансер», г. БарнаулЯхонтов Д.В.¹, Сукманова И.А.², Пинаева А.С.², Сердечная А.Ю.²

Ишемическая болезнь сердца – заболевание, занимающее лидирующую позицию в структуре смертности всего населения в развитых странах. Несмотря на широкие возможности применения высокотехнологичных методов визуализации ишемии миокарда, врачи-кардиологи по-прежнему сталкиваются с трудностями в постановке диагноза ишемической болезни сердца. В обзоре представлено большинство из существующих в настоящее время современных методов диагностики ишемии миокарда, освещен алгоритм применения тех или иных методик в зависимости от клинической ситуации и технологических возможностей клиники.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца, магнитно-резонансная томография, мультиспиральная компьютерная томография, предтестовая вероятность.

MODERN POSSIBILITIES FOR DIAGNOSING MYOCARDIAL ISCHEMIA

¹Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk²KGBUZ Altai Regional Cardilogic Dispensary, BarnaulD.V. Yakhontov¹, I.A. Sukmanova², A.S. Pinaeva², A.Yu. Serdechnaya²

Ischemic heart disease is a disease that occupies a leading position in the mortality structure of the entire population in developed countries. Despite the wide possibilities of using high technology imaging techniques for myocardial ischemia, cardiologists still face difficulties in diagnosing ischemic heart disease. The review presents most of the current current methods of diagnostics of myocardial ischemia, highlights the algorithm of application of certain methods depending on the clinical situation and technological capabilities of the clinic.

Keywords: ischemic heart disease, magnetic resonance imaging, multispiral computed tomography, pre-test probability.

В России, как и во всем мире, в структуре смертности всего населения ишемическая болезнь сердца (ИБС) занимает лидирующую позицию [1].

Ежегодно от различных форм ИБС умирает около 20% населения Российской Федерации. При этом почти 40% умерших составляют люди трудоспособного возраста [2]. Несмотря на появление новых методов диагностики ишемии миокарда при подозрении на ИБС и возрастание доступности их проведения, в 50–60% случаев данная патология остается нераспознанной, а у 50% больных ИБС манифестирует инфарктом миокарда [3]. Диагностика ишемии миокарда с годами не теряет своей актуальности, однако в настоящее время перед врачом-кардиологом стоит задача не только своевременно выявить патологию коронарных артерий, стратифицировать риск сердечно-сосудистых осложнений, но и сделать выбор между продолжением оптимальной медикаментозной терапии или инвазивным вмешательством у пациента [4].

Первично выбор неинвазивного метода диагностики при наличии клинических признаков ИБС (боль в грудной клетке и/или одышка) рекомендуется проводить на основании предтестовой вероятности (ПТВ), оценки коморбидности пациента, наличия противопоказаний [2].

Помимо ПТВ, для определения точности конкретного диагностического метода используют критерии специфичности (вероятность отрицательного результата диагностического теста при отсутствии болезни) и чувствительности (вероятность положительного результата диагностического теста при наличии ИБС) [5].

Согласно рекомендациям ESC по диагностике и лечению хронического коронарного синдрома (2019 г.), боль в грудной клетке делится на типичную, атипичную и несердечную. Типичная стенокардия характеризуется следующими признаками: боль за грудиной, провоцируемая физическим напряжением или эмоциональным стрессом, проходящая в покое или после приема нитроглицерина. Согласно евро-

пейским клиническим рекомендациям по диагностике и лечению хронического коронарного синдрома (2019 г.), эквивалентом данной боли является одышка. Атипичная стенокардия соответствует двум из вышеперечисленных характеристик. Несердечная боль (кардиалгия)

соответствует только одной или не соответствует ни одной из характеристик типичной стенокардии. Оценка боли в грудной клетке является ключевым звеном в оценке ПТВ при диагностике ИБС (таблица 1) [6].

Таблица 1

Предтестовая вероятность ИБС у пациентов с болью в грудной клетке и одышкой и выбор диагностического метода

	Типичная стенокардия		Атипичная стенокардия		Неангинозная боль		Одышка	
Возраст	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины
30–39	3%	5%	4%	3%	1%	1%	0%	3%
40–49	22%	10%	10%	6%	3%	2%	12%	3%
50–59	32%	13%	17%	6%	11%	3%	20%	9%
60–69	44%	16%	26%	11%	22%	6%	27%	14%
70+	52%	27%	34%	19%	24%	10%	32%	12%
Показатели предтестовой вероятности					Методы диагностики			
Низкая (<10%)					Нет ИБС, поиск другой причины болей в грудной клетке			
Промежуточная (10–20%)					Стресс-тесты с ЭКГ или визуализацией МСКТ с оценкой кальциевого индекса Инвазивная КАГ			
Высокая (>20%)					Инвазивная КАГ			

Электрокардиография

К базовому и обязательному методу диагностики при подозрении на ИБС относится запись 12-канальной электрокардиограммы (ЭКГ) (класс рекомендаций IC клинических рекомендаций РКО «Стабильная ишемическая болезнь сердца», 2020 г.). С помощью стандартной ЭКГ можно выявить различные признаки ишемии миокарда, диагностировать нарушения ритма и проводимости [2]. Регистрация ЭКГ – широко применяемый и финансово доступный метод диагностики. С развитием телемедицинских технологий его актуальность лишь возросла. Ввиду технической доступности, данный метод может быть использован в медицинских учреждениях любого уровня. Так, при возникновении ишемических изменений (и любых других патологических состояний), благодаря технологиям телемедицины, имеется возможность в течение нескольких минут получить консультацию кардиолога, определить тактику ведения и обеспечить грамотную маршрутизацию пациента вне зависимости от удаленности лечебного учреждения от места съема ЭКГ. Это, в свою очередь, дает возможность оптимизации организации экстренной кардиологической помощи, что включает высокотехнологическое лечение острого коронарного синдрома [7].

Однако при хронических формах ИБС, при отсутствии болевого синдрома в период записи

ЭКГ специфические изменения на кардиограмме зачастую отсутствуют. По этой причине на начальном этапе диагностического поиска в рутинной практике широко применяются провокационные пробы [2].

Провокационные тесты

Спровоцировать появление ишемии миокарда можно с помощью нагрузки (велозергметрия (ВЭМ) или тредмил-тест), сверхчастой стимуляции сердца при проведении чреспищеводного электрофизиологического исследования, путем введения фармакологических препаратов. Достоинством провокационных проб является возможность применения различных методик регистрации ишемии – от ЭКГ и эхокардиографии до компьютерной томографии и скинтиграфии миокарда. Выбор методики определяется возможностями клиники и состоянием пациента. Во многих случаях применяется комбинация методов, что повышает их чувствительность в диагностике ишемии миокарда [8].

Одними из самых доступных нагрузочных проб являются ВЭМ и тредмилметрия, но их чувствительность составляет около 61% [2]. Однако помимо финансовой и технической доступности, к положительным факторам применения вышеуказанных проб также относится их физиологичность, возможность определения

функционального класса заболевания с учетом толерантности к нагрузкам помимо подтверждения диагноза ИБС [2]. В Российской Федерации более распространена велоэргометрия ввиду ее большей экономической доступности, в европейских странах – тредмилметрия, поскольку ходьба более привычна и физиологична, чем вращение педалей велосипеда. Так, во время ВЭМ, часть пациентов не может достичь субмаксимального уровня нагрузки ввиду детренированности организма. Исходя из этого, тредмилметрия более предпочтительна при выборе теста с физической нагрузкой [9].

Тем не менее, несмотря на техническую доступность и экономическую выгоду, имеется ряд недостатков, ограничивающих использование нагрузочных проб в рутинной практике специалиста:

- высокая чувствительность только для диагностики стенокардии напряжения (до 80%);
- низкая специфичность относительно других методов диагностики ишемии;
- наличие большого спектра противопоказаний, значимо суживающих круг подходящих для тестирования пациентов [2].

Стресс-эхокардиография

Стресс-эхокардиография (Эхо-КГ) является доступным и широко используемым методом диагностики ишемии миокарда. Согласно российским клиническим рекомендациям по диагностике стабильной ИБС (2020 г.) и рекомендациям ESC по диагностике и лечению хронического коронарного синдрома (2019 г.), стресс-Эхо-КГ является одной из ведущих неинвазивных визуализирующих методик (класс рекомендаций IB клинических рекомендаций РКО «Стабильная ишемическая болезнь сердца», 2020 г.). Сочетание эхокардиографии с физическим или фармакологическим воздействием позволяет обнаруживать ишемические изменения в сердечной мышце с высокой точностью. Чувствительность стресс-ЭхоКГ составляет 80–88% [2]. Таким образом, обеспечивается

диагностическая и прогностическая точность данного метода, сопоставимая с магнитно-резонансной томографией (МРТ), при значительно более низкой стоимости, широкой доступности и отсутствии лучевого воздействия [3].

Патофизиологической основой использования ЭхоКГ с нагрузкой в оценке стабильной ИБС является стресс-индуцированная ишемия, которая проявляется появлением зон нарушений локальной сократимости миокарда, что является одним из элементов ишемического каскада. Основными показаниями к проведению ЭхоКГ с нагрузкой являются:

- диагностика ИБС;
- функциональная оценка стенозов коронарных артерий (гемодинамическая значимость, локализация и распространенность зон ишемии, определение ведущего стеноза при многососудистом поражении, оценка коронарного резерва);
- стратификация риска периперационных осложнений;
- оценка жизнеспособности миокарда;
- оценка перспективности реваскуляризации;
- выявление возможных кардиальных причин одышки при физической нагрузке [10].

В качестве нагрузочных агентов при проведении стресс-ЭхоКГ могут использоваться:

- 1) фармакологический тест с добутамином, аденозином, дипиридамолом, а также вазоспастический тест с эргометрином;
- 2) дозированная физическая нагрузка: велоэргометрия, тредмил-тест;
- 3) чреспищеводная электрическая стимуляция или использование возможностей имплантированного электрокардиостимулятора.

При выборе нагрузочного агента учитывается способность пациента выполнять физические нагрузки, клиническая форма ИБС, а также технологические возможности клиники. С точки зрения чувствительности, специфичности и безопасности, значимых различий между вариантами стресс-Эхо-КГ нет (таблица 2) [11].

Таблица 2

Стресс-ЭхоКГ с дипиридамолом в сравнении со стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой

Чувствительность		Специфичность	
Дипиридамолом	Физическая нагрузка	Дипиридамолом	Физическая нагрузка
72%	79%	92%	82%

Особенности различных протоколов стресс-эхокардиографии

При использовании фармакологического препарата в качестве нагрузочного агента его вводят согласно протоколу, оценивая возникновение ишемических изменений в миокарде (таблица 3).

Стресс-ЭхоКГ с нагрузкой выполняется с использованием протоколов ВЭМ/тредмил и считается более безопасной, чем фармакологические варианты, ввиду более низкого числа возможных осложнений. Среди фармакологических агентов дипиридамолом более безопасен, чем добутамин [9].

Стресс-ЭхоКГ с использованием фармакологических агентов

Фармакологические агенты	
Добутамин	Непрерывное введение 5 мкг/кг/мин с увеличением его дозы каждые 3 минуты до 10, 20, 30 и 40 мкг/кг/мин; если не достигнуты критерии нагрузки, то к введению добутамина добавляют атропин в дозе 0,25 мг каждую минуту до достижения 1 мг
Дипиридамо	Внутривенное введение 0,84 мг/кг в течение 10 минут в два этапа: 0,56 мг/кг за 4 минуты, после 4-минутного перерыва, если тест все еще отрицательный, дополнительно вводится 0,28 мг/кг за 2 минуты. Если не достигнуты критерии нагрузки – введение атропина по аналогичной с добутамином схеме
Аденозин	Внутривенное введение дозы 140 мг/кг/мин в течение 6 минут
Тест на вазоспазм с эргометрином	Внутривенное введение болюсно (50 мкг), каждые 5 минут до получения положительного результата или достижения суммарной дозы 0,35 мг

При наличии у пациента имплантированного кардиостимулятора возможно проведение стресс-ЭхоКГ путем перепрограммирования водителя ритма на более высокую частоту сердечных сокращений [9].

Спекл-трекинг эхокардиография

Помимо стандартной стресс-ЭхоКГ, перспективным методом диагностики становится технология спекл-трекинг эхокардиографии (СТЭ). Ее задача – определение значений деформации левого желудочка (ЛЖ), благодаря которому возможна не только визуальная, но и количественная оценка сократимости миокарда ЛЖ как в состоянии покоя, так и при проведении нагрузочных тестов [12].

Исследование деформации миокарда позволяет получать объективные количественные показатели глобальной функции ЛЖ и анализировать его региональную функцию в различных направлениях: продольном, циркулярном

и радиальном. Одним из основных оцениваемых параметров является показатель деформации (стрейн), отражающий степень изменения длины анализируемого сегмента миокарда по отношению к его начальному размеру [13].

Особенно важна оценка продольного стрейна ЛЖ ввиду того, что продольные волокна миокарда расположены субэндокардиально (наиболее подверженная ишемии область). Таким образом, измерения продольного систолического укорочения являются наиболее чувствительными маркерами ИБС, особенно у пациентов с поражением коронарных артерий средней и тяжелой степени (рисунок 1) [14]. Так, в нескольких исследованиях было показано, что значительный стеноз коронарной артерии может вызвать нарушение продольной функции ЛЖ в состоянии покоя, которое может остаться незамеченным при визуальной оценке сократимости при проведении Эхо-КГ, но может быть выявлено при проведении СТЭ [15].

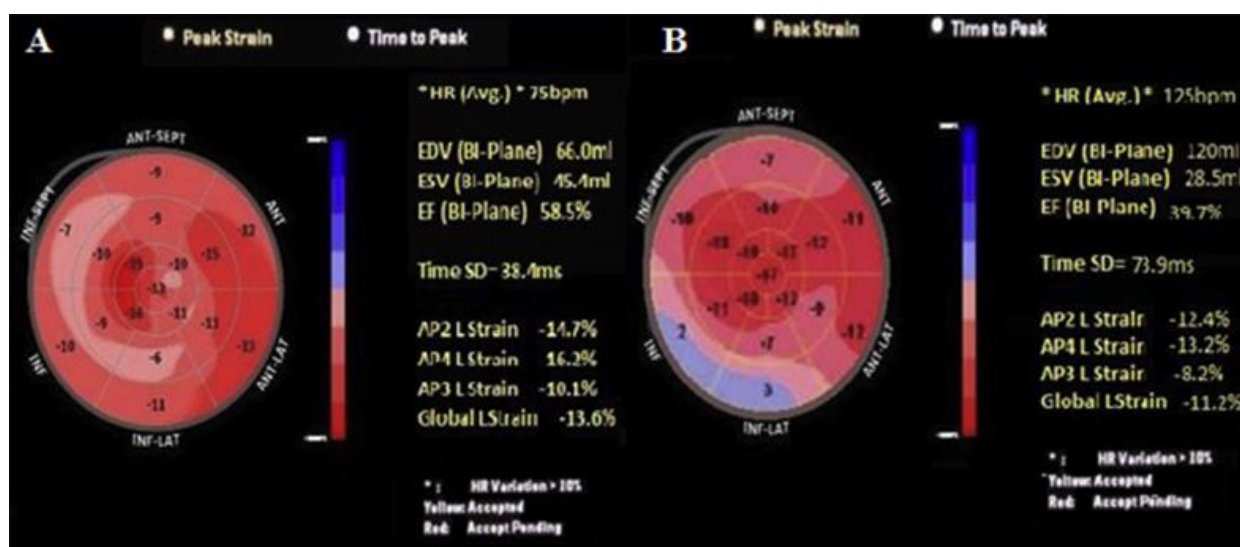


Рисунок 1 – Макет деления левого желудочка «Бычий глаз». Продольная деформация ЛЖ пациента с поражением левой передней нисходящей артерии и правой коронарной артерии (оценка SYNTAX = 34) (А) в покое = -13,6% и (В) в состоянии стресса = -11,2% [14].

Другая сфера применения СТЭ при ИБС – диагностика инфаркта миокарда без подъема сегмента ST, когда отсутствие типичных для инфаркта изменений на электрокардиограмме ограничивает чувствительность выявления лиц с окклюзией коронарных артерий [16].

Помимо этого, у пациентов с острым коронарным синдромом СТЭ позволяет прогнозировать не только эффект реперфузионной терапии, но и возможные осложнения [17].

Наряду с диагностикой ИБС, СТЭ применяется для стратификации риска и оценки прогноза при таких патологических состояниях, как: клапанная патология сердца, хроническая сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса, кардиомиопатии.

Таким образом, СТЭ позволяет провести беспрецедентную углубленную оценку систолической и диастолической динамики миокарда в широком диапазоне физиологических и патологических состояний. Кроме того, технология позволяет оценить ротационную и торсионную динамику – параметры функции ЛЖ, анализ которых до внедрения этой методики проводился исключительно с помощью МРТ [15].

Помимо вышеперечисленных методов диагностики, современному специалисту доступен целый ряд неинвазивных тестов, включающий мультиспиральную компьютерную томографию коронарных артерий (МСКТ КА), однофотонную эмиссионную компьютерную томо-

графию (ОФЭКТ) и позитронно-эмиссионную томографию (ПЭТ). Каждый из этих методов обладает высокой чувствительностью и специфичностью, поэтому при выборе того или иного исследования следует исходить из параметров, которые необходимо оценить у пациента.

Так, коронарная компьютерная томография позволяет оценить степень коронарного стеноза, ОФЭКТ – перфузию миокарда, ПЭТ – абсолютный кровоток в миокарде. Кроме того, все чаще применяются гибридные методы, которые позволяют объединить ОФЭКТ и МСКТ или ПЭТ и МСКТ изображения и получить более полную информацию [18].

Методы оценки анатомии коронарных артерий

В случае получения сомнительных результатов стресс-тестов, а также при невозможности проведения нагрузочных проб, следующим этапом диагностического поиска становится проведение МСКТ КА, которая позволяет неинвазивно получить изображение коронарных артерий высокого качества, при этом имея малое количество противопоказаний к проведению процедуры (таблица 4). Отрицательный результат МСКТ КА позволяет исключить obstructive поражение коронарных артерий с вероятностью около 89% и уточнить показания к проведению инвазивной коронароангиографии (КАГ) [19].

Таблица 4

Показания и противопоказания к проведению МСКТ КА

Показания	Противопоказания
- Обнаружение атеросклероза коронарных артерий (КА); - выявления степени кальциноза КА; - постановка дифференциального диагноза при сердечной недостаточности ишемического и неишемического генеза; - диагностика аномалий развития коронарных артерий; - уточнение данных других визуализирующих методик.	Абсолютные: - наличие у пациента в анамнезе тяжелой или анафилактической реакции на йодированный контраст; - нестабильность гемодинамики. Относительные: - беременность; - непереносимость лекарств, замедляющих ЧСС, или нитроглицерина; - недавнее применение ингибиторов фосфодиэстеразы; - тяжелый стеноз аорты; - бронхоспастические заболевания.

Чувствительность МСКТ-ангиографии в выявлении гемодинамически значимых стенозов в проксимальных и средних сегментах коронарных артерий составляет 86–95% и 78–90% соответственно, а отрицательная прогностическая ценность достигает 96–99% [20].

Однако чувствительность этого метода несколько ограничена в характеристике бляшек умеренной проходимости, что в некоторой степени снижает значимость МСКТ по сравнению

с другими диагностическими тестами, такими как ПЭТ, ОФЭКТ и МРТ [21].

Значения кальциевого индекса, полученные в результате процедуры, непосредственно коррелируют с тяжестью ишемической болезни сердца, риском наличия гемодинамически значимых коронарных стенозов или развития коронарных осложнений.

Оценка кальция в коронарной артерии, также известная как индекс Агатстона (ИА), мо-

жет использоваться для разделения пациентов на группы низкого, среднего и высокого риска развития ИБС (таблица 5). Пациенты с индексом Агатстона, равным 0 или от 1 до 10, имеют очень низкий в течение жизни риск развития неблагоприятного сердечно-сосудистого события. Однако исследования показали, что пациенты с ИА от 1 до 10 имеют трехкратный риск

развития ИБС по сравнению с пациентами с нулевой оценкой ИА. Последнее обращает нас к дополнительному диагностическому поиску у такой группы пациентов и важности роли некальцинированной бляшки коронарной артерии в патогенезе ишемической болезни сердца и влиянии на степень тяжести данного заболевания [22].

Таблица 5

Оценка наличия ИБС согласно индексу Агатстона

Индекс Агатстона	Риск наличия ИБС
0	отсутствие
1–10	низкий
11–100	умеренный
101–400	высокий
более 400	очень высокий

Именно поэтому оценка не только степени коронарной обструкции, но и ее функциональная значимость имеет особую важность, так как именно наличие функционального резерва оказывает решающее влияние на выбор дальнейшей тактики ведения пациента: консервативной или инвазивной. Наиболее точным методом определения функционального воздействия стеноза на миокард в последние годы является оценка фракционного резерва кровотока (ФРК) с помощью магнитно-резонансной томографии, сцинтиграфии миокарда или инвазивных исследований [23].

Однако экономическая составляющая этих методов, а также низкая возможность их рутинного применения значительно снижают их практическую значимость. Ввиду вышеизложенного, в некоторых клиниках практикуют метод оценки ФРК с помощью комбинации методик: МСКТ и стресс-теста.

Стресс-МСКТ – это недавно разработанный метод, который в сочетании с МСКТ обеспечивает как анатомическую, так и функциональную оценку ИБС с помощью одного метода визуализации. Неоспоримыми плюсами такого подхода являются: использование всего одного оборудования для проведения исследования, сокращение персонала, а также времени и затрат [21].

Метод стресс-МСКТ основан на оценке диффузии йодосодержащего контрастного вещества во внесосудистое пространство миокарда (рисунок 2). Диффузия препарата оценивается по двум протоколам: стресс/отдых или отдых/стресс, в зависимости от опыта каждого центра и конкретных характеристик каждого пациента. В качестве нагрузочных агентов, используемых во время данной процедуры, выступают препараты, применяемые в протоколах привычных стресс-тестов [21].

На протяжении долгого времени коронарная ангиография (КАГ) считалась золотым стандартом диагностики ИБС [24]. Выполнение КАГ позволяет оценить степень риска сердечно-сосудистых событий путем определения наличия и степени обструкции коронарного кровотока, а также возможность осуществления реваскуляризации и тип вмешательства [25].

В современных условиях выполнение КАГ в ряде случаев дополняется оценкой ФРК. Для измерения ФРК используют датчик, который измеряет давление в пре- и постстенотической области, образуемой атеросклеротической бляшкой: разница между показателями, выраженная в процентах, и есть ФРК. ФРК 0,75 и менее указывает на физиологическую значимость стеноза. Его оценка непосредственно влияет на принятие решения о дальнейшей тактике ведения пациента: консервативной или хирургической [26, 25].

Магнитно-резонансная томография

Это устоявшийся, надежный, неинвазивный метод визуализации для оценки ИБС [27]. МРТ позволяет одновременно оценить сократимость миокарда, его массу, аномалии движения стенок, перфузию, характеристики тканей и жизнеспособность. В частности, стресс-МРТ способна оценить гемодинамическое значение промежуточных коронарных стенозов, что особенно важно при выборе дальнейшей стратегии лечения: инвазивной или консервативной. Магнитно-резонансная томография с поздним накоплением гадолиния в тканях сердца особенно актуальна для визуализации очаговых рубцов миокарда, определяющих его жизнеспособность, ввиду высокой диагностической точности [28].

Стресс-МРТ основана на оценке распределения контрастного вещества в миокарде в момент

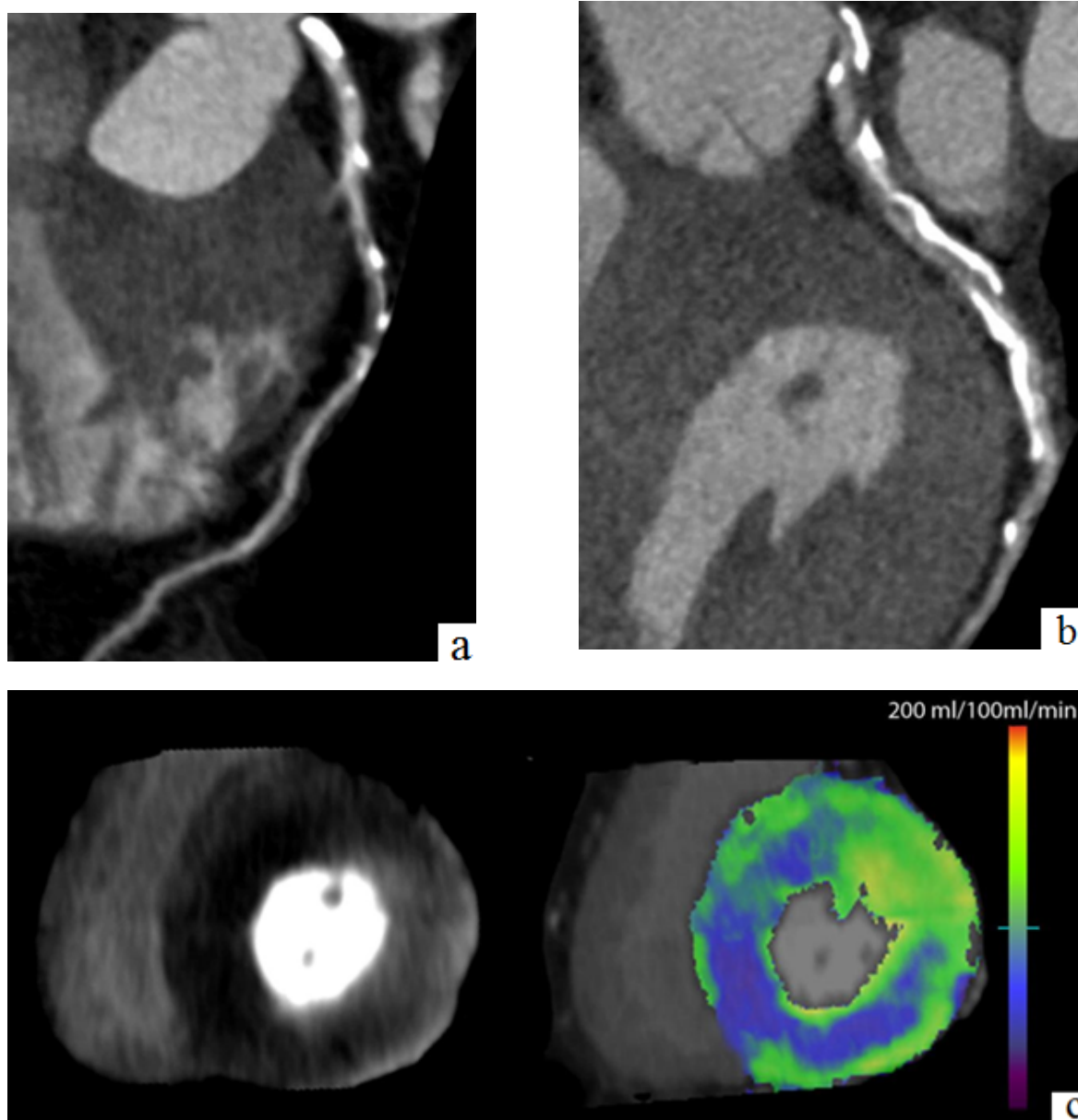


Рисунок 2 – МСКТ 60-летнего мужчины с типичной стенокардией. Визуализируются обширные, сильно кальцинированные бляшки в (а) левой передней нисходящей коронарной артерии и (б) в огибающей коронарной артерии. (с) Стресс-МСКТ (слева), полученная с помощью КТ-сканера DS, показывает дефект перфузии в передней, передне-перегородочной, ниже-перегородочной и нижней стенке миокарда у пациента с левым типом кровоснабжения. Карта цветового кода (справа) демонстрирует существенное снижение перфузии миокарда в передней и передне-перегородочной стенках (76 мл / 100 мл / мин), относящейся к левой передней нисходящей коронарной артерии, а также к нижней и ниже-перегородочной стенкам (48 мл / 100 мл / мин), относящейся к огибающей коронарной артерии [23].

стресс-индуцирования. При наличии гемодинамически значимого коронарного стеноза наблюдается гипоперфузия миокарда в различных участках кровоснабжения стенозированной коронарной артерии. Области повышенного накопления гадолиния отражают участки повреждения миокарда, наличие фиброза, позволяя оценить жизнеспособность миокарда [29].

В исследовании MR-INFORM было доказано, что проведение МРТ с оценкой фракционного резерва кровотока приводит к меньшему количеству реваскуляризаций, не уступая при этом

инвазивной коронарной ангиографии с точки зрения основных неблагоприятных сердечных событий через один год [30].

Основную группу претендентов для проведения МРТ составляют пациенты с ПТВ более 15%. Однако в свете текущей клинической практики рекомендации также позволяют рассмотреть возможность проведения диагностического тестирования у пациентов с более низкой ПТВ (5–15%) [4].

К плюсам выбора МРТ как диагностического метода также относится малое количество про-

тивопоказаний:

- наличие инородных металлических объектов в теле исследуемого. Однако в последнее время становится все больше имплантируемых устройств (кардиостимуляторы и имплантируемые кардиовертер-дефибрилляторы), которые позволяют проводить МРТ данной группе пациентов;
- хроническая болезнь почек с выраженным снижением скорости клубочковой фильтрации (СКФ СКД-EP1 менее 30 мл/мин/1,73м²);
- клаустрофобия [31].

Радионуклидные методы диагностики

В ходе перфузионной сцинтиграфии миокарда, ОФЭКТ и ПЭТ внутривенно вводится радиофармпрепарат (РФП), который с током крови поступает по коронарным сосудам в миокард [32]. Регионы миокарда без нарушения

кровообращения идентифицируются по равномерному распределению РФП, в то время как зоны ишемизированного миокарда и участки рубцовой ткани характеризуются снижением включения РФП в виде дефектов перфузии [33].

Совмещение исследования с нагрузочной пробой позволяет выявить зоны гипоперфузии у больных с ИБС, обусловленные снижением захвата изотопа во время нагрузки по сравнению с его захватом в покое на фоне нарушения коронарного кровообращения [26].

Для анализа зон кровоснабжения миокарда коронарными артериями разработана унифицированная схема деления ЛЖ на сегменты в виде мишени (рисунок 3), которая позволяет сопоставлять локализацию выявленных нарушений перфузии с результатами других методов визуализации (нарушения сократимости миокарда при стресс-ЭхоКГ) [33].

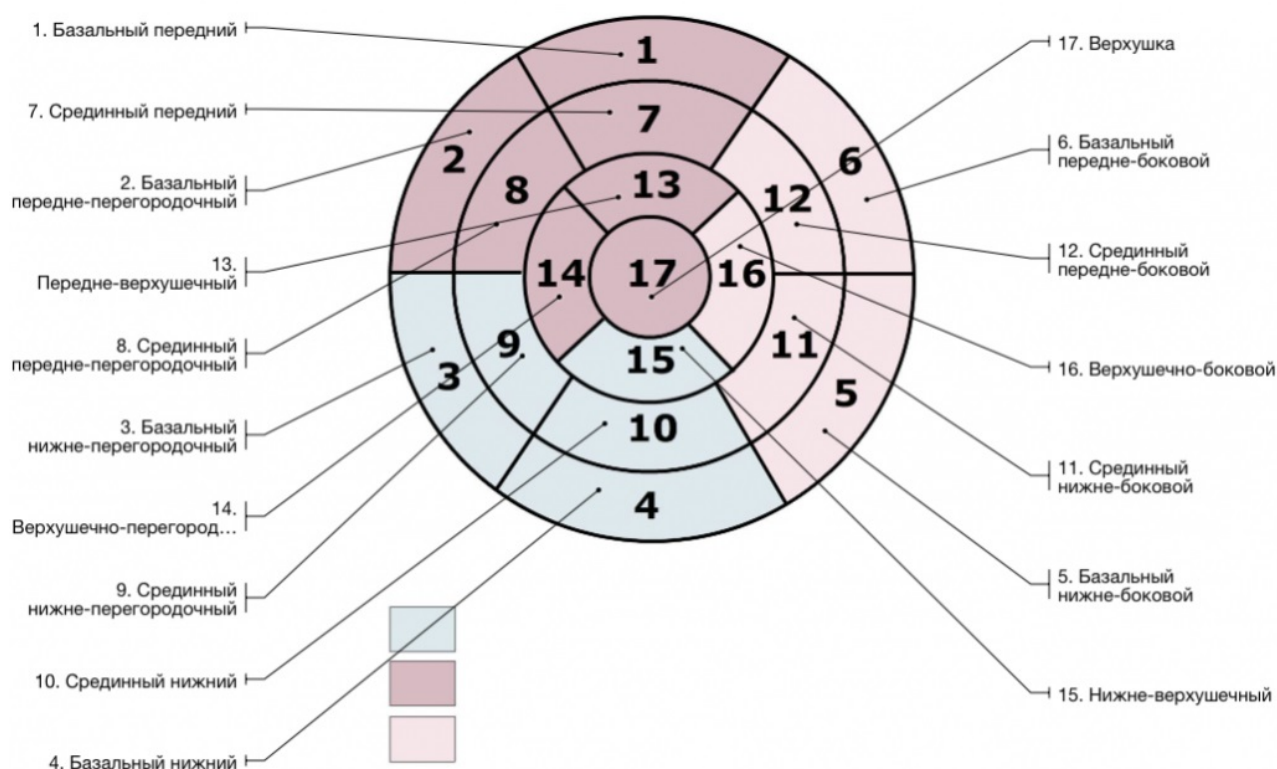


Рисунок 3 – Унифицированная схема деления левого желудочка на сегменты.

Однофотонная эмиссионная томография показана в тех случаях, когда электрокардиографическая и эхокардиографическая диагностика ишемии затруднительна, например, при наличии блокады левой ножки пучка Гиса. Чувствительность метода составляет 81–97%, специфичность – 74–91% [34].

Позитронно-эмиссионная томография значительно реже используется для диагностики ИБС, являясь более дорогим методом визуализации, чем ОФЭКТ. Применение ультракороткоживущих изотопов также является ограничением распространения ПЭТ в клинической

практике [35].

ПЭТ-визуализация перфузии миокарда имеет чувствительность и специфичность около 90% для обнаружения ангиографически значимой ишемической болезни сердца. В зависимости от используемого радиоактивного индикатора она может предоставить информацию не только о перфузии миокарда, но и о метаболизме миокарда, что имеет важное значение для оценки жизнеспособности [36].

ПЭТ является мощным прогностическим инструментом. Так, отсутствие патологического результата во время исследования связано с

чрезвычайно низким риском (<1% годовой частоты сердечных событий), в то время как аномальные результаты ПЭТ предсказывают более высокую частоту неблагоприятных сердечных событий с риском, пропорциональным степени отклонений, обнаруженных при визуализации перфузии [35].

Заключение

Таким образом, в настоящее время для диагностики ишемии и жизнеспособности миокарда возможно широкое использование современных визуализирующих методов с высоким пространственным разрешением, но тем не менее, несмотря на очевидную их актуальность, указанные методики в реальной клинической практике применяются не так часто из-за малой доступности [37].

В связи с чем традиционные стресс-тесты, даже стандартные тесты на беговой дорожке с упражнениями по-прежнему используются. Тем не менее, с появлением возможности применения современных комбинированных методов диагностики, одновременное получение данных об анатомии и функциональной значимости выявленных изменений становится предпочтительным ввиду их высокой диагностической точности [38].

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы:

1. Жмуров Д.В., Парфентева М.А., Семенова Ю.В. Ишемическая болезнь сердца. *Colloquium-journal*. 2020;29(81): 32-37. DOI:10.24412/2520-2480-2020-2981-32-37
2. Knuuti J. 2019 Рекомендации ESC по диагностике и лечению хронического коронарного синдрома. *Российский кардиологический журнал*. 2020;25(2): 3757. DOI:10.15829/1560-4071-2020-2-3757
3. Карпов Ю.А., Кухарчук В.В., Лякишев А.А., Лупанов В.П., Панченко Е.П., Комаров А.Л. и др. Диагностика и лечение хронической ишемической болезни сердца. *Кардиологический вестник*. 2015;3: 3-33.
4. Корок Е.В., Сумин А.Н. Актуальные вопросы диагностики ИБС в материалах Российского конгресса кардиологов (г. Екатеринбург, 20-23 сентября 2016). *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2017;1: 131-140. DOI:10.17802/2306-1278-2017-1-131-140
5. Лупанов В.П. Выбор неинвазивной нагрузочной пробы в диагностике ишемической болезни сердца (научный обзор). *Медицинский Совет*. 2018;16: 62-70. DOI:10.21518/2079-701X-2018-16-62-70.
6. Трухан Д.И., Давыдов Е.Л. Боль в грудной клетке: актуальные вопросы клинической

диагностики и лечения стенокардии. *Consilium Medicum*. 2015;17(10): 28-33.

7. Попов А.А., Сукманова И.А., Косоухов А.П.. Опыт применения системы отдаленной регистрации электрокардиограммы с помощью системы "Кардиометр МТ" в Алтайском крае. *Российский кардиологический журнал*. 2019;452: 37.

8. Под ред. Белялова Ф.И. Клинические рекомендации по кардиологии и коморбидным болезням. Ишемическая болезнь сердца. *Кардиология: Новости. Мнения. Обучение*. 2020;1-2(24): 66-80.

9. Vilcant V, Zeltser R. Treadmill Stress Testing. [Updated 2020 Jul 26]. In: *StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*. 2021 Jan-.

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

11. Бедрицкий С.А., Гендлин Г.Е., Никитин И.Г. Современные неинвазивные методы диагностики ишемической болезни сердца и роль стресс-эхокардиографии в оценке патологии сердца. *Лечебное дело*. 2018;4: 62-69. DOI:10.24411/2071-5315-2018-12067

12. Степанова А.И., Алехин М.Н. Возможности и ограничения спекл-трекинг стресс-эхокардиографии. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2019;34(1): 10-17. DOI:10.29001/2073-8552-2019-34-1-10-17

13. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of echocardiography and the European association of cardiovascular imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2015;28: 1-39. DOI: 10.1016/j.echo.2014.10.003

14. Farag SI, El-Rabbat KEE, Ahmed Mostafa S, et al. The predictive value of speckle tracking during dobutamine stress echocardiography in patients with chronic stable angina. *Indian Heart J*. 2020;72(1): 40-45. DOI: 10.1016/j.ihj.2020.03.001

15. Несукай Е.Г., Даниленко А.А. Роль спекл-трекинг эхокардиографии в диагностике и лечении сердечно-сосудистых заболеваний. *Артериальная гипертензия*. 2018;2(58): 33-43.

16. Collier P, Phelan D, Klein A. A Test in Context: Myocardial Strain Measured by Speckle-Tracking Echocardiography. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69(8): 1043-1056. DOI:10.1016/j.jacc.2016.12.012

17. Никифоров В.С., Никищенко Ю.В. Современные возможности speckle tracking эхокардиографии в клинической практике. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2017;13(2): 248-255. DOI:10.20996/1819-6446-2017-

13-2-248-255

18. Baritussio A, Scatteia A, Bucciarelli-Ducci C. Role of cardiovascular magnetic resonance in acute and chronic ischemic heart disease. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2018;34(1): 67-80. DOI:10.1007/s10554-017-1116-0

19. Earls JP, Woodard PK, Abbata S, et al. ACR appropriateness criteria asymptomatic patient at risk for coronary artery disease. *J Am Coll Radiol*. 2014;11(1): 12-9. DOI:10.1016/j.jacr.2013.09.021

20. Корок Е.В., Сумин А.Н. Сложности в диагностике обструктивных поражений коронарных артерий: роль неинвазивных тестов. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2019;8(1): 70-79. DOI:10.17802/2306-1278-2019-8-1-70-79

21. Magalhães TA, Cury RC, Cerci RJ, et al. Evaluation of Myocardial Perfusion by Computed Tomography - Principles, Technical Background and Recommendations. *Arq Bras Cardiol*. 2019;113(4): 758-767. DOI:10.5935/abc.20190217.

22. Ramjattan NA, Lala V, Kousa O, Makaryus AN. Coronary CT Angiography. 2020 Aug 22. In: *StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*. 2021 Jan-.

23. Rossi A, Merkus D, Klotz E, et al. Stress myocardial perfusion: imaging with multidetector CT. *Radiology*. 2014;270(1): 25-46. DOI:10.1148/radiol.13112739

24. Gawor M, Nagel E. Perfusion cardiovascular magnetic resonance as the first-line technique in patients with stable chest pain. *Kardiologia Pol*. 2020;78(2): 98-104. DOI:10.33963/KP.15204

25. Khan M, Daud MY, Awan MS, et al. Frequency And Predictors Of Radial Artery Spasm During Coronary Angiography/Percutaneous Coronary Intervention. *J Ayub Med Coll Abbottabad*. 2020;32(3): 356-358.

26. Montalescot G, Sechtem U, Achenbach S et al. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease: The Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*. 2013;34(38): 2949-3003. DOI:10.1093/eurheartj/eh296

27. Головина А.Е., Андреева А.Е., Бондарева Е.В., Сайганов С.А., Берштейн Л.Л. Диагностика и тактика ведения пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца на современном этапе. *Клиническая медицина*. 2015;93(6): 18-25.

28. Heitner JF, Kim RJ, Kim HW et al. Prognostic Value of Vasodilator Stress Cardiac Magnetic Resonance Imaging: A Multicenter Study With 48000 Patient-Years of Follow-up. *JAMA Cardiol*. 2019;4(3): 256-264. DOI:10.1001/jamacardio.2019.0035

29. Catalano O, Moro G, Mori A, et al. Cardiac Magnetic Resonance in Stable Coronary Artery Disease: Added Prognostic Value to Conventional Risk Profiling. *Biomed Res Int*. 2018; 1-10. DOI:

10.1155/2018/2806148

30. Nagel E, Greenwood JP, McCann GP, et al. MR-INFORM Investigators. Magnetic Resonance Perfusion or Fractional Flow Reserve in Coronary Disease. *N Engl J Med*. 2019;380(25): 2418-2428. DOI: 10.1056/NEJMoa1716734

31. Baritussio A, Scatteia A, Bucciarelli-Ducci C. Role of cardiovascular magnetic resonance in acute and chronic ischemic heart disease. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2018;34(1): 67-80. DOI:10.1007/s10554-017-1116-0

32. Chen IY, Wu JC. Cardiovascular molecular imaging: focus on clinical translation. *Circulation*. 2011;123(4): 425-43. DOI:10.1161/CIRCULATION-AHA.109.916338

33. Сергиенко В.Б., Аншелес А.А., Шульгин Д.Н. и др. Методические рекомендации. Перфузионная сцинтиграфия и ОЭКТ миокарда. *Кардиологический вестник*. 2015;10(2): 6-21.

34. Никифоров В.С. Методы сердечно-сосудистой визуализации в диагностике ишемической болезни сердца. *Consilium Medicum*. 2017;19(1): 18-24.

35. Мочула А.В., Мальцева А.Н., Шипулин В.В. и др. Оценка миокардиального кровотока и резерва - физиологические основы и клиническое значение перфузионной сцинтиграфии в обследовании пациентов с хроническим коронарным синдромом. *Российский кардиологический журнал*. 2020;25(2): 3649. DOI:10.15829/1560-4071-2020-2-3649

36. Santos BS, Ferreira MJ. Positron emission tomography in ischemic heart disease. *Rev Port Cardiol*. 2019;38(8): 599-608. DOI:10.1016/j.repc.2019.02.011

37. Рустамова Я.К., Азизов В.А. Оценка эффективности и прогностической значимости метода МРТ сердца в определении жизнеспособности миокарда. *Бюллетень сибирской медицины*. 2018;17(4): 131-140. DOI:10.20538/1682-0363-2018-4-131-140

38. Boden WE, Meadows JL. Role of Imaging in the Management of Stable Ischemic Heart Disease: An Evolving Paradigm Shift. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017;10(3): 335-337. DOI:10.1016/j.jcmg.2016.12.009

References

1. Zhmurov D.V., Parfenteva M.A., Semenova Yu.V. Coronary heart disease. *Colloquium-journal*. 2020;29(81): 32-37. (In Russ.) DOI:10.24412/2520-2480-2020-2981-32-37

2. Knuuti J. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes The Task Force for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes of the European Society of Cardiology (ESC). *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(2): 3757. (In Russ.) DOI:10.15829/1560-4071-2020-2-3757

3. Karpov Yu.A., Kukharchuk V.V., Lyakishev A.A., Lupanov V.P., Panchenko E.P., Komarov A.L. et al. Diagnosis and treatment of chronic ischemic heart disease. *Kardiologicheskij Vestnik*. 2015;3: 3-33. (In Russ.)
4. Korok E.V., Sumin A.N. Current issues of CHD diagnosis in materials of the Russian Cardiology Congress (Yekaterinburg, 20-23 September 2016). *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2017;1: 131-140. (In Russ.) DOI:10.17802/2306-1278-2017-1-131-140
5. Lupanov V.P. Selection of non-invasive load procedure in diagnosis of ischemic heart disease (review). *Medical Council*. 2018;16: 62-70. (In Russ.) DOI:10.21518/2079-701X-2018-16-62-70.
6. Trukhan D.I., Davydov E.L. Chest pain: current issues of clinical diagnosis and treatment of angina pectoris. *Consilium Medicum*. 2015;17(10): 28-33. (In Russ.)
7. Popov A.A., Sukmanova I.A., Kosoukhov A.P.. Experience of using the system of remote electrocardiogram registration with the help of the "Cardiometer MT" system in Altai Krai. *Russian Journal of Cardiology*. 2019;4S2: 37. (In Russ.)
8. Ed. Belyalov F.I. Clinical recommendations for cardiology and comorbid diseases. Coronary heart disease. *Cardiology: News. Opinions. Training*. 2020;1-2(24): 66-80. (In Russ.)
9. Vilcant V, Zeltser R. Treadmill Stress Testing. [Updated 2020 Jul 26]. In: *StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*. 2021 Jan-.
10. Tarkova A.R., Grazhdankin I.O., Malozemov K.S., Bergen T.A. The place of echocardiography with physical activity in the diagnosis of stable coronary heart disease: State of the Art. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokirurgiya*. 2020;24(3): 23-31. (In Russ.) DOI:10.21688/1681-3472-2020-3-23-31
11. Bedritsky S.A., Gendlin G.E., Nikitin I.G. Modern non-invasive methods for the diagnosis of coronary artery disease and the role of stress echocardiography in the assessment of heart diseases. *Lechebnoe delo*. 2018;4: 62-69. (In Russ.) DOI:10.24411/2071-5315-2018-12067
12. Stepanova A.I., Alekhin M.N. Capabilities and limitations of speckle tracking stress echocardiography. *The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2019;34(1): 10-17. (In Russ.) DOI:10.29001/2073-8552-2019-34-1-10-17
13. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of echocardiography and the European association of cardiovascular imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2015;28: 1-39. DOI: 10.1016/j.echo.2014.10.003
14. Farag SI, El-Rabbat KEE, Ahmed Mostafa S, et al. The predictive value of speckle tracking during dobutamine stress echocardiography in patients with chronic stable angina. *Indian Heart J*. 2020;72(1): 40-45. DOI: 10.1016/j.ihj.2020.03.001
15. Nesukai E.G., Danilenko A.A. Role of speckle tracking echocardiography in the diagnosis and treatment of cardiovascular diseases. *Arterial Hypertension*. 2018;2(58): 33-43. (In Russ.)
16. Collier P, Phelan D, Klein A. A Test in Context: Myocardial Strain Measured by Speckle-Tracking Echocardiography. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69(8): 1043-1056. DOI:10.1016/j.jacc.2016.12.012
17. Nikiforov V.S., Nikishchenkova Yu.V. Modern possibilities of speckle tracking echocardiography in clinical practice. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2017;13(2): 248-255. (In Russ.) DOI:10.20996/1819-6446-2017-13-2-248-255
18. Baritussio A, Scatteia A, Bucciarelli-Ducci C. Role of cardiovascular magnetic resonance in acute and chronic ischemic heart disease. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2018;34(1): 67-80. DOI:10.1007/s10554-017-1116-0
19. Earls JP, Woodard PK, Abbata S, et al. ACR appropriateness criteria asymptomatic patient at risk for coronary artery disease. *J Am Coll Radiol*. 2014;11(1): 12-9. DOI:10.1016/j.jacr.2013.09.021
20. Korok E.V., Sumin A.N. Challenges of diagnosis of obstructive coronary artery disease: the role of non-invasive testing. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2019;8(1): 70-79. (In Russ.) DOI:10.17802/2306-1278-2019-8-1-70-79
21. Magalhães TA, Cury RC, Cerci RJ, et al. Evaluation of Myocardial Perfusion by Computed Tomography - Principles, Technical Background and Recommendations. *Arq Bras Cardiol*. 2019;113(4): 758-767. DOI:10.5935/abc.20190217.
22. Ramjattan NA, Lala V, Kousa O, Makaryus AN. Coronary CT Angiography. 2020 Aug 22. In: *StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*. 2021 Jan-.
23. Rossi A, Merkus D, Klotz E, et al. Stress myocardial perfusion: imaging with multidetector CT. *Radiology*. 2014;270(1): 25-46. DOI:10.1148/radiol.13112739
24. Gawor M, Nagel E. Perfusion cardiovascular magnetic resonance as the first-line technique in patients with stable chest pain. *Kardiolog Pol*. 2020;78(2): 98-104. DOI:10.33963/KP.15204
25. Khan M, Daud MY, Awan MS, et al. Frequency And Predictors Of Radial Artery Spasm During Coronary Angiography/Percutaneous Coronary Intervention. *J Ayub Med Coll Abbottabad*. 2020;32(3): 356-358.
26. Montalescot G, Sechtem U, Achenbach S et al. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease: The Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*. 2013;34(38): 2949-3003. DOI:10.1093/eurheartj/ehz296
27. Golovina A.E., Andreeva A.E., Bondareva E.V., Saiganov S.A., Bershteyn L.L. Current views

of diagnostics and strategy of the treatment of stable ischemic heart disease. *Clinical Medicine (Russian Journal)*. 2015;93(6): 18-25. (In Russ.)

28. Heitner JF, Kim RJ, Kim HW et al. Prognostic Value of Vasodilator Stress Cardiac Magnetic Resonance Imaging: A Multicenter Study With 48000 Patient-Years of Follow-up. *JAMA Cardiol*. 2019;4(3): 256-264. DOI:10.1001/jamacardio.2019.0035

29. Catalano O, Moro G, Mori A, et al. Cardiac Magnetic Resonance in Stable Coronary Artery Disease: Added Prognostic Value to Conventional Risk Profiling. *Biomed Res Int*. 2018; 1-10. DOI: 10.1155/2018/2806148

30. Nagel E, Greenwood JP, McCann GP, et al. MR-INFORM Investigators. Magnetic Resonance Perfusion or Fractional Flow Reserve in Coronary Disease. *N Engl J Med*. 2019;380(25): 2418-2428. DOI: 10.1056/NEJMoa1716734

31. Baritussio A, Scatteia A, Bucciarelli-Ducci C. Role of cardiovascular magnetic resonance in acute and chronic ischemic heart disease. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2018;34(1): 67-80. DOI:10.1007/s10554-017-1116-0

32. Chen IY, Wu JC. Cardiovascular molecular imaging: focus on clinical translation. *Circulation*. 2011;123(4): 425-43. DOI:10.1161/CIRCULATION-AHA.109.916338

33. Sergienko V.B., Ansheles A.A., Shulgin D.N. et al. Methodological recommendations. Perfusion scintigraphy and OECT of the myocardium. *Kardiologicheskij Vestnik*. 2015;10(2): 6-21. (In Russ.)

34. Nikiforov V.S. Methods of cardiovascular imaging in the diagnosis of ischemic heart disease. *Consilium Medicum*. 2017;19(1): 18-24. (In Russ.)

35. Mochula A.V., Maltseva A.N., Shipulin V.V. et al. Evaluation of myocardial blood flow and coronary flow reserve - the physiological foundation and clinical significance of myocardial perfusion scintigraphy in the examination of patients with chronic coronary syndrome. *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(2): 3649. (In Russ.) DOI:10.15829/1560-4071-2020-2-3649

36. Santos BS, Ferreira MJ. Positron emission tomography in ischemic heart disease. *Rev Port Cardiol*. 2019;38(8): 599-608. DOI:10.1016/j.repc.2019.02.011

37. Rustamova Ya.K., Azizov V.A. Evaluation of the effectiveness and prognostic significance of the use of CMR in determining the viability of the myocardium. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2018;17(4): 131-140. (In Russ.) DOI:10.20538/1682-0363-2018-4-131-140

38. Boden WE, Meadows JL. Role of Imaging in the Management of Stable Ischemic Heart Disease: An Evolving Paradigm Shift. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017;10(3): 335-337. DOI:10.1016/j.

jcmg.2016.12.009

Контактные данные

Автор, ответственный за переписку: Пинаева Алина Сергеевна, врач кардиологического отделения острого коронарного синдрома КГБУЗ «Алтайский краевой кардиологический диспансер», г. Барнаул.

656055, г. Барнаул, ул. Малахова, 46.

Тел.: +79994754011.

E-mail: ya.alykoval@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1686-0171>

Информация об авторах

Яхонтов Давыд Александрович, д.м.н., профессор кафедры фармакологии, клинической фармакологии и доказательной медицины Новосибирского государственного медицинского университета, г. Новосибирск.

630091, г. Новосибирск, Красный просп., 52.

Тел.: (383) 2360902.

E-mail: mich99@mail.ru

Сукманова Ирина Александровна, д.м.н., заведующая кардиологическим отделением острого коронарного синдрома КГБУЗ «Алтайский краевой кардиологический диспансер», г. Барнаул.

656055, г. Барнаул, ул. Малахова, 46.

Тел.: (3852) 508903.

E-mail: info@akkd.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8328-4050>

Сердечная Анастасия Юрьевна, врач-кардиолог кардиологического отделения острого коронарного синдрома КГБУЗ «Алтайский краевой кардиологический диспансер», г. Барнаул.

656055, г. Барнаул, ул. Малахова, 46.

Тел.: (3852) 508903.

E-mail: info@akkd.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1293-2206>

Поступила в редакцию 22.03.2021

Принята к публикации 02.04.2021

Для цитирования: Яхонтов Д.В., Сукманова И.А., Пинаева А.С., Сердечная А.Ю. Современные возможности диагностики ишемии миокарда. *Бюллетень медицинской науки*. 2021;1(21): 27-38.

Citation: Yakhontov D.V., Sukmanova I.A., Pinaeva A.S., Serdechnaya A.Yu. Modern possibilities for diagnosing myocardial ischemia. *Bulletin of Medical Science*. 2021;1(21): 27-38. (In Russ.)