УДК 616.127-005.4-073.96+616.132.2-073.756.8+616.124-005.8+616-002.2

ДИАГНОСТИКА ХРОНИЧЕСКОЙ КОРОНАРНОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА

© Светлана Юрьевна Бартош-Зеленая[1], Виктор Николаевич Федорец[2], Татьяна Викторовна Найден[1], Олеся Андреевна Гусева[1,3]

[1]Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова. 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41; 195067, Санкт-Петербург, Пискаревский пр., д. 47

[2]Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., 2

[3]Городская больница № 40. 197706, Санкт-Петербург, Курортный район, г. Сестрорецк, ул. Борисова, д. 9

Контактная информация: Татьяна Викторовна Найден — ассистент кафедры функциональной диагностики. E-mail: tatianan1986@mail.ru

РЕЗЮМЕ: Ишемическая болезнь сердца (ИБС) представляет собой патологический процесс, вызванный как обструктивным, так и необструктивным атеросклеротическим поражением эпикардиальных артерий. Заболевание может иметь длительное хроническое течение, но также может резко дестабилизироваться, как правило, вследствие острого атеротромбоза, вызванного разрывом бляшки или ее эрозией. На описанной особенности течения ИБС основывается современная классификация заболевания, согласно которой выделяют острые (ОКС) и хронические коронарные синдромы (ХКС). Настоящая статья содержит обзор современных подходов к диагностике ХКС.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: хроническая коронарная болезнь сердца; эхокардиография; стресс-эхокардиография; коронарная ангиография; систолическая и диастолическая функция.

DIAGNOSTICS OF CHRONIC CORONARY HEART DISEASE

© Svetlana J. Bartosh-Zelenaya[1], Victor N. Fedorets[2], Tatyana V. Naiden[1], Olesya A. Guseva[1,3]

[1]North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov. 191015, Saint-Petersburg, ul. Kirochnaya, d. 41; 195067, St. Petersburg, Piskarevsky pr., d. 47

[2]Saint-Petersburg State Pediatric Medical University. 194100, Saint-Petersburg, Litovskaya str., 2

[3]City Hospital № 40. 197706, Saint-Petersburg, Kurortny district, Sestroretsk, str. Borisova, 9

Contact information: Tatyana Viktorovna Naiden — PhD, Assistant of the Department of Functional Diagnostics. E-mail: tatianan1986@mail.ru

ABSTRACT: Coronary heart disease (CHD) is a pathological process caused by both obstructive and non-obstructive atherosclerotic lesions of the epicardial arteries. The disease can have a long chronic course, but it can also be sharply destabilized, usually due to acute atherothrombosis caused by plaque rupture or erosion. The modern classification of ischemic heart disease is based on described features, according to which acute (ACS) and chronic coronary syndromes (CCS) are distinguished. This article provides an overview of modern approaches to the diagnosis of CCS.

KEY WORDS: chronic coronary disease; echocardiography; stress echocardiography; coronary angiography; systolic and diastolic function.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время внедрение современных методов лечения ишемической болезни сердца (ИБС) привело к тому, что многие пациенты после проведенной реваскуляризации миокарда не имеют ишемии, при этом коронарная болезнь сердца (КБС) у них осталась. На основании этого на Европейском конгрессе кардиологов (ESC, 2019) в Париже, по аналогии с острым коронарным синдромом (ОКС), впервые был озвучен термин «хронические коронарные синдромы» и появились рекомендации Европейской ассоциации кардиологов по диагностике и лечению ХКС, где представлены различные сценарии/группы развития этих состояний:

- 1 группа — пациенты с установленной КБС и стабильным болевым синдромом и/или одышкой;
- 2 группа — пациенты с впервые возникшей сердечной недостаточностью (СН) или дисфункцией левого желудочка и подозрением на КБС;
- 3 группа — стабильные симптомные и бессимптомные пациенты, у которых прошло < 1 года после ОКС, или с недавней реваскуляризацией;
- 4 группа — стабильные симптомные и бессимптомные пациенты, у которых прошло > 1 года после установки диагноза или реваскуляризации;
- 5 группа — пациенты с болевым синдромом и подозрением на вазоспастическую стенокардию или микроваскулярную болезнь сердца;
- 6 группа — бессимптомные пациенты, у которых КБС была установлена при скрининге.

Все эти сценарии классифицируются как ХКС, но связаны с различными рисками для последующих сердечно-сосудистых событий, и риск их при этом со временем может измениться. Несомненно, что ОКС может осложнить течение каждого из этих клинических сценариев [2]. Вероятность возникновения сердечно-сосудистых событий также может увеличиться при недостаточно контролируемых факторах риска, неоптимальной модификации образа жизни и медикаментозной терапии или неудачной реваскуляризации [3]. Однако вместе с тем риск сердечно-сосудистых событий может уменьшиться в результате успешной вторичной профилактики и адекватно проведенной реваскуляризации. Исходя из этого, в рекомендациях ESC (2019) подчеркнуто, что ХКС определяются различными эволюционными периодами течения ИБС, исключая развитие ОКС [15].

Кроме клинической картины КБС, которая основана, в том числе, на клинической предтестовой вероятности, представленной в табл. 1, в современных рекомендациях ESC (2019) показана необходимость проведения инструментальных методов диагностики для верификации заболевания.

Для диагностики стабильной ИБС или ХКС используются как простые инструментальные методы исследования — электрокардиография (ЭКГ), суточное мониторирование ЭКГ, рентгенография органов грудной клетки, эхокардиография (ЭхоКГ), так и более сложные, требующие специально подготовленного персонала и современной аппаратуры, такие как стресс-эхокардиография, компьютерная томография коронарных артерий (КТА) и инвазивная коронароангиография (КАГ).

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ ПОКОЯ

Согласно рекомендациям (ESC, 2019), ЭКГ в покое необходимо проводить у всех пациентов с болью в грудной клетке без явной несердечной причины (IC), а также, по возможности, следует регистрировать ЭКГ во время приступа или сразу после приступа стенокардии (IC) (табл. 2). При этом изменения сегмента ST, зарегистрированные во время наджелудочковых тахиаритмий, не должны быть использованы в качестве доказательства наличия у пациента с КБС (IIIC). Но все же на ЭКГ покоя могут быть выявлены признаки хронической ИБС, такие как неспецифические нарушения процессов реполяризации (депрессия сегмента ST, зубец Т сглажен, отрицательный) или ранее перенесенный инфаркт миокарда (зубцы q/Q, QS) (рис. 1) [15].

СУТОЧНОЕ МОНИТОРИРОВАНИЕ ЭКГ

Суточное амбулаторное мониторирование ЭКГ не является методом первого выбора для верификации хронической КБС. Однако этот метод обследования необходимо применять у пациентов с болью в грудной клетке и подозрением на аритмии (IC). Дополнительно суточное мониторирование ЭКГ в 12 отведениях целесообразно проводить у пациентов

Таблица 1

Предтестовая вероятность коронарной болезни сердца (ESC, 2019)

	Типичная боль		Атипичная боль		Нестенокардитическая боль		Одышка	
Возраст	м	ж	м	ж	м	ж	м	ж
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%

Неинвазивные исследования более эффективны (предтестовая вероятность > 15%)

Неинвазивные исследования могут быть рассмотрены для подтверждения диагноза после оценки общей клинической вероятности, основанной на модификаторах (5–15%)

Таблица 2

Показания к проведению ЭКГ покоя у пациентов с подозрением на коронарную болезнь сердца (ESC, 2019)

Рекомендации	Класс	Уровень
ЭКГ в 12 отведениях рекомендуется у всех пациентов с болью в грудной клетке без явной несердечной причины.	I	C
ЭКГ в 12 отведениях рекомендуется у всех пациентов во время или сразу после эпизода стенокардии, что предположительно является показателем клинической нестабильности КБС.	I	C
Изменения сегмента ST, зарегистрированные во время наджелудочковых тахиаритмий, не должны быть использованы в качестве доказательства КБС.	III	C

Примечание: КБС — коронарная болезнь сердца, ЭКГ — электрокардиограмма.



Рис. 1. Изменения на электрокардиограмме покоя у пациента с хронической коронарной болезнью сердца и перенесенным нижне-боковым инфарктом миокарда, произошедшим вследствие окклюзии правой коронарной артерии. Зубец Q в отведениях II, III, aVF, q V5–6 (обозначен стрелками), нарушение внутрижелудочковой проводимости

с подозрением на вазоспастическую стенокардию (IIа) (табл. 3). На рис. 2 представлен фрагмент суточного мониторирования ЭКГ у пациента В., 73 лет, с диагнозом ИБС, постоянная форма фибрилляции предсердий, с жалобами на боли в грудной клетке ангинозного характера и выраженную одышку, возникающие при небольшой физической активности.

С помощью амбулаторного мониторирования ЭКГ можно выявить признаки безболевой ишемии миокарда у пациентов с хронической КБС, но, как правило, это редко добавляет соответствующую диагностическую или прогностическую информацию, которая не может быть получена при нагрузочном тестировании [21].

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИЙ ТЕСТ С НАГРУЗКОЙ

Электрокардиографический тест с физической нагрузкой (ФН) у больных ИБС имеет низкую чувствительность, ограниченные возможности метода, следовательно, в качестве теста выбора первой линии рекомендуется проведение неинвазивного визуализирующего стресс-теста [1, 5, 14, 15, 24]. В таблице 4 представлены изменения в показаниях к применению стресс-ЭКГ-тестов (рекомендации 2013 года (ESC, 2013)). В настоящее время ЭКГ-тесты могут рассматриваться в качестве альтернативы диагностики ИБС в некоторых случаях, как например, если тесты с визуализацией недоступны в лечебном учреждении, учитывая

Таблица 3

Показания к проведению амбулаторного (суточного) мониторирования ЭКГ у пациентов с подозрением на коронарную болезнь сердца (ESC, 2019)

Рекомендации	Класс	Уровень
Амбулаторное мониторирование ЭКГ рекомендуется у пациентов с болью в грудной клетке и подозрением на аритмии.	I	C
Амбулаторное мониторирование ЭКГ желательно в 12 отведениях, следует рассмотреть у пациентов с подозрением на вазоспастическую стенокардию.	IIа	C
Амбулаторное мониторирование ЭКГ не рекомендовано использовать в качестве рутинного обследования у пациентов с подозрением на хроническую КБС.	III	C

Примечание: КБС — коронарная болезнь сердца, ЭКГ — электрокардиограмма.

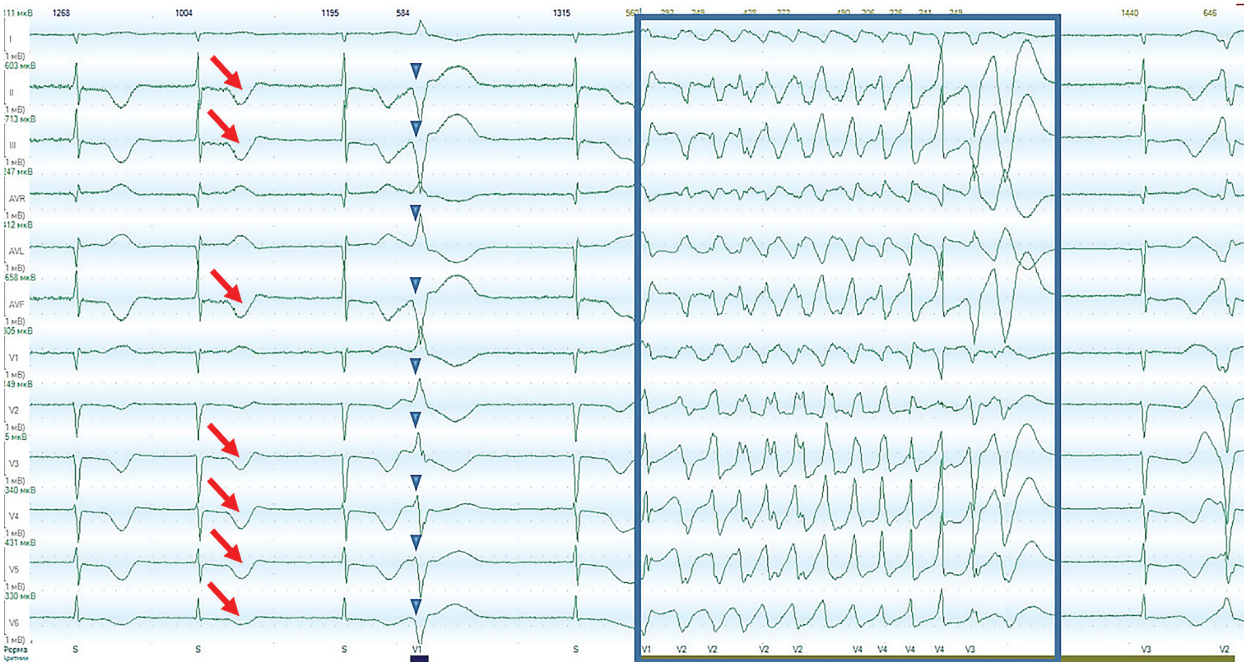


Рис. 2. Фрагмент суточного мониторирования ЭКГ пациента В., 73 лет, с изменениями на ЭКГ в виде отрицательного зубца Т (показано стрелками) и с нарушениями ритма по типу желудочковой экстрасистолии (показано треугольниками), эпизодов желудочковой тахикардии (в прямоугольнике)

все риски ложноотрицательных и ложноположительных результатов теста [14].

Таблица 4

Изменения в показаниях к проведению ЭКГ-теста с нагрузкой

ESC 2013	**Класс**
ЭКГ с нагрузкой рекомендуется в качестве первоначального теста для установления диагноза стабильной ИБС у пациентов с симптомами стенокардии и промежуточной предтестовой вероятностью (15–65%), без антиишемических препаратов, если нет изменений на ЭКГ, которые делают ЭКГ не оцениваемой.	I
ЭКГ с нагрузкой следует учитывать у пациентов, находящихся на лечении, для оценки динамики симптомов и ишемии.	IIa
ESC 2019	
ЭКГ с нагрузкой рекомендуется для оценки толерантности к нагрузкам, симптомов, аритмии, реакции АД и риска событий.	I
ЭКГ с нагрузкой можно рассматривать как альтернативный тест для исключения КБС, когда другие неинвазивные или инвазивные методы недоступны.	IIб
ЭКГ с нагрузкой можно рассматривать у пациентов на лечении, для оценки клинических симптомов и ишемии.	IIб

Примечание: АД — артериальное давление, КБС — коронарная болезнь сердца, ЭКГ — электрокардиограмма.

Применение ЭКГ с ФН может быть также рассмотрено у отдельных пациентов для того, чтобы дополнить клиническую картину. Согласно рекомендациям ESC (2019) нагрузочный ЭКГ-тест может быть показан для оценки симптомов, изменений сегмента ST, толерантности к ФН, возможности возникновения аритмий, реакции артериального давления и риска событий. Так, у пациента М., 62 лет, с жалобами на одышку и нарушения ритма, возникающие во время ФН, при велоэргометрии были выявлены следующие изменения: низкая толерантность к ФН (50 Вт), клинические симптомы (одышка, «перебои в сердце») и ЭКГ-изменения в виде желудочковой и наджелудочковой экстрасистолии (рис. 3). В последующем, при



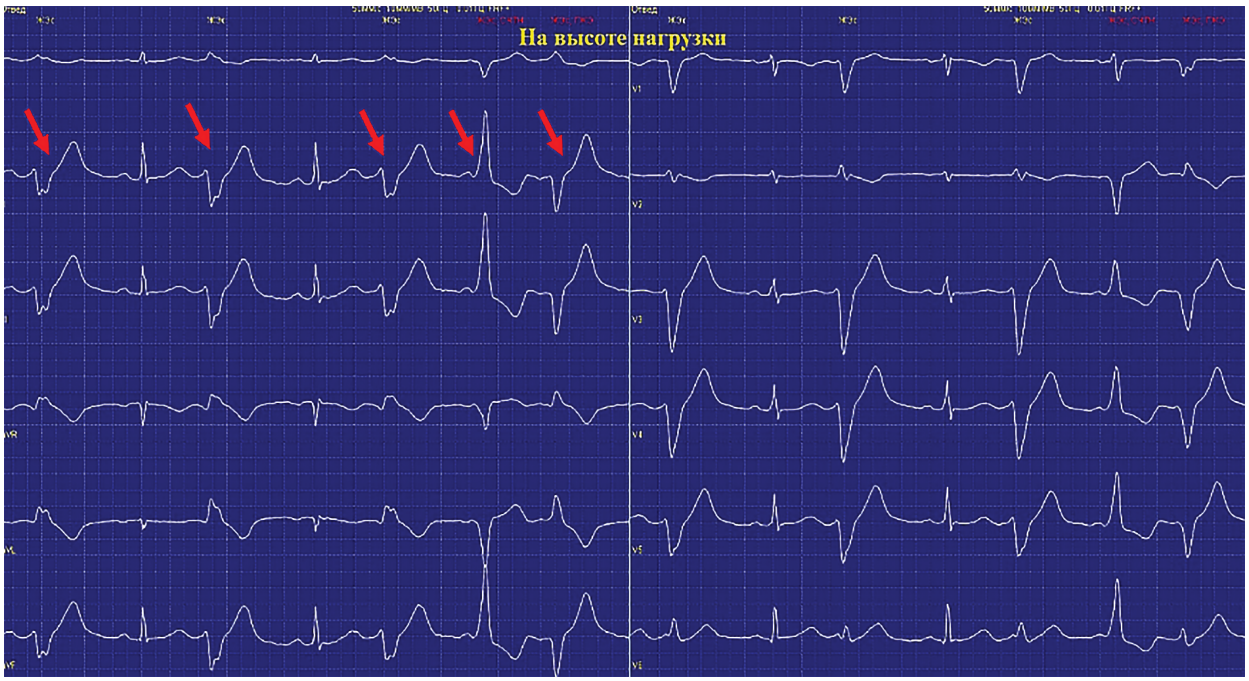


Рис. 3. Электрокардиограмма пациента М., 62 лет. На высоте нагрузки одиночная желудочковая и наджелудочковая экстрасистолия (внизу — показано стрелками)

КАГ выявлено многососудистое поражение коронарных артерий.

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОННЫХ АРТЕРИЙ

Согласно рекомендациям (ESC, 2019), ультразвуковое исследование сонных артерий должно рассматриваться и выполняться подготовленным специалистом для выявления атеросклеротических бляшек у пациентов с подозрением на хроническую КБС без известного атеросклеротического заболевания (IIa, C; табл. 5) [15]. Частота встречаемости атеросклеротического поражения некоронарных артерий у пациентов с КБС не превышает 10–15% случаев и возрастает с увеличением тяжести КБС. Приводятся данные о том, что у пациентов с КБС каротидные стенозы < 50% были выявлены в 90% случаев, тогда как стенозы 50–99% составляли лишь 5,5% и 2,2% случаев, для одно- и двусторонних поражений, соответственно [6]. Односторонние окклюзии сонных артерий в данном исследовании регистрировались в 1,5% случаев. Напротив, у пациентов с тяжелыми стенозами периферических артерий частота встречаемости ИБС составляет 60–70% (ESC, 2017) [4, 9]. При этом данные исследования AMERICA (2016) не подтвердили прогностической ценности активного выявления мультифокального атеросклероза у пациентов с КБС, не имеющих показаний к коронарному шунтированию (КШ), в связи с чем систематический скрининг бессимптомного поражения некоронарных артерий не рекомендован у пациентов с КБС. Однако эксперты отмечают, что в ряде случаев выявление стенозирующего поражения периферических артерий может быть полезным для стратификации риска, например, для определения стратегии дезагрегантной терапии у пациентов через 12 мес. после стентирования коронарных артерий [10].

При планировании операции КШ у пациентов с тяжелыми каротидными стенозами и симптомами церебральной ишемии может быть рассмотрена превентивная реваскуляризация сонных артерий [6]. На рис. 4 приведены данные ультразвукового исследования сонных артерий у пациентов с КБС.

В другом случае, на рис. 5, приведен пример успешной превентивной реваскуляризации 1-го сегмента правой подключичной артерии у пациента, перенесшего впоследствии операцию КШ.

ЭХОКАРДИОГРАФИЯ

В настоящее время ЭхоКГ покоя рекомендуется как первоначальный диагностический тест у пациентов с подозрением на КБС (ESC, 2019) и предоставляет существенную информацию о функции и анатомии сердца. В табл. 5 представлены рекомендации к проведению ЭхоКГ у пациентов с подозрением на КБС.

Итак, наиболее доступный в клинической практике метод, такой как трансторакальная ЭхоКГ, рекомендовано проводить, в первую очередь, для исключения альтернативных причин стенокардии. Так, на рис. 6 представлены ЭхоКГ-данные пациентки К., 58 лет, с жалобами на одышку, дискомфорт за грудиной. Диагноз ИБС пациенке поставлен на основании клинических симптомов и данных ЭКГ (депрессия сегмента ST, отрицательный зубец Т). Однако на ЭхоКГ покоя визуализируется гипертрофия стенок левого желудочка

Таблица 5

Показания к диагностическому тесту у пациентов с подозрением на хроническую коронарную болезнь сердца (ESC, 2019)

Рекомендации	Класс	Уровень
Трансторакальная ЭхоКГ в состоянии покоя рекомендуется всем пациентам для: (1) исключения альтернативных причин стенокардии; (2) идентификации регионального нарушения движения стенок, наводящего на мысль о КБС; (3) измерения фракции выброса левого желудочка с целью стратификации риска; (4) оценки диастолической функции.	I	B
УЗИ сонных артерий должно рассматриваться и выполняться подготовленным специалистом для выявления бляшек у пациентов с подозрением на хроническую КБС без известного атеросклеротического заболевания.	II**а**	C
МРТ может рассматриваться у пациентов с неокончательным эхокардиографическим исследованием.	II**б**	C

Примечание: КБС — коронарная болезнь сердца, УЗИ — ультразвуковое исследование сонных артерий, МРТ — магнитно-резонансная томография.

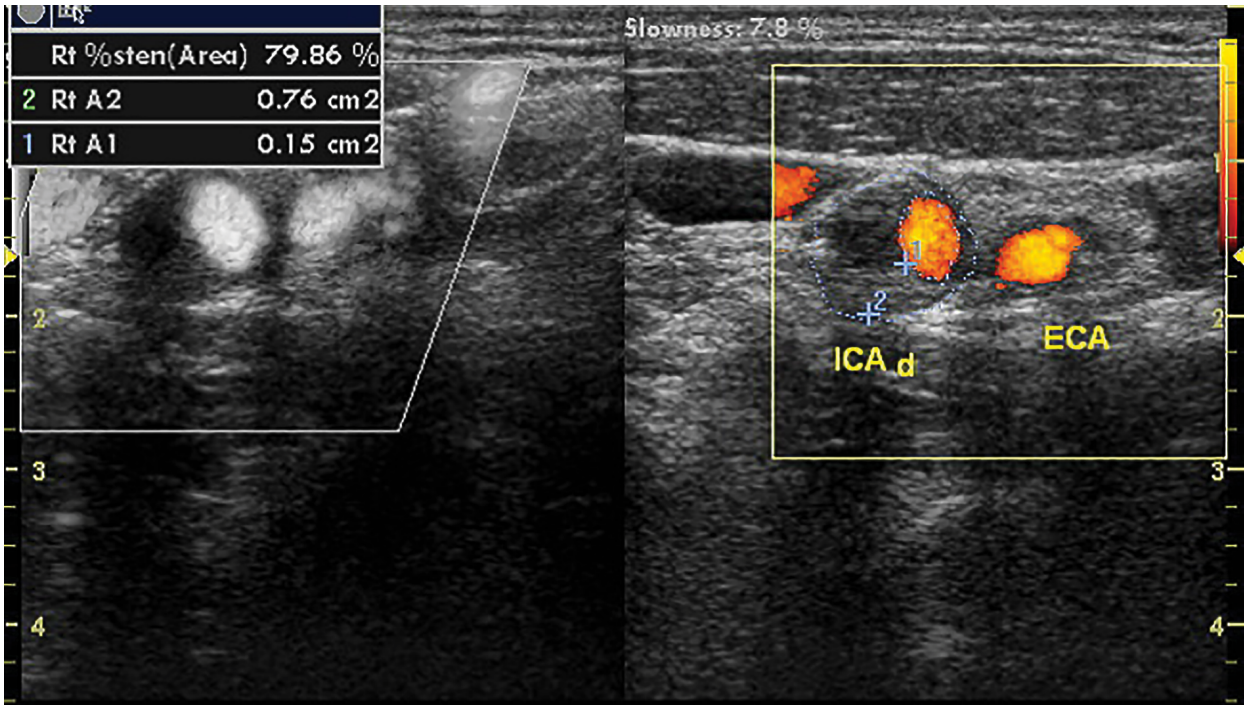
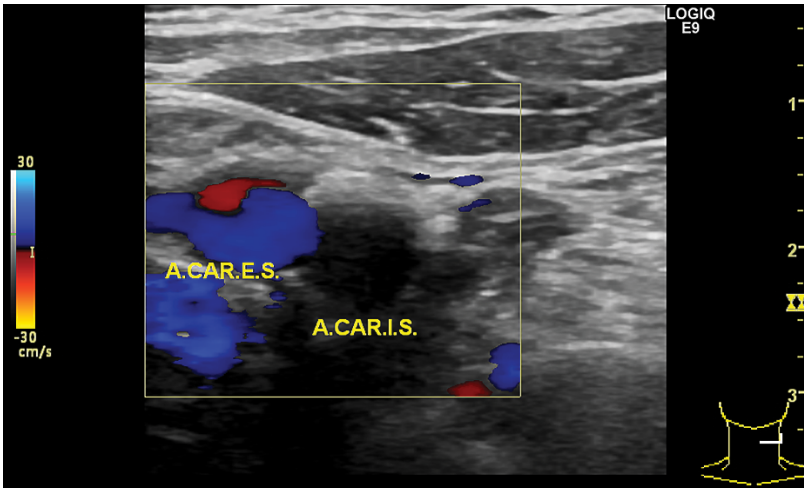
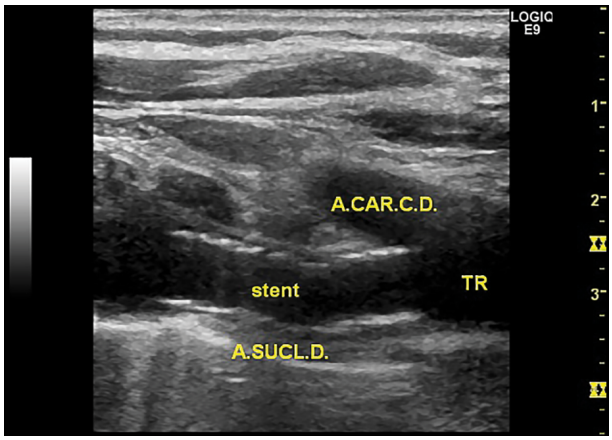


Рис. 4. Эхограммы пациентов с хронической коронарной болезнью сердца. Слева — стеноз 80% правой внутренней сонной артерии у пациента П., 58 лет; справа — окклюзия левой общей сонной артерии у пациента С., 53 лет.

ICAd — правая внутренняя сонная артерия,
ECA — наружная сонная артерия,
A.CAR.E.S. — левая наружная сонная артерия,
A.CAR.I.S. — левая внутренняя сонная артерия.





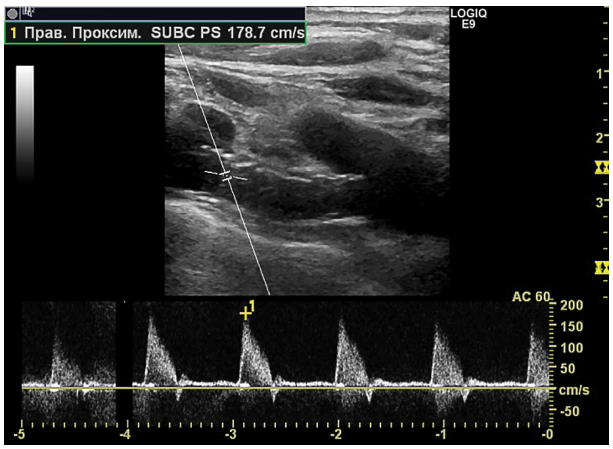


Рис. 5. Эхограмма пациента Н., 57 лет, направленного на аортокоронарное шунтирование, после превентивного стентирования правой подключичной артерии. Слева — нормально расположенный стент без признаков рестеноза; справа — магистральный кровоток в стенте с нормальными количественными характеристиками. A.CAR.C.D. — правая общая сонная артерия, A.SUCL.D. — правая подключичная артерия, TR — брахиоцефальный ствол, stent — стент

(ЛЖ) и среднежелудочковая обструкция как вариант гипертрофической кардиомиопатии.

На ЭхоКГ покоя возможна визуализация регионального нарушения движения стенок, наводящая на мысль о КБС у пациента, и в связи с этим необходимо определиться с балльной оценкой того или иного сегмента. Сегментарное кровоснабжение ЛЖ представлено на рис. 7 [1] в соответствии с международными рекомендациями [16, 17, 19]. На ЭхоКГ покоя можно визуализировать осложнения хронической КБС, например, постинфарктная аневризма ЛЖ (рис. 9, слева). Несмотря на то что в недавних европейских рекомендациях (Lang R.M. et al., 2015), не предлагалось проводить отдельную классификацию в зависимости от

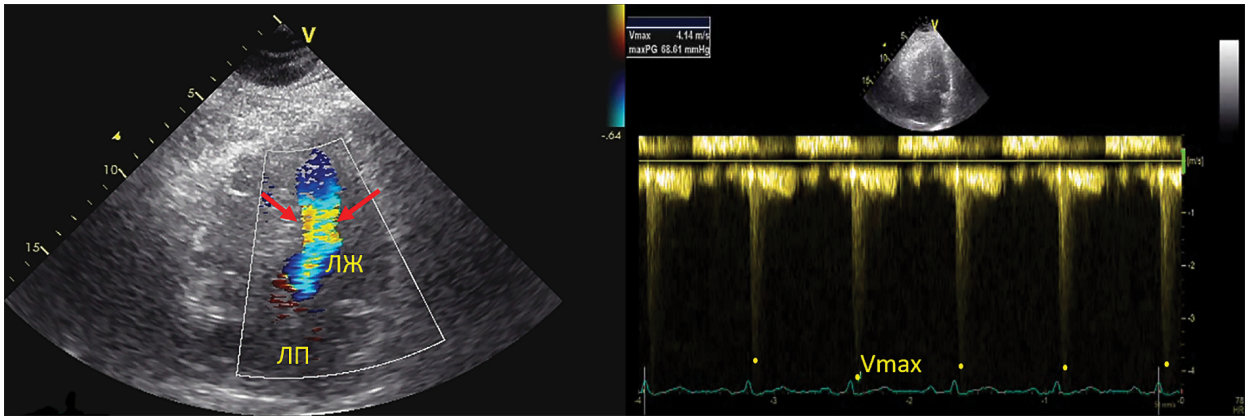


Рис. 6. Данные эхокардиографии пациентки К., 58 лет. Слева — в верхушечном четырехкамерном сечении визуализируется выраженная симметричная гипертрофия стенок и турбулентный кровоток в средней части левого желудочка. Справа — градиент среднежелудочковой обструкции составляет 68,6 мм рт. ст.

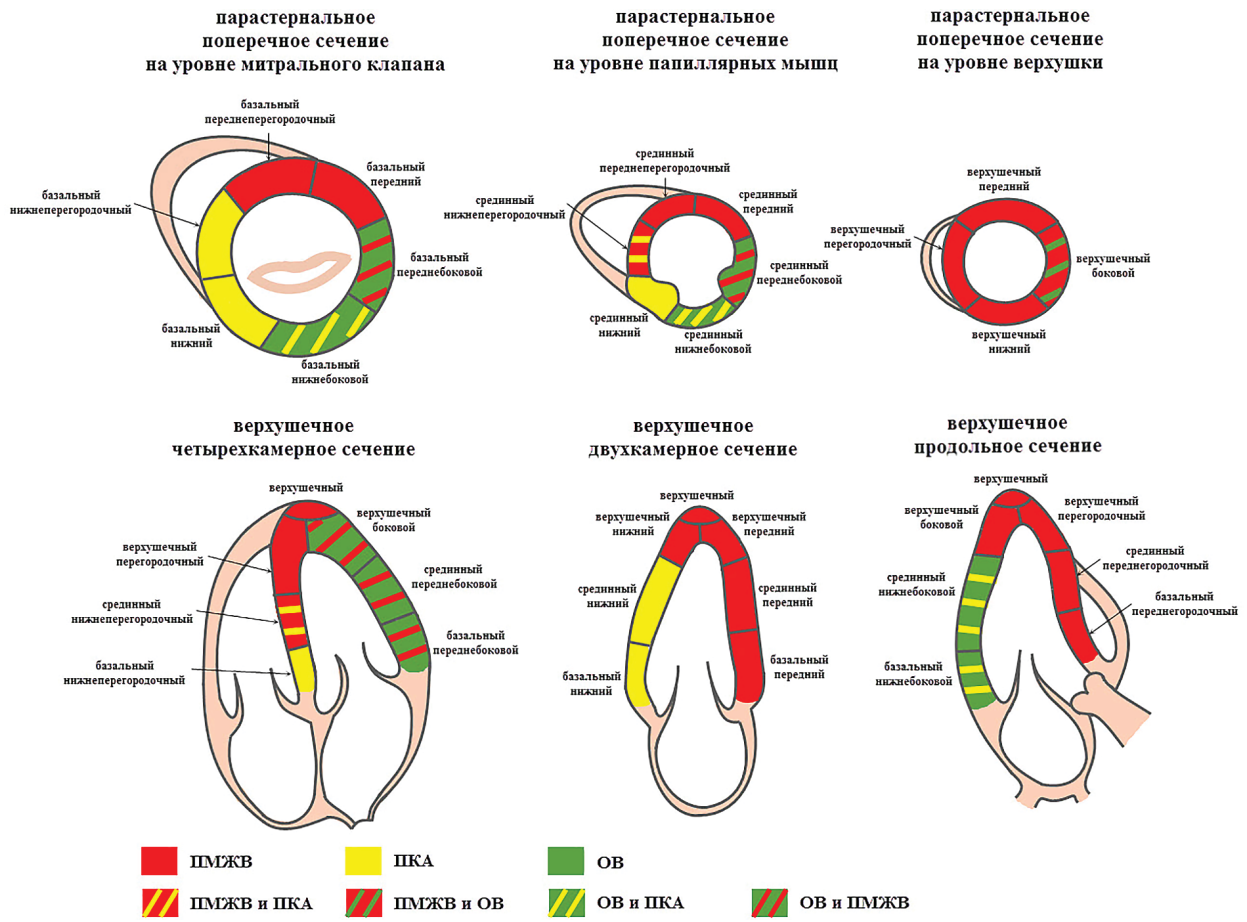


Рис. 7. Сегментарное кровоснабжение левого желудочка. ОВ — огибающая ветвь левой коронарной артерии, ПМЖВ — передняя межжелудочковая ветвь левой коронарной артерии, ПКА — правая коронарная артерия

присутствия аневризмы, в рекомендациях ASE (2020) отмечено, что ее наличие следует указывать, когда она очевидна, по причине прогностических и терапевтических последствий. В рекомендациях ASE (2020) *предложено следующее сегментарное обозначение:*

- нормокинезия или гиперкинезия = 1 (систолическое увеличение толщины > 50%);
- гипокинезия = 2 (< 40%);
- тяжелая гипокинезия или акинезия = 3 (систолическое утолщение < 10%);
- дискинезия (парадоксальное систолическое движение) = 4;
- аневризма (диастолическая деформация) = 5 [19].

При рутинном ЭхоКГ-исследовании оцениваются 16 сегментов 17-сегментной модели. Вместе с тем следует принимать во внимание неравномерность распределения массы миокарда по сегментам, которая имеет место при использовании только 16 сегментов. 17-й («истинно верхушечный») сегмент не контактирует с полостью ЛЖ, поэтому оценка его сократимости не проводится. Однако 17-сегментная схема рекомендуется, если оценивается перфузия миокарда или если эхокардиография сравнивается с другими методами визуализации [17, 22]. На основании сегментной оценки ЛЖ для характеристики объема поражения ЛЖ рассчитывают индекс локальной сократимости (ИЛС), который получается путем деления суммы баллов отдельных сегментов на количество визуализируемых сегментов:

ИЛС = Сумма баллов /
Число оцененных сегментов.

С этим же намерением используется показатель площади пораженного миокарда (ППМ), который рассчитывается как доля площади пораженного миокарда, выраженная в процентах:

ППМ = Число пораженных сегментов /
Число оцененных сегментов.

В соответствии с рекомендациями ESC (2019), ЭхоКГ покоя должна проводиться для измерения фракции выброса (ФВ) ЛЖ с целью стратификации риска у пациентов с КБС (рис. 8, вверху). Согласно ESC (2016), рекомендуется определять ФВ по модифицированному бипланово му методу Simpson. Необходи-

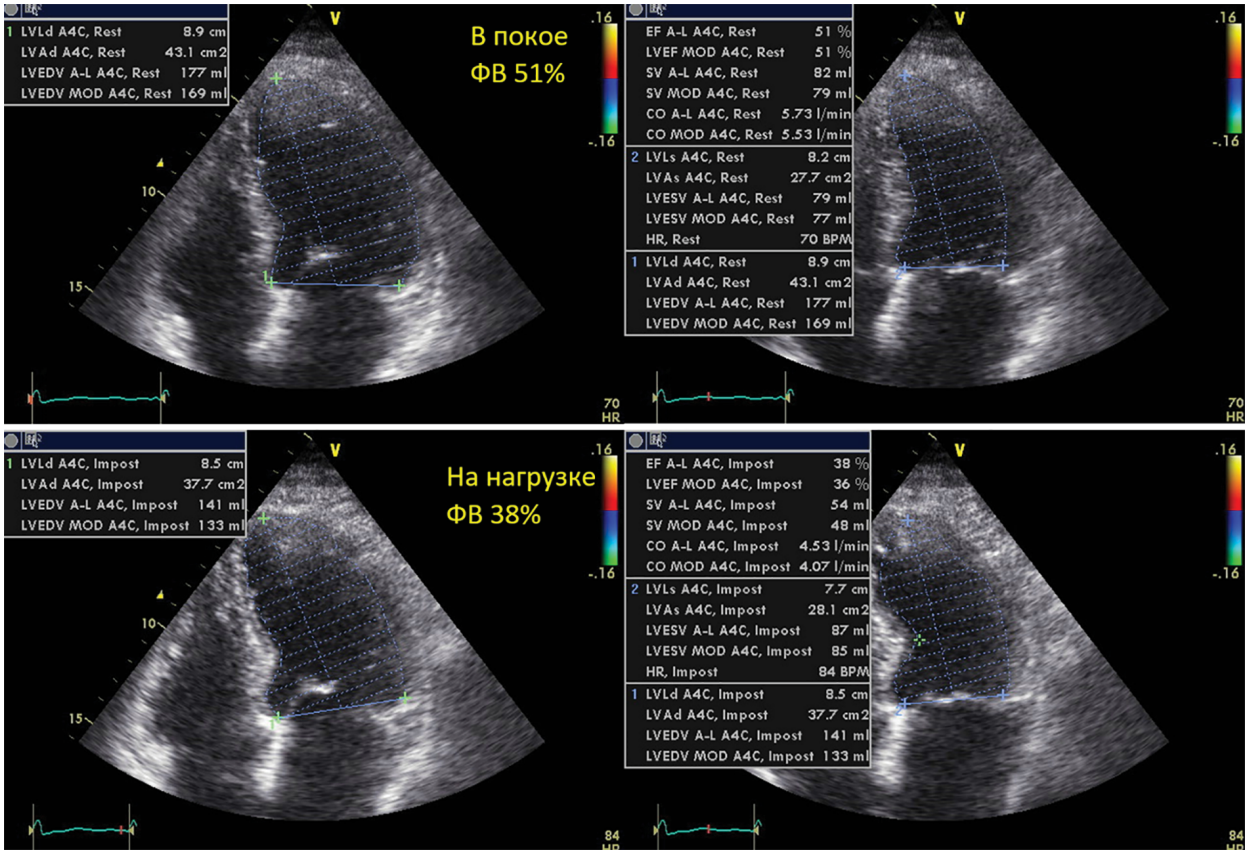


Рис 8. Измерение фракции выброса левого желудочка с целью стратификации риска у пациента с перенесенным ранее инфарктом миокарда. Вверху — измерение фракции выброса левого желудочка в В-режиме в покое (EF 51%). Внизу — измерение фракции выброса левого желудочка в В-режиме на высоте физической нагрузки (EF 38%)

мо подчеркнуть, что ФВ можно определять не только с помощью В-режима, где нижние границы по рекомендациям Американского общества по эхокардиографии и Европейской ассоциации сердечно-сосудистой визуализации (ASE/EACVI, 2015) составляют 52% для мужчин и 54% у женщин [16]. В последние годы появились новые исследования, такие как WASE (World Alliance Societies of Echocardiography, 2019), где получены более высокие значения нижней границы нормы для ФВ (57% для мужчин и 58% у женщин) [7].

В клинической практике, имея возможности и используя 3D-датчик, у пациентов с хронической КБС желательно определять ФВ методом Триплан (рис. 9, слева) и/или в 4D-режиме (рис. 9, справа), и в норме, согласно рекомендациям EACVI (2017), она должна составлять более 54% у мужчин и 57% у женщин.

На сегодняшний день кроме ФВ существуют другие возможности измерения сократимости, такие как деформация (продольный, радиальный, циркулярный Strain), при этом глобальная продольная деформация (GLS) является наиболее изученным и клинически используемым применением недопплеровской эхокардиографии в режиме Speckle Tracking (рис. 9). Клиническое преимущество GLS заключается в том, что она может обнаруживать раннюю дисфункцию миокарда до того, как произойдет какая-либо явная сердечная дисфункция, особенно при заболеваниях, при которых отмечается высокая сердечно-сосудистая заболеваемость и смертность, а традиционные эхокардиографические параметры, такие как ФВ, являются нормальными [8]. Согласно международным рекомендациям ASE/EACVI (2015), глобальная продольная деформация как для левого, так и правого желудочка в норме должна составлять более 20%. В исследованиях отмечено, что оптимальное значение GLS для прогнозирования значимого поражения коронарных артерий составило 15,6% при высокой чувствительности, специфичности и точности — 93,1%, 81,8% и 90% [23].

И, наконец, ЭхоКГ покоя должна проводится у пациентов с хронической КБС для оценки диастолической функции. В соответствии с рекомендациями [18] при оценке диастолической функции следует учитывать клинический статус обследуемого, в связи с чем выделяют две группы пациентов:

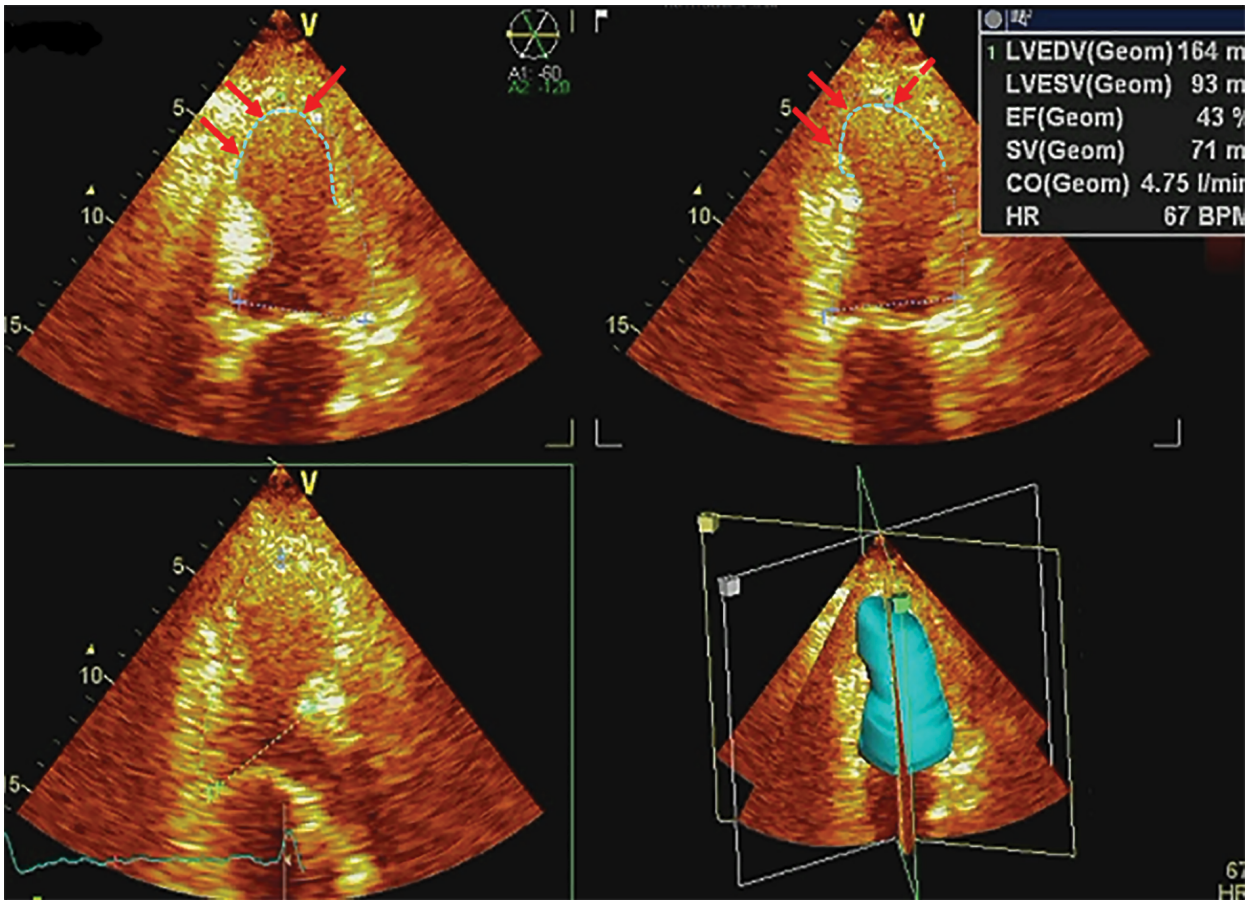
- Первая группа включает пациентов с нормальной систолической функцией ЛЖ (ФВ > 50%) и без заболеваний миокарда (рис. 10).
- Вторая группа — это пациенты со сниженной ФВ (< 50%), либо лица со структурным заболеванием сердца, в том числе, с нормальной ФВ (рис. 11).

СТРЕСС-ЭХОКАРДИОГРАФИЯ

Итак, диагностика хронической КБС начинается с неинвазивных визуализирующих стресс-тестов у пациентов с симптомами, у которых обструктивная КБС не может быть исключена только клинической оценкой — стресс-ЭхоКГ или компьютерной томографией коронарных артерий. Выбор первоначального диагностического теста основывается на клинической вероятности КБС (табл. 6) и других характеристиках пациента, влияющих на возможность проведения теста, местном опыте и доступности исследования.

Визуализация всех сегментов в покое и во время стрессовой нагрузки является оптимальной для определения степени индуцируемой ишемии. Если пациент способен выполнять нагрузку, то он должен быть проверен именно с помощью теста с ФН, поскольку это дает полезную информацию о функциональном состоянии всего организма. Фармакологическая стресс-ЭхоКГ не способна повторить сложные гемодинамические и нейрогормональные изменения, которые могут быть вызваны ФН. Изображения удовлетворительного качества, полученные во время или сразу после нагрузки (в течение 1–2 минут), следует считать диагностически значимыми [19]. При неудовлетворительном качестве визуализации рекомендуется использование контрастных препаратов всякий раз, когда два или более смежных сегмента или любая коронарная территория не могут быть адекватно визуализированы [20].

Требование к экспертизе и субъективность визуальной оценки движения стенки ЛЖ изначально при стресс-ЭхоКГ послужили стимулом для исследования количественных методов. Кроме того, количественный анализ может повысить чувствительность выявления ИБС. Измерение объемов ЛЖ и ФВ обычно не используется в большинстве стресс-лабораторий из-за нехватки времени и проблем с воспроизводимостью при стрессе, когда изображения технически сложны. Тем не менее, в отдельных случаях измерение ФВ и конечного



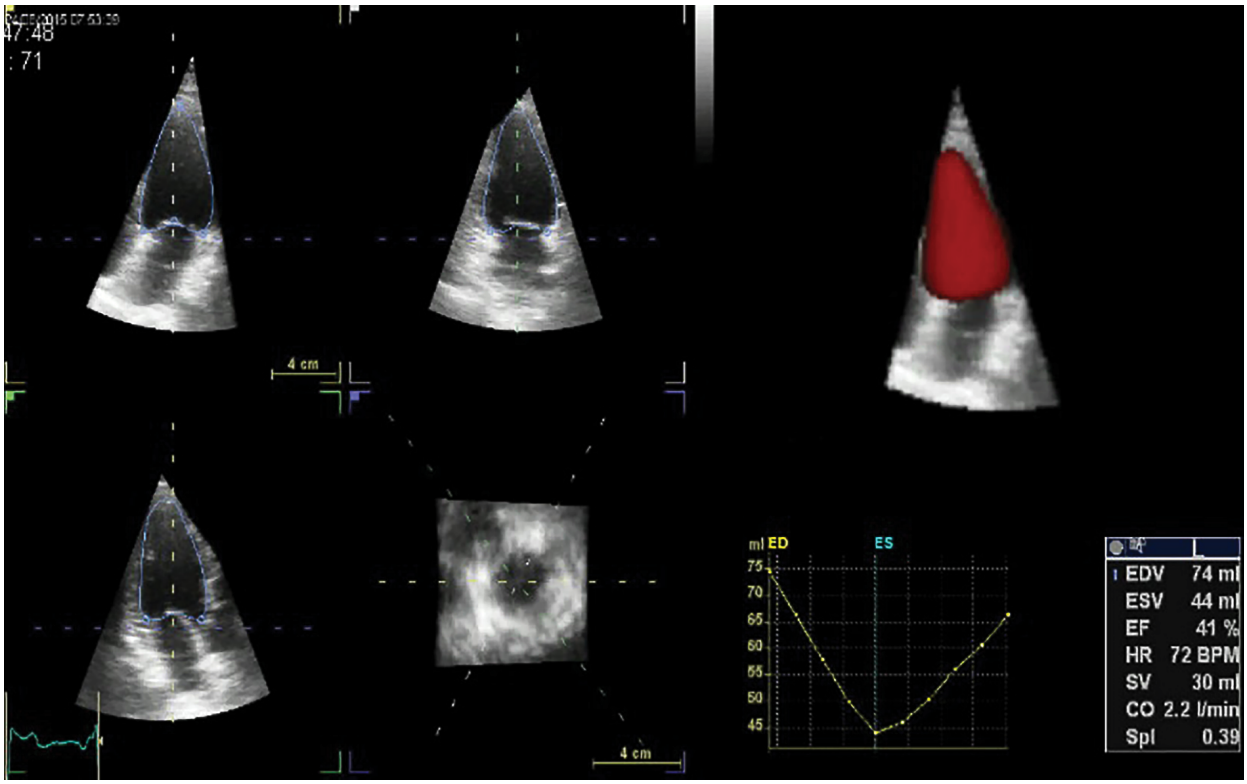


Рис. 9. Эхокардиография у пациентов с хронической коронарной болезнью сердца и перенесенным ранее инфарктом миокарда. Слева — измерение глобальной сократимости методом Триплан (ФВ 43%) и нарушение локальной сократимости в виде аневризмы верхушки (показано стрелками). Справа — измерение фракции выброса левого желудочка в 4D-режиме (EF 41%) у пациента М., 70 лет

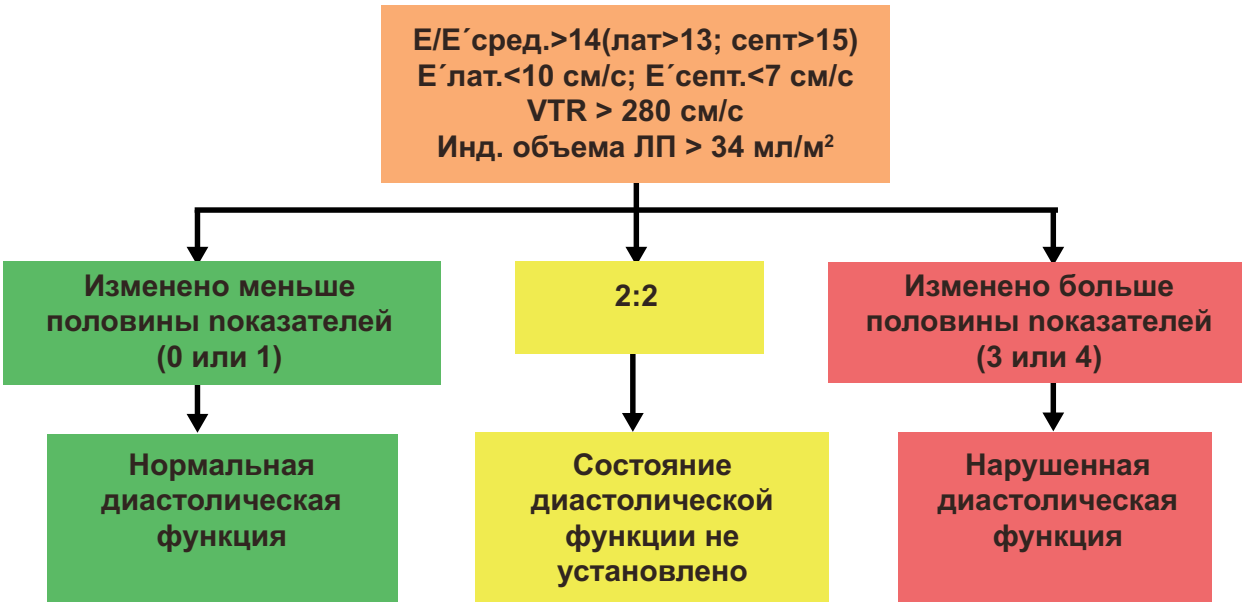


Рис. 10. Алгоритм оценки диастолической функции у пациентов с сохранной (нормальной) фракцией выброса. E´лат./E´септ. — максимальная скорость раннего диастолического наполнения латеральной/септальной части кольца митрального клапана. E´сред. — усредненная максимальная тканевая скорость раннего диастолического смещения септальной и латеральной частей кольца митрального клапана, ЛП — левое предсердие, VTR — максимальная скорость струи трикуспидальной регургитации

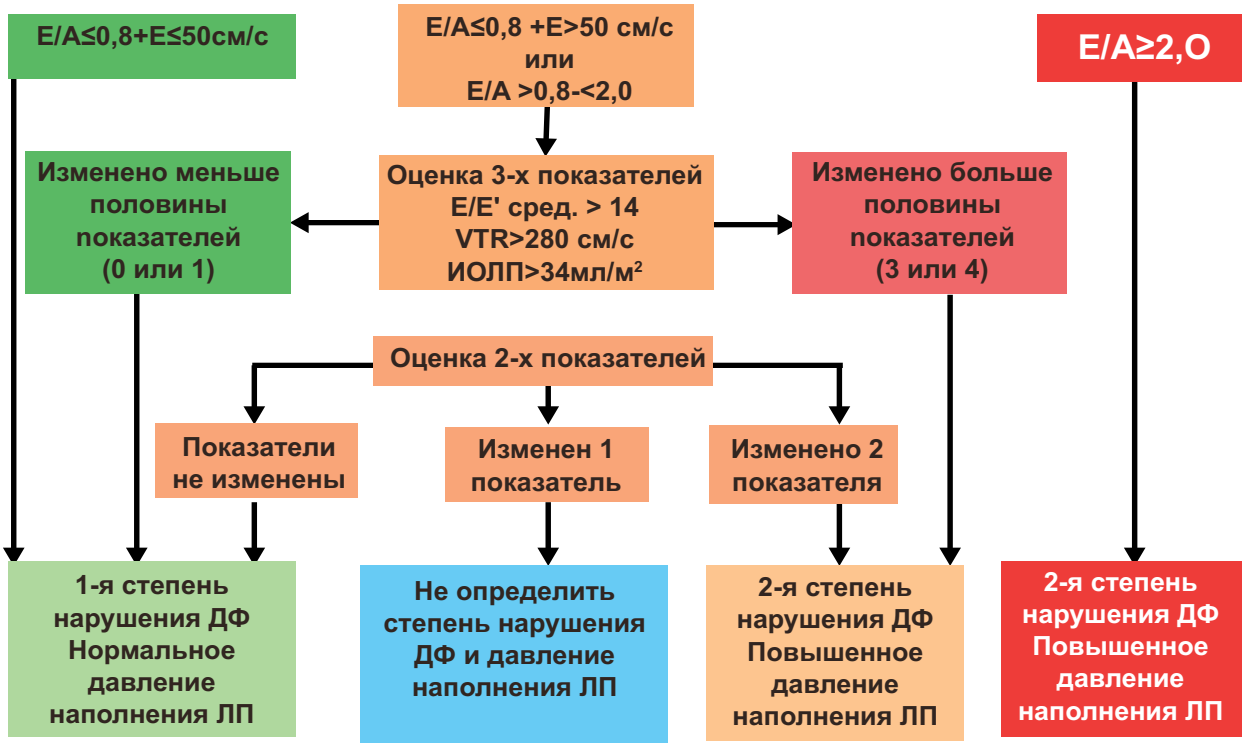


Рис. 11. Алгоритм оценки диастолической функции у пациентов со сниженной фракцией выброса или со структурным заболеванием сердца. E — максимальная скорость раннего быстрого наполнения левого желудочка, A — максимальная скорость позднего предсердного наполнения левого желудочка, ДФ — диастолическая функция. Остальные обозначения, как на рис. 1

систолического объема может служить подтверждением аномальной глобальной реакции на стресс-тест. Так, на рис. 9 показано ухудшение сократительного резерва у пациента с перенесенным ранее инфарктом миокарда, а именно отсутствие прироста и снижение ФВ с 51% до 38% на фоне нагрузочного теста.

Таблица 6

Базовые тесты, диагностика, оценка риска. Роль врача-диагноста (ESC, 2019)

Неинвазивные функциональные визуализирующие тесты или коронарная КТА рекомендуются в качестве первоначального теста для диагностики КБС у пациентов с симптомами, у которых обструктивная КБС не может быть исключена только клинической оценкой	I
Выбор первоначального диагностического теста основывается на клинической вероятности КБС и других характеристиках пациента, влияющих на возможность проведения теста, местном опыте и доступности исследования	I
Функциональные визуализирующие тесты рекомендуются для выявления ишемии миокарда, если коронарная КТА показала неопределенную функциональную значимость или оказалась недиагностической	I
Инвазивная ангиография рекомендуется в качестве альтернативного теста для диагностики КБС у пациентов с высокой клинической вероятностью и тяжелыми симптомами, рефрактерными к медикаментозной терапии, или типичным болевым синдромом при низком уровне ФН и клинической оценкой высокого риска развития неблагоприятных событий. Инвазивные функциональные тесты должны быть доступны и использоваться для оценки стенозов перед реваскуляризацией, кроме стенозов высокой степени (>90%)	I
Инвазивная коронарная ангиография с доступностью инвазивной функциональной оценки должна рассматриваться для подтверждения диагноза КБС у пациентов с неопределенными результатами неинвазивных тестов	II**a**
Коронарную КТА следует рассматривать как альтернативу инвазивной ангиографии, если другие неинвазивные тесты дают противоречивые или неинформативные результаты	II**a**

Примечание: КБС — коронарная болезнь сердца, КТА — компьютерная томография коронарных артерий.

Оценить контрактильный резерв на фоне ФН возможно и с помощью дополнительного измерения глобальной продольной деформации, как показано на рис. 12.

Оценка диастолической функции при стресс-тесте также может быть полезна для оценки пациентов с необъяснимой одышкой. Параметры диастолической функции, которые должны быть получены на ФН, такие же, как в покое, и включают скорости пиков E и A на митральном клапане, скорости E′ на митральном кольце и пиковую скорость струи трикуспидальной регургитации (IIa, B). Увеличение E/E′сред.>14 и ли E/E′ септ.>15 при ФН коррелирует с увеличением давления наполнения ЛЖ.

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ

Магнитно-резонансная томография (МРТ) может рассматриваться у пациентов с подозрением на ИБС в том случае, когда ЭхоКГ (в том числе с использованием контраста) не дает оптимальных результатов [12]. С помощью МРТ можно получить полезную информацию об анатомии сердца и систолической (глобальной и локальной) функции сердца, аналогичную той, которая получена на эхокардиограмме.

Итак, анатомическая неинвазивная оценка путем визуализации просвета и стенки коронарной артерии с использованием внутривенного контрастного вещества может быть выполнена с помощью КТА, которая обеспечивает высокую точность обнаружения обструктивных коронарных стенозов, определенных инвазивной ангиографией, поскольку оба теста основаны на анатомии. Однако при визуальном осмотре стенозы, которые оцениваются в 50–90%, не обязательно являются функционально значимыми, то есть они не всегда вызывают ишемию миокарда [14]. И поэтому неинвазивное или инвазивное функциональное тестирование рекомендуется для дальнейшей оценки ангиографического стеноза, выявленного с помощью коронарной КТА или инвазивной коронарной ангиографии, если только с помощью инвазивной КАГ не выявлен стеноз очень высокого класса (стеноз диаметра >90%). Наличие или отсутствие необструктивного коронарного атеросклероза на коронарной КТА дает прогностическую информацию и может использоваться для оснований последующей профилактической терапии [13]. В исследованиях показано, что у пациентов с многососудистой коронарной болезнью сердца, коронарная КТА, дополненная оценкой фракционного резерва кровотока (FFR на основе КТ), не уступала инвазивной коронарографии с FFR для принятия решений и определения целей последующей реваскуляризации [9].

J. Knuuti et al. (2018) отмечают, что основная причина широкого применения КТА в высокой отрицательной прогностической ценности исследования, то есть отрицательный результат КТА может с высокой степе-

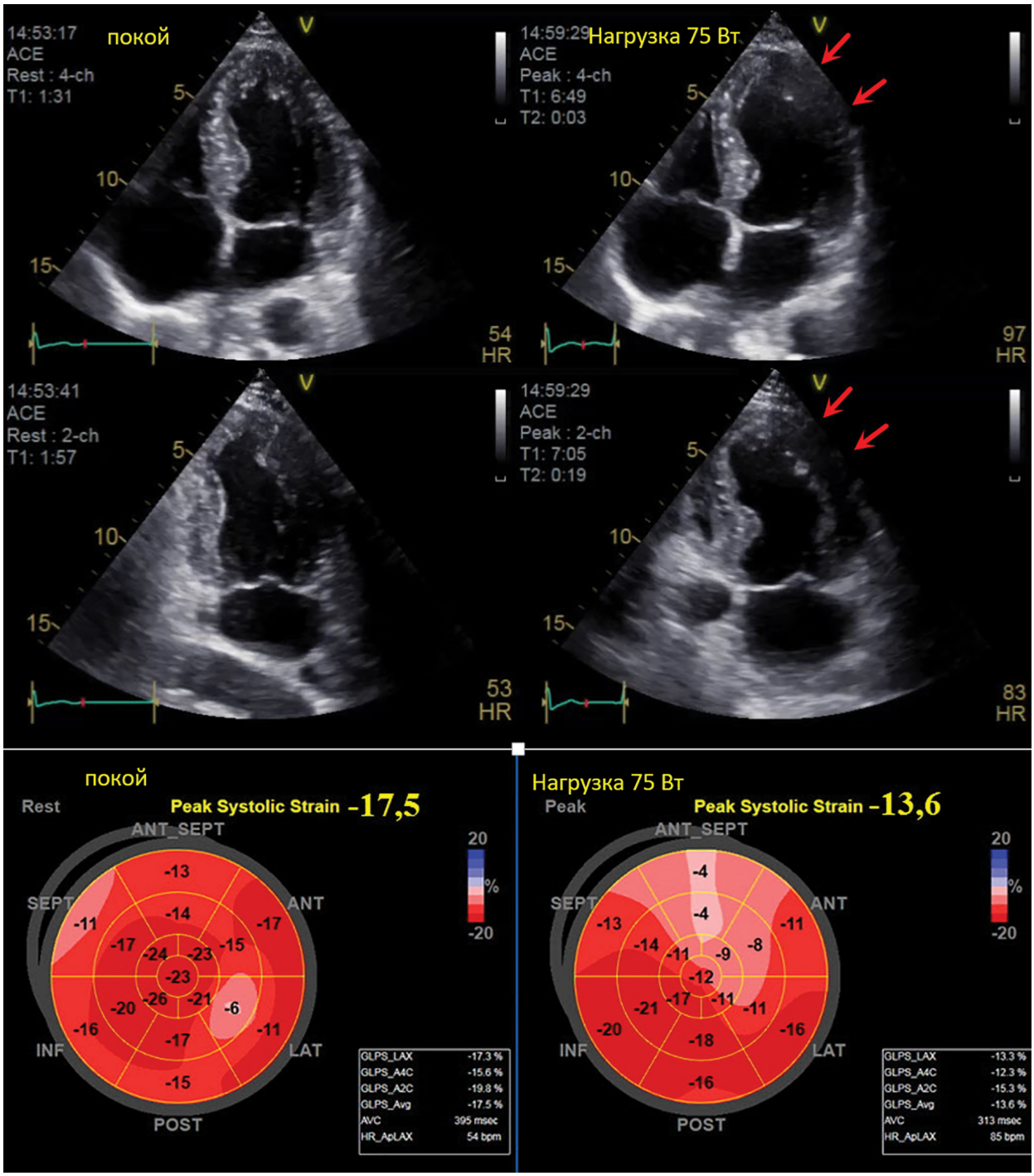


Рис. 12. Усугубление зон нарушения локальной сократимости (показано стрелками), отсутствие прироста и снижение глобальной продольной деформации (CLS) у пациента В., 73 лет с хроническим коронарным синдромом

нью достоверности исключить анатомически значимую КБС у пациентов с умеренной предтестовой вероятностью заболевания. В этой связи у лиц с высокой вероятностью КБС применение КТА становится менее целесообразным. В этой же работе авторы отмечают достаточно низкую специфичность КТА в отношении функционально значимых поражений коронарных артерий — 53 %. Наконец, следует отметить, что рекомендации Национального института здравоохранения (NICE, 2016) предлагают вовсе исключить оценку предтестовой вероятности КБС и в качестве метода первой линии использовать КТА, а вторым шагом — функциональные тесты. Авторы обосновывают свой подход тем, что таблицы предтестовой вероятности КБС, включенные в современные рекомендации, основываются на относительно неактуальных данных. На этом фоне первооче-

редной задачей визуализации может быть точное исключение анатомической КБС, которое и обеспечивает КТА [11, 12]. Таким образом, эксперты ESC (2019) рассматривают КТА как метод выбора для пациентов с низкой клинической вероятностью КБС для исключения заболевания.

ИНВАЗИВНАЯ КОРОНАРНАЯ АНГИОГРАФИЯ

В диагностических целях инвазивная КАГ может быть применена у пациентов с подозрением на КБС в случае неубедительных результатов неинвазивного тестирования. Кроме того, показанием к выполнению КАГ может служить высокий риск острого сердечно-сосудистого события, по данным неинвазивной оценки, для определения вариантов реваскуляризации.

Как отмечено в рекомендациях ESC (2019), инвазивную ангиографию рекомендуется использовать в качестве альтернативного теста для диагностики КБС у пациентов с высокой клинической вероятностью и тяжелыми симптомами, рефрактерными к медикаментозной терапии, или типичной стенокардией при незначительной нагрузке и клинически высоким риском развития неблагоприятных событий. Целесообразно сочетание традиционной КАГ с функциональными тестами у пациентов со стенозами 50–90% или многососудистым поражением, с учетом частого несоответствия ангиографической и гемодинамической тяжести коронарных стенозов. Было показано, что систематическая интеграция КАГ с оценкой FFR (рис. 13) приводит к изменениям в стратегии ведения 30–50% пациентов, проходящих плановое исследование. Следует подчеркнуть, что на настоящий момент инвазивная КАГ не должна проводиться пациентам со стенокардией, которые отказываются от инвазивных процедур или не планируют реваскуляризацию, а также если реваскуляризация не улучшит функциональное состояние или качество жизни.

БАЗОВЫЕ ТЕСТЫ И ОСНОВНОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ У ПАЦИЕНТОВ С ПОДОЗРЕНИЕМ НА КОРОНАРНУЮ БОЛЕЗНЬ СЕРДЦА

В таблице 6 определены базовые тесты для диагностики КБС. Инвазивная КАГ рекомендуется в качестве альтернативного теста для диагностики КБС у пациентов с высокой клинической вероятностью и тяжелыми симптомами, рефрактерными к медикаментозной терапии или типичным болевым синдромом при низком уровне ФН и клинической оценкой высокого риска развития неблагоприятных событий. На рис. 14 представлен основной диагностический алгоритм у симптомных пациентов с подозрением на КБС с учетом клинической предтестовой вероятности, отмеченной в табл. 1, и модификаторов клинической вероятности хронической КБС. Здесь следует признать значимость функциональных диагностических методов и роль врача-диагноста. Так, согласно рекомендациям ESC (2019), уменьшает клиническую вероятность хронической КБС отрицательный стресс-ЭКГ тест с ФН и отсутствие кальция в коронарных артериях (0 баллов по шкале Агатстона), в то время как увеличивают эту вероятность изменения на ЭКГ покоя (зубец Q, сегмент ST/зубец T), положительный стресс-ЭКГ тест с ФН и присутствие кальция на компьютерной томографии коронарных артерий.

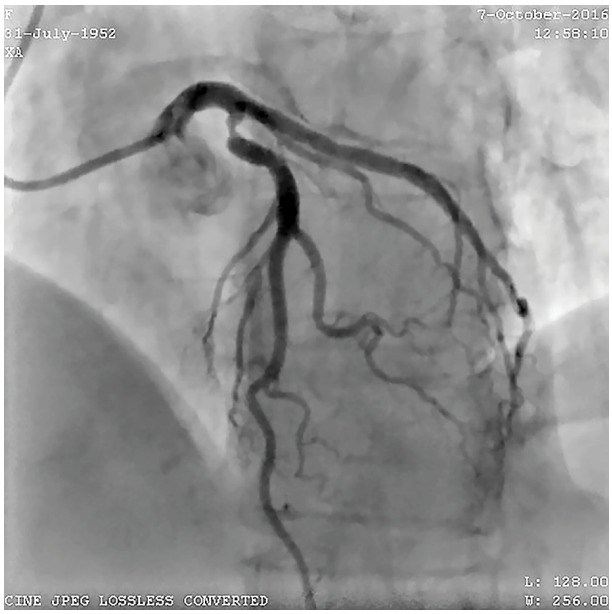


Рис. 13. Данные инвазивной ангиографии пациентки Т., 64 лет, с поражением передней межжелудочковой ветви левой коронарной артерии. Слева — ангиограмма, справа — снижение фракционного резерва кровотока (FFR) < 0,75

Таким образом, для диагностики хронической КБС прежде всего используются неинвазивные функциональные визуализирующие тесты, такие как стресс-эхокардиография или коронарная КТА в качестве первоначальных тестов у пациентов с симптомами, у которых обструктивная КБС не может быть исключена только клинической оценкой. Инвазивные тесты, такие как КАГ, должны быть доступны и использоваться для оценки стенозов перед

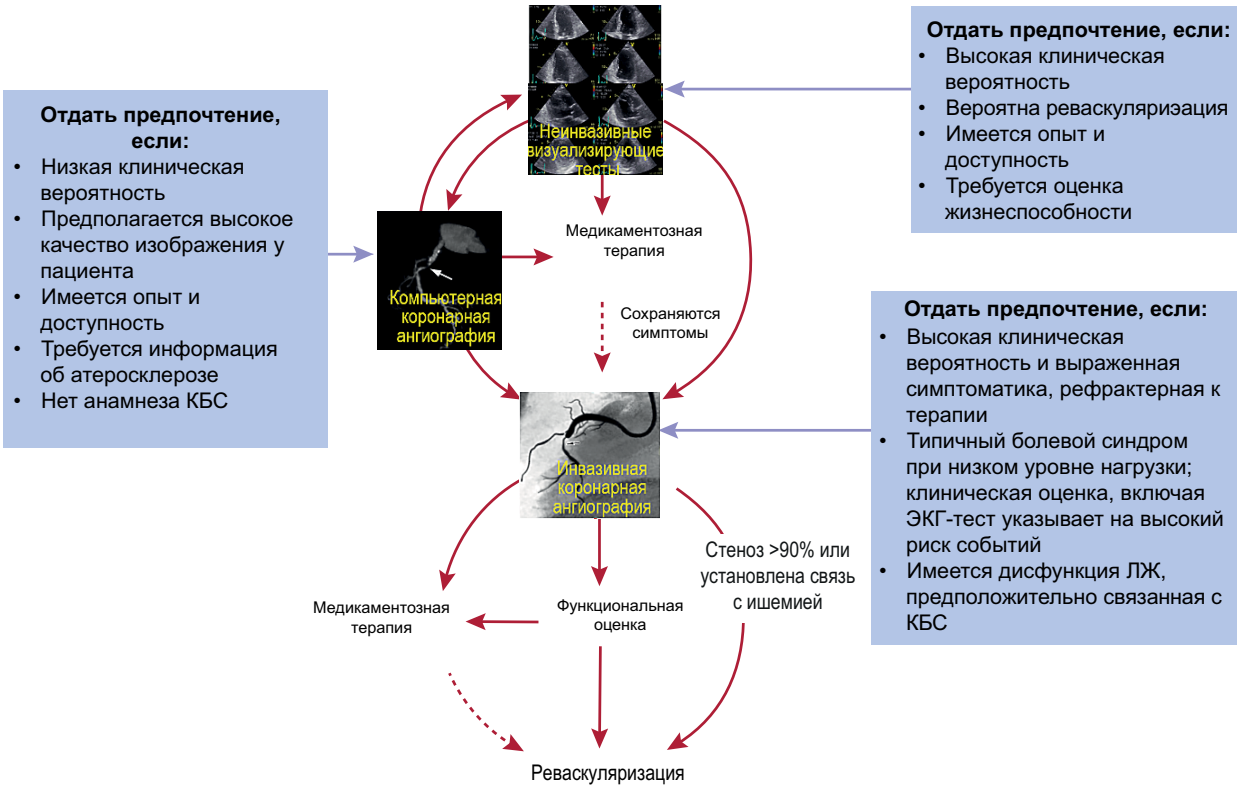


Рис. 14. Основной диагностический алгоритм у симптомных пациентов с подозрением на коронарную болезнь сердца (из J. Knuutti et al. [15], с изменениями)

реваскуляризацией, кроме стенозов высокой степени (>90%). При этом стенозы от 50 до 90% несомненно требуют дополнительных функциональных тестов и оценки гемодинамической значимости и, следовательно, КАГ должна проводится с возможностью проведения оценки фракционного резерва кровотока (FFR), так как далеко не каждый стеноз является показанием к реваскуляризации коронарной артерии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бартош-Зеленая С.Ю. Нагрузочные тесты в клинической практике. Под ред. С.Ю. Бартош-Зеленой. СПб.: АРГУС; 2018.
2. Алекян Б.Г., Алехин М.Н., Алшибая М.М., Андреев Д.А., Асланиди И.П., Бабенко С.И., Базаев В.А., Белкина М.В., Беспалова Е.Д., Богданов А.Р., Бокерия О.Л., Бузиашвили Ю.И., Бусленко Н.С., Васильева Е.Ю., Васюк Ю.А., Вишнякова М.В., Гиляров М.Ю., Горбачевский С.В., Грабская Е.А., Дарвиш Н.А.М.А. и др. Клиническая кардиология: диагностика и лечение. В 3-х томах. М.; 2011: 1.
3. Национальные рекомендации по определению риска и профилактике внезапной сердечной смерти — 2018. Кардиология: Новости. Мнения. Обучение. 2019; 20(1): 64–88.
4. Смирнов В., Шаповалова А., Василенко В., Исламов Ф. Отдаленные последствия коронарной ангиопластики со стентированием у пациентов дорожной клинической больницы. Медицина: теория и практика. 2017; 2(3): 19–22.
5. Холкина А.А., Ковалев Ю.Р., Исаков В.А., Гончар Н.О. Мышечный мостик и фистула коронарной артерии у больной со стенокардией. Педиатр. 2019; 10(2): 137–41. DOI: 10.17816/PED102137–141
6. Aboyans V., Ricco J., Bartelink M., Björck M., Brodmann M., Cohnert T., Collet J., Czerny M. et al. 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS): Document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteries. Endorsed by: the European Stroke Organization (ESO). The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Society for Vascular Surgery (ESVS), European Heart Journal. 2018; 39(9): 763–816.
7. Asch F.M., Miyosh T., Addetia K., Citro R., Daimon M., Desale S. et al. Similarities and Differences in Left Ventricular Size and Function among Races and Nationalities: Results of the World Alliance Societies of Echocardiography Normal Values Study. Journal

of the American Society of Echocardiography. 2019; 32(11): 1396–1406.
8. Biering-Sorensen T., Hoffmann S., Mogelvang R., Zeeberg Iversen A., Galatius S., Fritz-Hansen T., Bech J., Jensen J.S. Myocardial strain analysis by 2-dimensional speckle tracking echocardiography improves diagnostics of coronary artery stenosis in stable angina pectoris. Circ. Cardiovasc. Imaging. 2014; 7: 58–65.
9. Collet C., Onuma Y., Andreini D., Sonck J., Pompilio G., Mushtaq S., La Meir M., Miyazaki Y. et al. Coronary computed tomography angiography for heart team decision-making in multivessel coronary artery disease. Eur. Heart J. 2018; 39: 3689–98.
10. Collet J.P. Systematic detection of polyvascular disease combined with aggressive secondary prevention in patients presenting with severe coronary artery disease: The randomized AMERICA Study. International Journal of Cardiology. 2016; 254: 36–42.
11. Daly C., Norrie J., Murdoch D.L., Ford I., Dargie H.J., Fox K.; TIBET (Total Ischaemic Burden European Trial) study group. The value of routine non-invasive tests to predict clinical outcome in stable angina. Eur. Heart J. 2003; 24: 532–40.
12. Greenwood J.P., Ripley D.P., Berry C., McCann G.P., Plein S., Bucciarelli-Ducci C., Dall'Armellina E., Prasad A., Bijsterveld P., Foley J.R., Mangion K., Sculpher M., Walker S., Everett C.C., Cairns D.A., Sharples L.D., Brown J.M.; CE-MARC 2 Investigators. Effect of care guided by cardiovascular magnetic resonance, myocardial perfusion scintigraphy, or NICE guidelines on subsequent unnecessary angiography rates: the CE-MARC 2 randomized clinical trial. JAMA. 2016; 316: 1051–60.
13. Hoffmann U., Ferencik M., Udelson J.E., Picard M.H., Truong Q.A., Patel M.R., Huang M., Pencina M., Mark D.B., Heitner J.F., Fordyce C.B., Pellikka P.A., Tardif J.C., Budoff M., Nahhas G., Chow B., Kosinski A.S., Lee K.L., Douglas P.S., PROMISE Investigators. Prognostic value of noninvasive cardiovascular testing in patients with stable chest pain: insights from the PROMISE trial (Prospective Multicenter Imaging Study for Evaluation of Chest Pain). Circulation 2017; 135: 2320–32.
14. Knuuti J., Ballo H., Juarez-Orozco L.E., Saraste A., Kolh P., Rutjes A.W.S, Juni P., Windecker S., Bax J.J., Wijns W. The performance of non-invasive tests to rule-in and rule-out significant coronary artery stenosis in patients with stable angina: a meta-analysis focused on post-test disease probability. Eur. Heart J. 2018; 39: 3322–30.
15. Knuuti J., Wijns W., Saraste A., Capodanno D., Barbato E., Funck-Brentano C., Prescott E, Storey R.F., Deaton C. 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). European Heart Journal. 2020; 41: 407–77.
16. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afilalo J., Armstrong A., Ernande L. 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 e14.
17. Lang R.M., Bierig M., Devereux R.B., Flachskampf F.A., Foster E., Pellikka P.A. et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's guidelines and Standards Committee and the Chamber quantification Writing group, developed in conjunction with the European Association of echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. J Am. Soc. Echocardiogr. 2005; 18: 1440–63.
18. Nagueh S.F., Smiseth O.A., Appleton C.P., Byrd B.F. III, Dokainish H., Edvardsen T., Flachskampf F.A., Gillebert T.C., Klein A.L., Lancellotti P., Marino P., Oh J.K., Alexandru Popescu B., Waggoner A.D. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging 2016; 17: 1321–60.
19. Pellikka P.A., Arruda-Olson A., Chaudhry F.A., Chen M.H., Marshall J.E., Porter T.R., Sawada S.G. Guidelines for Performance, Interpretation, and Application of Stress Echocardiography in Ischemic Heart Disease: From the American Society of Echocardiography Journal of the American Society of Echocardiography. 2020; 33(1): 1–41.
20. Porter T.R., Abdelmoneim S., Belcik J.T., McCulloch M.L., Mulvagh S.L., Olson J.J. et al. Guidelines for the cardiac sonographer in the performance of contrast echocardiography: a focused update from the American Society of Echocardiography. Journal of the American Society of Echocardiography. 2014; 27: 797–810.
21. Pradhan R., Chaudhary A., Donato A.A. Predictive accuracy of ST depression during rapid atrial fibrillation on the presence of obstructive coronary artery disease. Am. J. Emerg. Med. 2012; 30: 1042–7.
22. Radwan H., Hussein E. Value of global longitudinal strain by two dimensional speckle tracking echocardiography in predicting coronary artery disease severity. Egypt Heart Journal. 2017; 69(2): 95–101.
23. Tonino P.A., Fearon W.F., De Bruyne B., Oldroyd K.G., Leesar M.A., Ver Lee P.N., Maccarthy P.A., Van't Veer M., Pijls N.H. Angiographic versus functional severity of coronary artery stenoses in the FAME study fractional flow reserve versus angiography in multivessel evaluation. Journal of American College of Cardiology. 2010; 55: 2816–21.

24. Zacharias K., Ahmed A., Shah B.N., Gurunathan S., Young G., Acosta D., Senior R. Relative clinical and economic impact of Exercise echocardiography vs. Exercise electrocardiography, as first line investigation in patients without known coronary artery disease and new stable angina: a randomized prospective study, Eur. Heart J. Cardiovascular Imaging. 2017; 18: 195–202.

REFERENCES

1. Bartosh-Zelenaya S.J. Nagruzochnye testy v klinicheskoj praktike. [Stress-testing in clinical practice]. Pod red. S.J. Bartosh-Zelenoj. St. Petersburg: ARGUS Publ.; 2018. (In Russian).
2. Alekjan B.G., Alehin M.N., Alshibaja M.M., Andreev D.A., Aslanidi I.P., Babenko S.I., Bazaev V.A., Belkina M.V., Bespalova E.D., Bogdanov A.R., Bokerija O.L., Buziashvili Ju.I., Buslenko N.S., Vasil'eva E.Ju., Vasjuk Ju.A., Vishnjakova M.V., Giljarov M.Ju., Gorbachevskij S.V., Grabskaja E.A., Darvish N.A.M.A. i dr. Klinicheskaja kardiologija: diagnostika i lechenie. [Clinical cardiology: diagnosis and treatment]. 3-h tomah. Moskva; 2011: 1.
3. Nacional'nye rekomendacii po opredeleniju riska i profilaktike vnezapnoj serdechnoj smerti — 2018. [National recommendations for determining the risk and prevention of sudden cardiac death-2018]. Kardiologija: Novosti. Mnenija. Obuchenie. 2019; 20(1): 64–88.
4. Smirnov V., SHapovalova A., Vasilenko V., Islamov F. Otdalennye posledstviya koronarnoj angioplastiki so stentirovaniem u pacientov dorozhnoj klinicheskoj bol'nicy [Long-term consequences of coronary angioplasty with stenting in patients of a road clinical hospital]. Medicina: teoriya i praktika. 2017; 2(3): 19–22. (In Russian).
5. Holkina A.A., Kovalev YU.R., Isakov V.A., Gonchar N.O. Myshechnyj mostik i fistula koronarnoj arterii u bol'noj so stenokardiej [Muscle bridge and fistula of the coronary artery in a patient with angina]. Pediatr. 2019; 10(2): 137–41. DOI: 10.17816/PED102137–141. (In Russian).
6. Aboyans V., Ricco J., Bartelink M., Björck M., Brodmann M., Cohnert T., Collet J., Czerny M. et al. 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS): Document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteries. Endorsed by: the European Stroke Organization (ESO). The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Society for Vascular Surgery (ESVS), European Heart Journal. 2018; 39(9): 763–816.
7. Asch F.M., Miyosh T., Addetia K., Citro R., Daimon M., Desale S. et al. Similarities and Differences in Left Ventricular Size and Function among Races and Nationalities: Results of the World Alliance Societies of Echocardiography Normal Values Study. Journal of the American Society of Echocardiography. 2019; 32(11): 1396–1406.
8. Biering-Sorensen T., Hoffmann S., Mogelvang R., Zeeberg Iversen A., Galatius S., Fritz-Hansen T., Bech J., Jensen J.S. Myocardial strain analysis by 2-dimensional speckle tracking echocardiography improves diagnostics of coronary artery stenosis in stable angina pectoris. Circ. Cardiovasc. Imaging. 2014; 7: 58–65.
9. Collet C., Onuma Y., Andreini D., Sonck J., Pompilio G., Mushtaq S., La Meir M., Miyazaki Y. et al. Coronary computed tomography angiography for heart team decision-making in multivessel coronary artery disease. Eur. Heart J. 2018; 39: 3689–98.
10. Collet J.P. Systematic detection of polyvascular disease combined with aggressive secondary prevention in patients presenting with severe coronary artery disease: The randomized AMERICA Study. International Journal of Cardiology. 2016; 254: 36–42.
11. Daly C., Norrie J., Murdoch D.L., Ford I., Dargie H.J., Fox K.; TIBET (Total Ischaemic Burden European Trial) study group. The value of routine non-invasive tests to predict clinical outcome in stable angina. Eur. Heart J. 2003; 24: 532–40.
12. Greenwood J.P., Ripley D.P., Berry C., McCann G.P., Plein S., Bucciarelli-Ducci C., Dall'Armellina E., Prasad A., Bijsterveld P., Foley J.R., Mangion K., Sculpher M., Walker S., Everett C.C., Cairns D.A., Sharples L.D., Brown J.M.; CE-MARC 2 Investigators. Effect of care guided by cardiovascular magnetic resonance, myocardial perfusion scintigraphy, or NICE guidelines on subsequent unnecessary angiography rates: the CE-MARC 2 randomized clinical trial. JAMA. 2016; 316: 1051–60.
13. Hoffmann U., Ferencik M., Udelson J.E., Picard M.H., Truong Q.A., Patel M.R., Huang M., Pencina M., Mark D.B., Heitner J.F., Fordyce C.B., Pellikka P.A., Tardif J.C., Budoff M., Nahhas G., Chow B., Kosinski A.S., Lee K.L., Douglas P.S., PROMISE Investigators. Prognostic value of noninvasive cardiovascular testing in patients with stable chest pain: insights from the PROMISE trial (Prospective Multicenter Imaging Study for Evaluation of Chest Pain). Circulation 2017; 135: 2320–32.
14. Knuuti J., Ballo H., Juarez-Orozco L.E., Saraste A., Kolh P., Rutjes A.W.S, Juni P., Windecker S., Bax J.J., Wijns W. The performance of non-invasive tests to rule-in and rule-out significant coronary artery stenosis in patients with stable angina: a meta-analysis focused on post-test disease probability. Eur. Heart J. 2018; 39: 3322–30.

15. Knuuti J., Wijns W., Saraste A., Capodanno D., Barbato E., Funck-Brentano C., Prescott E, Storey R.F., Deaton C. 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). European Heart Journal. 2020; 41: 407–77.
16. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afilalo J., Armstrong A., Ernande L. 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 e14.
17. Lang R.M., Bierig M., Devereux R.B., Flachskampf F.A., Foster E., Pellikka P.A. et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's guidelines and Standards Committee and the Chamber quantification Writing group, developed in conjunction with the European Association of echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. J Am. Soc. Echocardiogr. 2005; 18: 1440–63.
18. Nagueh S.F., Smiseth O.A., Appleton C.P., Byrd B.F. III, Dokainish H., Edvardsen T., Flachskampf F.A., Gillebert T.C., Klein A.L., Lancellotti P., Marino P., Oh J.K., Alexandru Popescu B., Waggoner A.D. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging 2016; 17: 1321–60.
19. Pellikka P.A., Arruda-Olson A., Chaudhry F.A., Chen M.H., Marshall J.E., Porter T.R., Sawada S.G. Guidelines for Performance, Interpretation, and Application of Stress Echocardiography in Ischemic Heart Disease: From the American Society of Echocardiography Journal of the American Society of Echocardiography. 2020; 33(1): 1–41.
20. Porter T.R., Abdelmoneim S., Belcik J.T., McCulloch M.L., Mulvagh S.L., Olson J.J. et al. Guidelines for the cardiac sonographer in the performance of contrast echocardiography: a focused update from the American Society of Echocardiography. Journal of the American Society of Echocardiography. 2014; 27: 797–810.
21. Pradhan R., Chaudhary A., Donato A.A. Predictive accuracy of ST depression during rapid atrial fibrillation on the presence of obstructive coronary artery disease. Am. J. Emerg. Med. 2012; 30: 1042–7.
22. Radwan H., Hussein E. Value of global longitudinal strain by two dimensional speckle tracking echocardiography in predicting coronary artery disease severity. Egypt Heart Journal. 2017; 69(2): 95–101.
23. Tonino P.A., Fearon W.F., De Bruyne B., Oldroyd K.G., Leesar M.A., Ver Lee P.N., Maccarthy P.A., Van't Veer M., Pijls N.H. Angiographic versus functional severity of coronary artery stenoses in the FAME study fractional flow reserve versus angiography in multivessel evaluation. Journal of American College of Cardiology. 2010; 55: 2816–21.
24. Zacharias K., Ahmed A., Shah B.N., Gurunathan S., Young G., Acosta D., Senior R. Relative clinical and economic impact of Exercise echocardiography vs. Exercise electrocardiography, as first line investigation in patients without known coronary artery disease and new stable angina: a randomized prospective study, Eur. Heart J. Cardiovascular Imaging. 2017; 18: 195–202.