

УДК 616.132.2-07

DOI 10.17802/2306-1278-2019-8-1-70-79

## СЛОЖНОСТИ В ДИАГНОСТИКЕ ОБСТРУКТИВНЫХ ПОРАЖЕНИЙ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ: РОЛЬ НЕИНВАЗИВНЫХ ТЕСТОВ

Е.В. Корок, А.Н. Сумин ✉

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Сосновский бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

### Основные положения

- В настоящем обзоре рассматриваются разночтения диагностических подходов в выявлении значимых поражений КА, касающиеся не только оценки предтестовой вероятности, но и предлагаемых неинвазивных тестов.
- В том числе обсуждается приоритетное использование неинвазивных тестов с анатомической оценкой, а не функциональных тестов с визуализацией.
- Данный обзор будет способствовать лучшему пониманию диагностических стратегий при стабильной ИБС как в научных исследованиях, так и в клинической практике.

### Резюме

Высокая смертность от сердечно-сосудистых заболеваний и особенно от ишемической болезни сердца (ИБС) является одной из причин больших затрат системы здравоохранения. Тенденцией последних лет в России является увеличение числа диагностических коронароангиографий (КАГ). Однако в реальной клинической практике у значительного числа больных инвазивная КАГ не выявляет обструктивных поражений коронарных артерий (КА). В регистровых исследованиях частота интактных КА достигает 42%, в анализе данных нашей клиники – 37,9%. Возникает парадоксальная ситуация: несмотря на совершенствование диагностических алгоритмов обследования больных с подозрением на ИБС, отраженных в соответствующих международных и национальных рекомендациях, доступность современных неинвазивных методов диагностики, это никак не влияет на частоту выявления обструктивных поражений КА при КАГ. Оптимальный алгоритм выявления значимых поражений КА является предметом оживленных дискуссий, а имеющиеся рекомендации содержат много противоречий. В предлагаемом обзоре подробно рассматриваются разночтения, касающиеся не только оценки предтестовой вероятности, но и предлагаемых неинвазивных тестов. В том числе обсуждается приоритетное использование неинвазивных тестов с анатомической оценкой (то есть мультиспиральной компьютерной томографии коронарных артерий), а не функциональных тестов с визуализацией. Данный обзор будет способствовать лучшему пониманию диагностических стратегий при стабильной ИБС как в научных исследованиях, так и в клинической практике.

**Ключевые слова** Диагностика • Ишемическая болезнь сердца • Неинвазивные тесты

*Поступила в редакцию: 13.11.18; поступила после доработки: 23.12.18; принята к печати: 14.01.19*

## CHALLENGES OF DIAGNOSIS OF OBSTRUCTIVE CORONARY ARTERY DISEASE: THE ROLE OF NON-INVASIVE TESTING

E.V. Korok, A.N. Sumin ✉

Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Disease", 6, Sosnoviy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

### Highlights

- The review reports specific discrepancies between diagnostic approaches in identifying significant coronary artery lesions, related to both, the assessment of the pretest probability and proposed noninvasive tests.
- It emphasizes the preferred use of anatomical noninvasive testing to functional noninvasive testing with visualization.

**Для корреспонденции:** Сумин Алексей Николаевич, e-mail: an\_sumin@mail.ru, тел. +79039408668; Адрес: 650002, Россия, г. Кемерово, Сосновский бульвар, д. 6

**Corresponding author:** Sumin Alexey N., e-mail: an\_sumin@mail.ru, phone +79039408668; address: Russian Federation, 650002, Kemerovo, 6, Sosnoviy blvd.

- This review provides new insight into diagnostic strategies for patients with stable coronary artery disease, which are highly relevant for routine clinical practice as well as for future researches.

**Abstract**

High mortality from cardiovascular diseases, especially coronary artery disease (CAD), represents a major economic burden on healthcare systems. The number of diagnostic coronary angiographies (CAG) is increasing in the Russian Federation. However, routine invasive CAG is not able to determine obstructive coronary artery disease in a considerable number of patients. The rate of intact coronary arteries reaches 42% in the major registries and accounts for 37.9% in our Research Institute. Despite all improvements in the diagnostic algorithms focused on suspected coronary artery disease, stated in the recent international and national guidelines, and the availability of advanced non-invasive diagnostic methods, they do not improve accurate CAG diagnosis of obstructive coronary artery disease. Moreover, the available guidelines contain many contradictions. Therefore, an optimal diagnostic algorithm of significant coronary artery lesions is a subject of discussion. The proposed review discusses all discrepancies concerning the assessment of the pretest probability as well as the proposed non-invasive testing. In addition, the preferred use of non-invasive tests with anatomical assessment (i.e. multispiral computed tomography coronary imaging) rather than functional tests with visualization is stated. This review ensures better understanding of diagnostic strategies for stable coronary artery disease used both in researches and in clinical practice.

**Keywords**

Diagnosis • Coronary artery disease • Non-invasive tests

*Received: 13.11.18; received in revised form: 23.12.18; accepted: 14.01.19*

**Список сокращений**

АГ – ангиография	МРТ – магнитно-резонансная томография
ЕОК – Европейское общество кардиологов	МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография
ИБС – ишемическая болезнь сердца	ОФЭКТ – однофотонная эмиссионная компьютерная томография
КА – коронарная артерия	ПТВ – предтестовая вероятность
КАГ – коронароангиография	Эхо-КГ – эхокардиография
ЛЖ – левый желудочек	

Высокая смертность от сердечно-сосудистых заболеваний и особенно ишемической болезни сердца (ИБС) является одной из причин больших затрат системы здравоохранения. На протяжении многих лет коронароангиография (КАГ) считается «золотым стандартом» в диагностике ишемической болезни сердца (ИБС), который позволяет не только выявить пациентов с обструктивным поражением коронарных артерий (КА), но и определить показания к реваскуляризации миокарда [1, 2]. Поэтому неудивительно, что тенденцией последних лет в России является увеличение числа диагностических КАГ [3]. На первый взгляд, традиционная схема обследования стабильного больного с подозрением на ИБС, основанная на клинической оценке характера болевого синдрома в грудной клетке и проведении неинвазивных нагрузочных тестов, вполне способна выявить таких пациентов, а роль КАГ должна заключаться лишь в определении вида операции по реваскуляризации миокарда и конкретного места вмешательства. Однако в реальной клинической практике у значительного числа больных инвазивная КАГ проводится без доста-

точных на то показаний, и, как следствие, не выявляет обструктивных поражений КА [4–8]. Разумеется, у некоторых категорий пациентов (при нарушениях ритма, перед операциями по поводу клапанных пороков сердца, после перенесенной трансплантации сердца) обнаружение интактных КА ожидаемо [4], что оказывает влияние на частоту их выявления в целом среди всей когорты больных, которым проведена КАГ. Тем не менее, количество пациентов с подозрением на ИБС и отсутствием обструктивного поражения КА при инвазивной КАГ может существенно варьировать, в некоторых крупных регистровых исследованиях их доля очень высока и достигает 50% и более [5, 6, 9]. В ранних российских исследованиях этот процент был меньше (в пределах 20–30%) [3], однако с повышением доступности КАГ ситуация несколько изменилась, данные последних лет [10] свидетельствуют о повышении числа больных с интактными КА при КАГ.

Возникает парадоксальная ситуация: несмотря на совершенствование диагностических алгоритмов обследования больных с подозрением на ИБС,

отраженных в соответствующих международных и национальных рекомендациях [1, 2, 11], доступность современных неинвазивных методов диагностики, это никак не влияет на частоту выявления обструктивных поражений КА при КАГ. Складывается мнение, что практикующие врачи стали меньше уделять внимания клинической оценке заболевания, не следуют тактике предлагаемых алгоритмов обследования, необоснованно игнорируют неинвазивные методы диагностики [3].

Однако настоящая ситуация не столь однозначна. Во-первых, если опираться на симптомы заболевания, известно, что до 20% пациентов имеют микрососудистую форму стенокардии [12, 13] и наличие типичной стенокардии будет сочетаться с интактными эпикардальными КА. При этом проведение КАГ бессимптомным больным при нарушениях ритма сердца, клапанных пороках, периферическом атеросклерозе нередко выявляет существенные поражения КА [14–16]. Неудивительно, что накопление таких клинических случаев в личной практике врача приводит к сомнениям в его способностях только по клиническим симптомам уверенно дифференцировать пациентов с наличием или отсутствием обструктивной ИБС. Во-вторых, согласно рекомендациям всех руководств, оценка предтестовой вероятности (ПТВ) ИБС должна оказать помощь в стратификации риска и в определении оптимальной диагностической стратегии у данной категории больных [1, 2]. Однако в реальности отмечено, что они существенно завышают вероятность выявления обструктивного поражения КА [17], и, соответственно, большинству пациентов, относящихся к группе промежуточного риска наличия ИБС, рекомендуется проводить неинвазивные тесты [18]. Следует также отметить, что на основании различных шкал оценки ПТВ [17], предлагаются и разные алгоритмы обследования пациентов [1, 2, 11], что также подтверждает отсутствие оптимальной диагностической стратегии. В-третьих, одним из основных этапов обследования больных с подозрением на ИБС является проведение неинвазивного теста на выявление ишемии с помощью визуализации (стресс-эхокардиография, сцинтиграфия миокарда и т.д.). Данные методы способны выявлять ишемию миокарда на ранних стадиях так называемого ишемического каскада (до появления изменений электрокардиограммы и болевого синдрома в грудной клетке) и, согласно рекомендациям Европейского общества кардиологов (ЕОК), обладают высокой чувствительностью и специфичностью [2]. В-четвертых, неоднозначная ситуация складывается также и относительно мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) КА. Эксперты ЕОК предлагают МСКТ коронарных артерий в диагностике ИБС как метод второй линии после стресс-тестов с визуализацией у пациентов с ПТВ в нижнем промежуточном диапазоне (до 50%),

а при умеренно-высокой ПТВ – вообще против использования данного метода из-за кальциноза КА и высокой вероятности выраженных артефактов [19]. При этом в последних рекомендациях NICE предлагается использовать МСКТ-ангиографию (АГ) КА в качестве первоначального теста во всех случаях, а функциональные неинвазивные тесты – только при ее неинформативности [20].

Кроме того, хотелось бы отметить, что при диагностике обструктивной ИБС необходимо учитывать и технические возможности (доступность) амбулаторного или стационарного звена выполнять неинвазивные стресс-тесты с визуализацией, МСКТ КА, а также ограничения при их проведении.

Не осталась в стороне от данной проблемы и наша клиника. Вопросы диагностики обструктивных поражений коронарных артерий, роль неинвазивных тестов, возможности однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) и МСКТ-АГ были нами обсуждены в рамках симпозиума «Спорные и нерешенные вопросы диагностики и лечения обструктивных поражений коронарных артерий при стабильной ИБС» на последнем конгрессе Российского кардиологического общества (г. Санкт-Петербург, 24–27 октября 2017 г.).

В клинике НИИ КПССЗ был проведен анализ частоты и возможных причин выявления интактных КА у больных с различными показаниями для плановой КАГ, который показал, что наибольшее число интактных КА было выявлено при предоперационном обследовании больных с пороками сердца (76,7%) и с нарушениями ритма сердца (67,1%), наименьшее – у больных с постинфарктным кардиосклерозом (11,6%) и стенозами в некоронарных артериальных бассейнах (16,7%). Самой проблемной категорией обследованных больных оказалась группа с подозрением на ИБС – интактные КА были выявлены в 37,9% случаев [4].

Возникает закономерный вопрос: почему при инвазивной КАГ настолько высока частота выявления интактных КА? Казалось бы, ответ на данный вопрос мы должны найти в специальных диагностических алгоритмах, представленных в международных и национальных рекомендациях [1, 2, 11].

На начальном этапе в этих алгоритмах рекомендуется проводить оценку ПТВ наличия поражения КА (как правило, с учетом трех факторов – характера болевого синдрома в грудной клетке, пола и возраста пациента). Это позволяет стратифицировать больных по степени ПТВ и определить дальнейшую диагностическую стратегию. При низкой ПТВ не требуется дополнительного обследования, данных за ИБС у пациента нет, необходим поиск некардиальных причин болевого синдрома в грудной клетке. В случае высокой вероятности устанавливается диагноз ИБС, больному необходимо проведение инвазивной КАГ для решения вопроса

о возможной реваскуляризации миокарда. При промежуточной ПТВ пациенту показаны неинвазивные тесты, к которым могут относиться как функциональные пробы с целью выявления ишемии миокарда, так и исследования, непосредственно направленные на выявление стенозов КА [1, 2, 11]. В реальной клинической практике подавляющее число больных имеют промежуточные показатели ПТВ (15–85%), т.е. всем им необходимо проведение неинвазивного тестирования. По нашим данным, ПТВ у пациентов с подозрением на ИБС тоже была достаточно высока (68%) [4]. При этом такие тесты, как велоэргометрия и суточное мониторирование электрокардиограммы (ЭКГ) нами проводились нечасто (около 10%), не говоря уже о других неинвазивных тестах. Отчасти это можно объяснить имевшимися показаниями для КАГ (у части пациентов КАГ проводилась в качестве предоперационного обследования перед вмешательствами на сердце, на некоронарных артериальных бассейнах и перед операциями по поводу нарушений ритма сердца). Кроме того, эти тесты представлены только велоэргометрией (суточное мониторирование ЭКГ чаще выполнялась в обследуемой когорте пациентов, но его к нагрузочным тестам отнести никак нельзя). Также в одном из обсервационных исследований НИИ кардиологии (г. Томск) также было отмечено, что у больных со стабильной ИБС нагрузочные тесты были выполнены менее чем у 50% больных, а информативный метод визуализации выбран только у 6% пациентов [21].

Результаты российских клиник несколько отличались от данных национальной базы США, в которой среди неинвазивных тестов преобладало проведение стресс-магнитнорезонансной томографии (МРТ) – 54%, реже выполнялись стресс-эхокардиография (ЭхоКГ) – 21% и тредмилметрия – 25% [22]. В одном португальском исследовании, представленном на Европейском конгрессе кардиологов (2014 г.), была продемонстрирована стратегия диагностической инвазивной КАГ при лечении пациентов с подозрением на ИБС, в котором большая часть пациентов госпиталя имела промежуточные показатели ПТВ (97%). При этом нагрузочные тесты проводились 82% обследуемых больных, из них большинству выполняли только один тест (69%) и 13% – два теста, из функциональных тестов предпочтение отдавалось тредмил-тесту, а в 10,6% случаев проводили МСКТ КА. По данным КАГ отсутствие стенозов или незначимое поражение КА (менее 50%) было зарегистрировано у 41% пациентов. Независимыми предикторами обструктивной ИБС, помимо возраста, мужского пола, курения, сахарного диабета и типичной клиники стенокардии, являлись положительные результаты функциональных и анатомических тестов. В другом регистровом исследовании при обследовании больных с подозрением

на ИБС нагрузочное тестирование выполнялось в 70% случаев, при этом обструктивное поражение КА было выявлено лишь у 40% пациентов. Также было отмечено, что при негативном тесте и высоком риске (по Фрамингемской шкале) более чем у половины больных выявляли обструктивное поражение КА, и это было выше, чем при положительном тесте и промежуточном и низком риске [5].

Как мы видим, реальная частота неинвазивных тестов в России существенно ниже, чем за рубежом, но это никак не сказывается на частоте выявления, необструктивных поражений КА при сопоставлении результатов российских и зарубежных центров.

В одноцентровом исследовании Rio P. и соавторов при проведении 2600 последовательных инвазивных КАГ обструктивные поражения КА были выявлены в 48,8% случаев. Большинство пациентов при ретроспективной оценке имели промежуточную ПТВ (в 85% случаев), в 86% случаев выполнялись неинвазивные нагрузочные тесты. И если в однофакторном анализе среди прочих факторов присутствует положительный результат неинвазивного стресс-теста как предиктора выявления обструктивного поражения КА, то в многофакторный анализ он уже не вошел. Наиболее важным фактором, ассоциированным с наличием гемодинамически значимых стенозов КА, было наличие тяжелой стенокардии (ОР 9,1; 95% ДИ 4,3–19,1). Оценка только факторов риска обладала невысокой способностью выявлять больных с обструктивными поражениями КА, однако при добавлении клинических симптомов было достигнуто статистически значимое увеличение предсказательной ценности (C-statistic 0,601 и 0,735, соответственно,  $p < 0,0001$ ), при этом не отмечено увеличения диагностической ценности при дополнительной оценке ПТВ, фракции выброса левого желудочка (ЛЖ) и неинвазивных тестов [23].

Закономерность полученных в этом исследовании данных подтверждают результаты обширного регистра, включающего 661063 больных [6], которым была выполнена инвазивная КАГ. Незначимое поражение КА (<50%) выявлено у 58,4% пациентов, при этом неинвазивные тесты проводились в 64% случаев, из них в 51,9% подтверждены патологические изменения при их выполнении, и лишь в 9% они соответствовали высокому риску. Показатели неинвазивных тестов имели минимальную добавочную ценность в сравнении с клиническими данными в предсказании обструктивных поражений КА (С индекс составил 0,74 для клинических факторов против 0,75 для результатов неинвазивных тестов).

Соответственно, возникает вопрос: почему неинвазивные тесты оказались неспособны эффективно выявлять больных с обструктивными поражениями КА в этих регистрах?

Согласно рекомендациям ЕОК, при стратификации

риска у пациентов с неverified диагнозом ИБС при промежуточном риске предпочтение отдается именно функциональным тестам с визуализацией – класс I, уровень доказательности A. При этом анатомические методы в данной ситуации занимают вторую позицию – класс IIa, уровень доказательности A. Хотелось бы отметить, что стресс-ЭКГ с физической нагрузкой здесь вовсе не принимается во внимание. Это можно объяснить тем, что данный метод обладает довольно низкой чувствительностью – всего 50%, а чувствительность и специфичность стресс-тестов с визуализацией в среднем составляет 85% [2]. Следует отметить, что на территории Российской Федерации стресс-ЭКГ с физической нагрузкой в настоящий момент является одним из самых доступных нагрузочных тестов.

Тем не менее, в рекомендациях ЕОК у пациентов с клиникой стенокардии и промежуточной ПТВ (15–65%) в качестве начального метода для установления диагноза ИБС все-таки рекомендуется проведение стресс-ЭКГ с физической нагрузкой, но при условии возможности выполнения физической нагрузки и оценки ЭКГ [2]. Выполнение пробы с визуализацией после ЭКГ-теста с нагрузкой рекомендуется при незавершенном ЭКГ-тесте (85% уровень частоты сердечных сокращений не достигается, несмотря на отсутствие симптомов и признаков ишемии), сомнительном ЭКГ-тесте (без достижения изменений по ЭКГ), низком и промежуточном риске по шкале САД, при значительной вероятности ложноположительного или ложноотрицательного результата. Предпочтение стресс-тесту с визуализацией следует сразу отдать в случае неинформативной ЭКГ (при синдроме Вольфа-Паркинсона-Уайта, навязанном ритме сердца, блокаде левой ножки пучка Гиса, исходной депрессии сегмента ST более 1 мм при гипертрофии ЛЖ, фибрилляции предсердий, использовании сердечных гликозидов, электролитном дисбалансе), дотестовой вероятности ИБС 65–85% (15–65% – при возможности), исходном снижении фракции выброса ЛЖ менее 50% [2]. Также необходимо помнить, что при однососудистом поражении нагрузочные тесты с постепенным увеличением нагрузки могут не выявить ишемию миокарда, несмотря на наличие симптомов стенокардии, возникающих при каких-то особых условиях [24].

Хотелось бы отдельно остановиться на стресс-тестах с визуализацией, поскольку именно им отдается первенство среди неинвазивных методов диагностики у пациентов с подозрением на ИБС.

В рамках конгресса РКО 2016 г. уже рассматривались возможности стресс-ЭхоКГ для диагностики ИБС. В докладе Мацкеплишвили С.Т. (Москва) были озвучены основные достоинства и возможности данного метода. Докладчик назвал стресс-ЭхоКГ диагностическим «гипермаркетом», который

позволяет оценить многие параметры, включая анатомию сердца, состояние миокарда и его функцию, гемодинамику, перфузию миокарда, резерв коронарного кровотока [21]. Однако, согласно рекомендациям ЕОК, стресс-ЭхоКГ обладает довольно низкой чувствительностью – 77% по отношению к ОФЭКТ – 86%, МТР – 89%, позитронной эмиссионной томографии – 91%, при том, что специфичность является наибольшей (85%) и диагностическая точность практически сопоставима с остальными методами визуализации (80%), уступая только ПЭТ (85%) [2]. Главным ограничением данного метода на сегодняшний день является проблема визуализации на фоне ожирения, нарушения ритма, хроническая обструктивная болезнь легких. Основными путями повышения возможностей стресс-ЭхоКГ являются устранение технических недостатков метода (улучшение качества В-режима); повышение тренированности оператора; улучшение детекции контура эндокарда – использование эхоконтрастных препаратов [21].

В рекомендациях ЕОК сцинтиграфия миокарда позиционируется как один из ведущих неинвазивных методов диагностики обструктивных поражений КА у больных с промежуточным ПТВ и ИБС (Класс 1А). Данный метод обладает достаточно высокой чувствительностью (90–91%) и специфичностью – 75–84% [2].

Также известно, что ОФЭКТ позволяет провести стратификацию риска при ИБС. Продемонстрирована прямая зависимость: при увеличении зоны распространения ишемии по ОФЭКТ отмечается ежегодный прирост частоты смертей от кардиальных причин и инфарктов миокарда. Кроме того, ОФЭКТ позволяет отобрать больных для реваскуляризации миокарда, т.е. при зоне ишемии миокарда, по данным ОФЭКТ, до 10% риск смерти от кардиальных причин при реваскуляризации миокарда выше, чем от медикаментозной терапии, а при ишемии более – 10%, т.е. реваскуляризация миокарда улучшает выживаемость по сравнению с консервативной терапией [2, 25]. Однако имеются данные и о некоторых ограничениях настоящего метода в диагностике обструктивной ИБС. В одной из работ было отмечено, что ОФЭКТ у 1/3 больных не выявляет поражение КА. Чаще всего ОФЭКТ демонстрирует отрицательный результат при стенотическом поражении передней нисходящей артерии, дистальных стенозах, однососудистом поражении и при низком риске ИБС. Также при поражении трех КА, по данным КАГ, при ОФЭКТ высока вероятность получения отрицательного результата нагрузочного теста [26].

В нашей клинике также была проведена работа по оценке возможностей ОФЭКТ в диагностике обструктивных поражений КА. При этом специфичность ОФЭКТ заметно не отличалась от западных данных (87%), в то же время чувствительность составила

всего 40% [27]. Среди возможных причин снижения чувствительности известно влияние методологического подхода в определении эффективности теста клинического исследования («post-test referral bias»): пациент с положительным результатом неинвазивной нагрузочной пробы имеет больше шансов быть направленным на КАГ, чем пациент с отрицательным результатом стресс-теста. Такой подход увеличивает чувствительность, но уменьшает специфичность [28]. В нашей работе данного эффекта не было, поскольку исходно пациентам планировалось проведение и ОФЭКТ, и КАГ, независимо от результата ОФЭКТ. Низкие значения чувствительности ОФЭКТ обусловлены, прежде всего, большим числом ложноотрицательных результатов. Следует учитывать, что в нашем исследовании при КАГ были выявлены трехсосудистое поражение КА (в 12% случаев), а также окклюзии коронарных артерий (41%), что могло привести к отрицательным фармакологическим стресс-тестам и дополнительно снизить чувствительность ОФЭКТ в выявлении обструктивного поражения КА [27]. Мы посчитали некорректным исключать таких пациентов из анализа, поскольку в реальной клинической практике при проведении ОФЭКТ невозможно предсказать, какие поражения КА имеются у пациента. В проведенных недавно исследованиях также было показано, что ложноотрицательные результаты ОФЭКТ были ассоциированы с увеличением возраста, наличием типичной стенокардии, более высокой ПТВ, увеличением объемов ЛЖ [26], что вполне согласуется с нашими результатами. Надо также иметь в виду, что на специфичность ОФЭКТ могут влиять наличие у больного нарушений внутрисердечной проводимости, сахарного диабета, гипертрофии ЛЖ [28]. Кроме того, наличие микрососудистой формы стенокардии может вызывать кардиальные симптомы, которые выявляются при неинвазивном функциональном тестировании, но не при инвазивной КАГ, особенно среди женщин, у которых распространенность микрососудистой дисфункции значительно больше, и это связано с неблагоприятным прогнозом [12, 29]. Поскольку выявление микрососудистой дисфункции обычно требует инвазивного провокационного тестирования, отсутствие таких тестов в настоящем исследовании, возможно, ошибочно увеличивало частоту ложноположительных тестов ОФЭКТ.

Согласно рекомендациям ЕОК МСКТ коронарных артерий предлагается в качестве метода второй линии после стресс-тестов у пациентов с подозрением на ИБС с ПТВ в нижнем промежуточном диапазоне (до 50%). Этот уровень ПТВ был выбран в качестве верхнего предела 400–600 единиц кальциевого индекса, за которым специфичность коронарной МСКТ снижается до неприемлемо низкого уровня из-за высокой вероятности выраженных артефактов, не позволяющих адекватно определить

степень локальных стенозов [30, 31].

Недавно были представлены результаты исследования PROMISE по оценке прогностического значения кальциевого индекса КА при МСКТ [32]. Данная работа продемонстрировала преобладание прогностического значения кальциевого индекса над функциональными тестами на 0,03. Результаты более ранних мультицентровых исследований (ACCURACY, MEDIC, EUROPE) также показали довольно высокую чувствительность (94–99%) и отрицательную прогностическую ценность МСКТ-АГ коронарных артерий – 97–99% [30, 31, 33]. В настоящий момент одним из главных применений МСКТ-АГ является неинвазивное тестирование перед инвазивной КАГ. Это связано именно с высоким негативным предсказательным значением [32]. При оценке результатов МСКТ и функциональных тестов за трехлетний период наблюдения группы были сопоставимы по количеству осложнений. При этом в исследовании SCOT-HEART отмечено, что добавление МСКТ коронарных артерий к стандартному обследованию больных приводило к снижению фатальных и нефатальных инфарктов миокарда на 38% [34]. В работе Patel MR также показано, что МСКТ в 70% случаев выявляет обструктивное поражение КА, при этом неинвазивные тесты (стресс-ЭхоКГ, ОФЭКТ, МРТ) – лишь в 45% [5, 6]. В исследовании EVINCI по выявлению значимого поражения коронарных артерий МСКТ имела максимальную чувствительность и специфичность (около 90%), при том, что чувствительность ПЭТ соответствовала 80%, ОФЭКТ ближе к 70% [13].

За последние годы в рекомендациях NICE по отношению к МСКТ также произошли некоторые изменения. В редакции от 2010 г. предлагалось использовать оценку кальциевого индекса при МСКТ КА в качестве исследования первой линии у пациентов с низкой ПТВ (от 10% до 30%). По мнению экспертов, отсутствие кальциноза КА указывает на причину симптомов, не связанную с обструктивной ИБС [35], при значениях кальциевого индекса от 1 до 400 было рекомендовано проводить МСКТ-АГ коронарных артерий, у больных с высоким содержанием кальция (>400) – выполнять инвазивную КАГ [11]. Однако в рекомендациях NICE 2016 г. в качестве первоначального теста во всех случаях предлагается проводить МСКТ-ангиографию КА, а функциональные неинвазивные тесты – только при ее неинформативности [20]. Первые исследования с ретроспективным анализом использования данного диагностического алгоритма показали перспективность данного подхода. Так, среди обследованных больных с наличием возможной стенокардии проведение МСКТ-АГ существенно снизило частоту выявления интактных КА (ОР 0,32; 95% ДИ 0,19–0,52;  $p < 0,001$ ) [36]. Тем не менее, требуется дальнейший поиск оптимальных форм использования

данной методики. Например, в том же исследовании проведение МСКТ-АГ не повлияло на частоту проведения инвазивной КАГ ( $p = 0,481$ ) у больных с возможной стенокардией, но повысило ее у пациентов с неангинальной болью (ОР 1,82; 95% ДИ 1,13–2,92;  $p = 0,014$ ). В последнем случае также не удалось снизить число интактных КА при инвазивной КАГ (ОР 0,78; 95% ДИ 0,30–2,05;  $p = 0,622$ ) [36].

Таким образом, оптимальный алгоритм выявления значимых поражений КА является предметом оживленных дискуссий, а имеющиеся рекомендации содержат много противоречий [37]. Разночтения касаются не только оценки ПТВ [18], но и предлагаемых неинвазивных тестов [1, 2]. При этом в ряде публикаций в качестве неинвазивного теста обосновывается приоритетное использование именно МСКТ, а не функциональных тестов с визуализацией [13, 17, 38]. Вероятно, выходом из данной ситуации является акцентирование внимания не на наилучшие неинвазивные методы выявления анатомических изменений КА, а на методы, способные адекватно оценить и скорректировать прогноз у больных [17, 26]. К примеру, наличие отрицательных результатов нагрузочного теста при ОФЭКТ даже при выявлении обструктивных поражений КА было ассоциировано с низким риском развития последующих кардиальных событий (менее 1% в год

[26]. Кроме того, следует признать, что прогностическое значение данных МСКТ оказалось выше при сопоставлении с результатами ОФЭКТ [39]. Хотелось бы отметить, что еще одним подходом к повышению информативности неинвазивных тестов для выявления пациентов с наличием обструктивных поражений КА является сопоставление результатов таких тестов с показателями оценки фракционного резерва кровотока соответствующего сегмента коронарных артерий. В последнее время активно изучается возможность неинвазивной оценки фракционного резерва кровотока при МСКТ-АГ коронарных артерий [40, 41], но это пока недоступно в рутинной клинической практике.

### Конфликт интересов

Е.В. Корок заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.Н. Сумин заявляет об отсутствии конфликта интересов.

### Финансирование

Работа выполнена в рамках фундаментальной темы НИИ КПССЗ № 0546-2015-0012 Мультифокальный атеросклероз и коморбидные состояния. Особенности диагностики, управления рисками в условиях крупного промышленного региона Сибири.

### Информация об авторах

*Сумин Алексей Николаевич*, доктор медицинских наук, заведующий отделом мультифокального атеросклероза Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация;

*Корок Екатерина Викторовна*, кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории патологии кровообращения отдела мультифокального атеросклероза Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация.

### Вклад авторов в статью

*КЕВ* – анализ данных, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

*САН* – вклад в концепцию и дизайн исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание.

### Author Information Form

*Sumin Aleksey N.*, PhD, Head of the Department of Multivessel and Polyvascular Disease, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation;

*Korok Ekaterina V.*, PhD, researcher at the Laboratory of Blood Circulation Pathology, Department of Multivessel and Polyvascular Disease, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation.

### Author Contribution Statement

*KEV* – data analysis, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content.

*SAN* – contribution to the concept and design of the study, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fihn S.D., Gardin J.M., Abrams J., Berra K., Blankenship J.C., Dallas A.P. et al. 2012 ACCF/AHA/ACP/AATS/PCNA/SCAI/STS Guideline for the diagnosis and management of patients with stable ischemic heart disease: A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, and the American College of Physicians, American Association for Thoracic Surgery, Preventive Cardiovascular Nurses Association, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll*

*Cardiol.* 2012;60: e44–e164. doi:10.1016/j.jacc.2012.07.013.

2. Task Force Members; Montalescot G., Sechtem U., Achenbach S., Andreotti F., Arden C., Budaj A. 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;34:2949–3003. doi: 10.1093/eurheartj/ehz296.

3. Гайсёнок О.В., Марцевич С.Ю. Определение показаний к проведению коронарографии у пациентов без клинических проявлений заболевания и больных со стабильной

стенокардией. Кардиология. 2014; 10: 57-62.

4. Корок Е.В., Сумин А.Н., Синьков М.А., Нагирняк О.А., Чичкова Т.Ю., Барбараш Л.С. Частота выявления интактных коронарных артерий в зависимости от показаний для плановой коронарной ангиографии. Российский кардиологический журнал 2016; 2: 52-59. DOI: 10.15829/1560-4071-2016-2-52-59

5. Patel M.R., Peterson E.D., Dai D., Brennan J.M., Redberg R.F., Anderson H.V., Brindis R.G., Douglas P.S. Low diagnostic yield of elective coronary angiography. *N Engl J Med.* 2010; 362(10): 886-95. doi: 10.1056/NEJMoa0907272.

6. Patel M.R., Dai D., Hernandez A.F., Douglas P.S., Messenger J., Garratt K.N., Maddox T.M., Peterson E.D., Roe M.T. Prevalence and predictors of nonobstructive coronary artery disease identified with coronary angiography in contemporary clinical practice. *Am Heart J* 2014; 167: 846-852. doi: 10.1016/j.ahj.2014.03.001.

7. Costa Filho F.F., Chaves Á.J., Ligabó L.T., Santos E.M., Silva D.T., Puzzi M.A., Braga S.L., Abizaid A., Sousa A.G. Efficacy of patient selection for diagnostic coronary angiography in suspected coronary artery disease. *Arq Bras Cardiol.* 2015; 105(5): 466-71. doi: 10.5935/abc.20150099.

8. Ferreira A.M., Marques H., Tralhão A., Santos M.B., Santos A.R., Cardoso G. et al. Pre-test probability of obstructive coronary stenosis in patients undergoing coronary CT angiography: Comparative performance of the modified diamond-Forrester algorithm versus methods incorporating cardiovascular risk factors. *Int J Cardiol.* 2016; 222: 346-51. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.07.180.

9. Genders T.S., Steyerberg E.W., Alkadhi H., Leschka S., Desbiolles L., Nieman K. et al. A clinical prediction rule for the diagnosis of coronary artery disease: Validation, updating, and extension. *Eur Heart J* 2011; 32: 1316-1330. doi: 10.1093/eurheartj/ehr014.

10. Sumin AN, Korok EV, Barbarash LS. Non-occlusive coronary artery lesions in the diagnosis of coronary artery disease: prevalence and verification tools. *Ateroskleroz i dislipidemii.* 2016; 1: 56-67. Russian.

11. Smeeth L., Skinner J.S., Ashcroft J., Hemingway H., Timmis A.; Chest Pain Guideline Development Group. NICE clinical guideline: chest pain of recent onset. *Br J Gen Pract.* 2010; 60(577): 607-10. doi: 10.3399/bjgp10X515124.

12. Sharaf B., Wood T., Shaw L., Johnson B.D., Kelsey S., Anderson R.D., Pepine C.J., Bairey Merz C.N. Adverse outcomes among women presenting with signs and symptoms of ischemia and no obstructive coronary artery disease: findings from the National Heart, Lung, and Blood Institute sponsored Women's Ischemia Syndrome Evaluation (WISE) angiographic core laboratory. *Am Heart J.* 2013; 166: 134-141. doi: 10.1016/j.ahj.2013.04.002.

13. Neglia D., Rovai D., Caselli C., Pietila M., Teresinska A., Aguadé-Bruix S. et al.; EVINCI Study Investigators. Detection of significant coronary artery disease by non-invasive anatomical and functional imaging. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2015; 8:e002179. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.114.002179.

14. Аракелян В.С., Бортникова Н.В., Папиташивили В.Г. Оценка влияния корональных факторов риска на тактику лечения больных с сочетанным атеросклеротическим поражением аорто-подвздошного сегмента и коронарных артерий. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2013; 4: 77-82. DOI: 10.17802/2306-1278-2013-4-77-82

15. Барбараш ЛС, Сумин АН, Барбараш ОЛ, Иванов СВ. Оценка и коррекция периоперационного риска сердечно-сосудистых осложнений при некардиальных операциях. *Кардиология.* 2012; 5: 77-87.

16. Иванов С.В., Сумин А.Н., Казачек Я.В., Филиппев Д.Е., Гусев С.М., Малышенко Е.С., Барбараш Л.С. Пути оптимизации результатов реваскуляризации у пациентов с мультифокальным атеросклерозом. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2013; 3: 26-35. DOI: 10.17802/2306-1278-2013-3-26-35

17. Sechtem U., Mahrholdt H., Ong P., Athanasiadis A., Schäufele T. Testing in patients with stable coronary artery disease - The debate continues. *Circ J.* 2016; 80(4): 802-10. doi: 10.1253/circj.CJ-16-0220.

18. Сумин А.Н. Оценка предгестовой вероятности в диагностике обструктивных поражений коронарных артерий: нерешенные вопросы. *Российский кардиологический журнал.* 2017; 6 (11): 68-76. DOI: 10.15829/1560-4071-2017-11-68-76

19. Gueret P., Deux J.F., Bonello L., Sarran A., Tron C., Christiaens L. et al. Diagnostic performance of computed tomography coronary angiography (from the Prospective National Multicenter Multivendor EVASCAN Study). *Am J Cardiol* 2013; 111: 471-478. doi: 10.1016/j.amjcard.2012.10.029.

20. Moss A.J., Williams M.C., Newby D.E., Nicol E.D. The Updated NICE Guidelines: Cardiac CT as the First-Line Test for Coronary Artery Disease. *Curr Cardiovasc Imaging Rep.* 2017; 10: 15. DOI 10.1007/s12410-017-9412-6.

21. 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. С.131-140. DOI: 10.17802/2306-1278-2017-1-131-140.

22. Mudrick D.W., Cowper P.A., Shah B.R., Patel M.R., Jensen N.C., Peterson E.D., Douglas P.S. Downstream procedures and outcomes after stress testing for chest pain without known coronary artery disease in the United States. *Am Heart J* 2012; 163(3): 454-461. doi: 10.1016/j.ahj.2011.11.022.

23. Rio P., Ramos R., Pereira-da-Silva T., Barbosa C., Cacula D., Fiarresga A. et al. Yield of contemporary clinical strategies to detect patients with obstructive coronary artery disease. *Heart Int.* 2016; 10(1): e12-9. doi: 10.5301/heartint.5000224.

24. Greenwood J.P., Motwani M., Maredia N., Brown J.M., Everett C.C., Nixon J., Bijsterveld P., Dickinson C.J., Ball S.G., Plein S. Comparison of cardiovascular magnetic resonance and single-photon emission computed tomography in women with suspected coronary artery disease from the Clinical Evaluation of Magnetic Resonance Imaging in Coronary Heart Disease (CE-MARC) Trial. *Circulation.* 2014; 129(10): 1129-38. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.000071.

25. Сергиенко В.Б. Современные возможности радионуклидной молекулярной визуализации атеросклероза. *Атеросклероз и дислипидемии.* 2016; 4(25): 5-13.

26. Yuan J.W., Wang Y.T., Lu C.Z. Coronary arteriography in the diagnosis results and prognosis analysis of suspected coronary artery disease in patients with normal SPET myocardial perfusion imaging. *Hell J Nucl Med.* 2015; 18(3): 215-21.

27. Сумин А.Н., Корок Е.В., Короткевич А.А., Качурина Е.Н., Коков А.Н., Барбараш О.Л. Возможности однофотонной эмиссионной компьютерной томографии в диагностике обструктивных поражений коронарных артерий. *Российский кардиологический журнал.* 2017; 12: 14-20. DOI: 10.15829/1560-4071-2017-12-14-20

28. Кузнецов В. А., Ярославская Е. И., Горбатенко Е. А. Предикторы гемодинамически значимых коронарных стенозов у пациентов с нарушениями миокардиальной перфузии по данным однофотонной эмиссионной компьютерной томографии миокарда. *Клиническая медицина.* 2012; 7: 25-30.

29. Nakanishi R., Gransar H., Slomka P., Arsanjani R., Shalev A., Otaki Y. et al. Predictors of high-risk coronary artery disease in subjects with normal SPECT myocardial perfusion imaging. *J Nucl Cardiol.* 2016; 23(3): 530-41. doi: 10.1007/s12350-015-0150-3

30. Miller J.M., Rochitte C.E., Dewey M., Arbab-Zadeh A., Niinuma H., Gottlieb I. et al. Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT. *N Engl J Med* 2008; 359: 2324-2336. doi: 10.1056/NEJMoa0806576

31. Meijboom W.B., Meijjs M.F., Schuijf J.D., Cramer M.J., Mollet N.R., van Mieghem C.A. et al. Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography: A prospective, multicenter, multivendor study. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52: 2135-2144. doi: 10.1016/j.jacc.2008.08.058.

32. Shaw L.J., Hausleiter J., Achenbach S., Al-Mallah M., Berman D.S., Budoff M.J. et al.; CONFIRM Registry Investigators. Coronary computed tomographic angiography as a gatekeeper to invasive diagnostic and surgical procedures: results from the multicenter CONFIRM (Coronary CT

Angiography Evaluation for Clinical Outcomes: an International Multicenter) registry. *J Am Coll Cardiol.* 2012;60(20):2103-14. doi: 10.1016/j.jacc.2012.05.062.

33. Budoff M.J., Dowe D., Jollis J.G., Gitter M., Sutherland J., Halamert E., Scherer M., Bellinger R., Martin A., Benton R., Delago A., Min J.K. Diagnostic performance of 64-multidetector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease: results from the prospective multicenter ACCURACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial. *J Am Coll Cardiol.* 2008;52(21):1724-32. doi: 10.1016/j.jacc.2008.07.031.

34. SCOT-HEART investigators. CT coronary angiography in patients with suspected angina due to coronary heart disease (SCOT-HEART): an open-label, parallel-group, multicentre trial. *Lancet.* 2015;385(9985):2383-91. doi: 10.1016/S0140-6736(15)60291-4.

35. Mouden M., Timmer J.R., Reiffers S., Oostdijk A.H., Knollemans S., Ottervanger J.P., Jager P.L. Coronary artery calcium scoring to exclude flow-limiting coronary artery disease in symptomatic stable patients at low or intermediate risk. *Radiology* 2013; 269: 77-83. doi: 10.1148/radiol.13122529

36. Adamson P.D., Hunter A., Williams M.C., Shah A.S.V., McAllister D.A., Pawade T. et al. Diagnostic and prognostic benefits of computed tomography coronary angiography using the 2016 National Institute for Health and Care Excellence guidance within a randomised trial. *Heart* 2018;104:207–214.

doi: 10.1136/heartjnl-2017-311508

37. Douglas P.S., Daubert M.A. Diagnostic accuracy of noninvasive testing: necessary but insufficient. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2015;8(3). pii: e003138. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.115.003138.

38. Nielsen L.H., Ortner N., Nørgaard B.L., Achenbach S., Leipsic J., Abdulla J. The diagnostic accuracy and outcomes after coronary computed tomography angiography vs. conventional functional testing in patients with stable angina pectoris: a systematic review and meta-analysis. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2014;15(9):961-71. doi: 10.1093/ehjci/jeu027.

39. Lee H., Yoon Y.E., Park J.B., Kim H.L., Park H.E., Lee S.P. et al. The Incremental Prognostic Value of Cardiac Computed Tomography in Comparison with Single-Photon Emission Computed Tomography in Patients with Suspected Coronary Artery Disease. *PLoS One.* 2016;11(8):e0160188. doi: 10.1371/journal.pone.0160188

40. Nørgaard B.L., Jensen J.M., Blanke P., Sand N.P., Rabbat M., Leipsic J. Coronary CT Angiography Derived Fractional Flow Reserve: The Game Changer in Noninvasive Testing. *Curr Cardiol Rep.* 2017;19(11):112. doi: 10.1007/s11886-017-0923-1.

41. Tesche C., Vliegenthart R., Duguay T.M., De Cecco C.N., Albrecht M.H., De Santis D. et al. Coronary Computed Tomographic Angiography-Derived Fractional Flow Reserve for Therapeutic Decision Making. *Am J Cardiol.* 2017;120(12):2121-2127. doi: 10.1016/j.amjcard.2017.08.034.

## REFERENCES

1. Fihn S.D., Gardin J.M., Abrams J., Berra K., Blankenship J.C., Dallas A.P. et al. 2012 ACCF/AHA/ACP/AATS/PCNA/SCAI/STS Guideline for the diagnosis and management of patients with stable ischemic heart disease: A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, and the American College of Physicians, American Association for Thoracic Surgery, Preventive Cardiovascular Nurses Association, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll Cardiol.* 2012;60: e44–e164. doi:10.1016/j.jacc.2012.07.013.

2. Task Force Members; Montalescot G., Sechtem U., Achenbach S., Andreotti F., Arden C., Budaj A. 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;34:2949–3003. doi: 10.1093/eurheartj/eh296.

3. Gaisenk O.V., Martsevich S.Yu. Determination of Indications for Coronary Angiography in Asymptomatic Patients and Patients With Stable Angina. *Kardiologiya.* 2014;10:57-62. (In Russian)

4. Korok E.V., Sumin A.N., Sinkov M.A., Nagirnyak O.A., Chichkova T. Yu., Barbarash L.S. The prevalence of intact coronary arteries in relation with indications for scheduled coronary arteriography. *Russ J Cardiol* 2016; 2: 52-59. (In Russian). DOI: 10.15829/1560-4071-2016-2-52-59

5. Patel M.R., Peterson E.D., Dai D., Brennan J.M., Redberg R.F., Anderson H.V., Brindis R.G., Douglas P.S. Low diagnostic yield of elective coronary angiography. *N Engl J Med.* 2010; 362(10): 886-95. doi: 10.1056/NEJMoa0907272.

6. Patel M.R., Dai D., Hernandez A.F., Douglas P.S., Messenger J., Garratt K.N., Maddox T.M., Peterson E.D., Roe M.T. Prevalence and predictors of nonobstructive coronary artery disease identified with coronary angiography in contemporary clinical practice. *Am Heart J* 2014; 167: 846–852. doi: 10.1016/j.ahj.2014.03.001.

7. Costa Filho F.F., Chaves Á.J., Ligabó L.T., Santos E.M., Silva D.T., Puzzi M.A., Braga S.L., Abizaid A., Sousa A.G. Efficacy of patient selection for diagnostic coronary angiography in suspected coronary artery disease. *Arq Bras Cardiol.* 2015; 105(5): 466-71. doi: 10.5935/abc.20150099.

8. Ferreira A.M., Marques H., Tralhão A., Santos M.B., Santos

A.R., Cardoso G. et al. Pre-test probability of obstructive coronary stenosis in patients undergoing coronary CT angiography: Comparative performance of the modified diamond-Forrester algorithm versus methods incorporating cardiovascular risk factors. *Int J Cardiol.* 2016; 222: 346-51. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.07.180.

9. Genders T.S., Steyerberg E.W., Alkadhi H., Leschka S., Desbiolles L., Nieman K. et al. A clinical prediction rule for the diagnosis of coronary artery disease: Validation, updating, and extension. *Eur Heart J* 2011; 32: 1316-1330. doi: 10.1093/eurheartj/ehr014.

10. Sumin AN, Korok EV, Barbarash LS. Non-occlusive coronary artery lesions in the diagnosis of coronary artery disease: prevalence and verification tools. *Ateroskleroz i dislipidemii.* 2016; 1: 56-67. Russian.

11. Smeeth L., Skinner J.S., Ashcroft J., Hemingway H., Timmis A.; Chest Pain Guideline Development Group. NICE clinical guideline: chest pain of recent onset. *Br J Gen Pract.* 2010; 60(577): 607-10. doi: 10.3399/bjgp10X515124.

12. Sharaf B., Wood T., Shaw L., Johnson B.D., Kelsey S., Anderson R.D., Pepine C.J., Bairey Merz C.N. Adverse outcomes among women presenting with signs and symptoms of ischemia and no obstructive coronary artery disease: findings from the National Heart, Lung, and Blood Institute sponsored Women's Ischemia Syndrome Evaluation (WISE) angiographic core laboratory. *Am Heart J.* 2013;166:134–141. doi: 10.1016/j.ahj.2013.04.002.

13. Neglia D., Rovai D., Caselli C., Pietila M., Teresinska A., Aguadé-Bruix S. et al.; EVINCI Study Investigators. Detection of significant coronary artery disease by non-invasive anatomical and functional imaging. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2015;8:e002179. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.114.002179.

14. Arakelyan VS, Bortnikova NV, Papitashvili VG. Impact of cardiac risk factors on treatment strategy for patients with coronary artery disease and aortoiliac lesions. *Kompleksnyye problemy serdечно-sosudistykh zabolevaniy.* 2013;4:77-82. (In Russian).

15. Barbarash LS, Sumin AN, Barbarash OL, Ivanov SV. Pre-operative cardiac risk assessment and perioperative cardiac management in non-cardiac surgery. *Kardiologiya.* 2012;5:77-87. (In Russian).

16. Ivanov S.V., Sumin A.N., Kazachek Y.V., Philipiev D.E., Gusev S.M., Malysenko E.S., Barbarash L.S. Options for revascularization outcomes optimization in patients with

polyvascular disease. Kompleksnye problemy serdechno-sosudistyh zabolevanij. 2013;3:26-35. (In Russian). DOI:10.17802/2306-1278-2013-3-26-35

17. Sechtem U., Mahrholdt H., Ong P., Athanasiadis A., Schäufele T. Testing in patients with stable coronary artery disease - The debate continues. Circ J. 2016;80(4):802-10. doi: 10.1253/circj.CJ-16-0220.

18. Sumin A.N. The assessment of pretest probability in obstructive coronary lesion diagnostics: unresolved issues Russ J Cardiol 2017, 11 (151): 68–76 (In Russian) DOI: 10.15829/1560-4071-2017-11-68-76

19. Gueret P., Deux J.F., Bonello L., Sarran A., Tron C., Christiaens L. et al. Diagnostic performance of computed tomography coronary angiography (from the Prospective National Multicenter Multivendor EVASCAN Study). Am J Cardiol 2013; 111: 471-478. doi: 10.1016/j.amjcard.2012.10.029.

20. Moss A.J., Williams M.C., Newby D.E., Nicol E.D. The Updated NICE Guidelines: Cardiac CT as the First-Line Test for Coronary Artery Disease. Curr Cardiovasc Imaging Rep. 2017;10:15. DOI 10.1007/s12410-017-9412-6.

21. Korok E.V., Sumin A.N. Current issues of CHD diagnosis in materials of the Russian cardiology congress (Ekaterinburg, 20-23 September 2016). Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2017;6(1):131-140. (In Russian) DOI:10.17802/2306-1278-2017-1-131-140

22. Mudrick D.W., Cowper P.A., Shah B.R., Patel M.R., Jensen N.C., Peterson E.D., Douglas P.S. Downstream procedures and outcomes after stress testing for chest pain without known coronary artery disease in the United States. Am Heart J 2012; 163(3):454-461. doi: 10.1016/j.ahj.2011.11.022.

23. Rio P., Ramos R., Pereira-da-Silva T., Barbosa C., Cacula D., Fiarresga A. et al. Yield of contemporary clinical strategies to detect patients with obstructive coronary artery disease. Heart Int. 2016; 10(1): e12-9. doi: 10.5301/heartint.5000224.

24. Greenwood J.P., Motwani M., Maredia N., Brown J.M., Everett C.C., Nixon J., Bijsterveld P., Dickinson C.J., Ball S.G., Plein S. Comparison of cardiovascular magnetic resonance and single-photon emission computed tomography in women with suspected coronary artery disease from the Clinical Evaluation

of Magnetic Resonance Imaging in Coronary Heart Disease (CE-MARC) Trial. Circulation. 2014;129(10):1129-38. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.000071.

25. Sergienko V.B. Modern possibilities of radionuclide molecular imaging of atherosclerosis. Ateroskleroz i dislipidemii. 2016;4(25):5-13. (In Russian)

26. Yuan J.W., Wang Y.T., Lu C.Z. Coronary arteriography in the diagnosis results and prognosis analysis of suspected coronary artery disease in patients with normal SPET myocardial perfusion imaging. Hell J Nucl Med. 2015;18(3):215-21.

27. Sumin A.N., Korok E.V., Korotkevich A.A., Kachurina E.N., Kokov A.N., Barbarash O.L. Single photon emission computed tomography in diagnostics of obstructive lesion in coronary arteries. Russ J Cardiol 2017, 12 (152): 14–20 (In Russ) DOI: 10.15829/1560-4071-2017-12-14-20

28. Kuznetsov V.A., Yaroslavskaya E.I., Gorbatenko E.A. Predictors of hemodynamically significant coronary stenoses in patients with disturbed myocardial perfusion based on the results of single-photon emission computed tomography. Klinicheskaya medicina. 2012;7:25-30. (In Russ)

29. Nakanishi R., Gransar H., Slomka P., Arsanjani R., Shalev A., Otaki Y. et al. Predictors of high-risk coronary artery disease in subjects with normal SPECT myocardial perfusion imaging. J Nucl Cardiol. 2016;23(3):530-41. doi: 10.1007/s12350-015-0150-3

30. Miller J.M., Rochitte C.E., Dewey M., Arbab-Zadeh A., Niinuma H., Gottlieb I. et al. Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT. N Engl J Med 2008; 359: 2324-2336. doi: 10.1056/NEJMoa0806576

31. Meijboom W.B., Meijjs M.F., Schuijf J.D., Cramer M.J., Mollet N.R., van Mieghem C.A. et al. Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography: A prospective, multicenter, multivendor study. J Am Coll Cardiol 2008; 52: 2135-2144. doi: 10.1016/j.jacc.2008.08.058.

32. Shaw L.J., Hausleiter J., Achenbach S., Al-Mallah M., Berman D.S., Budoff M.J. et al.; CONFIRM Registry Investigators. Coronary computed tomographic angiography as a gatekeeper to invasive diagnostic and surgical procedures: results from the multicenter CONFIRM (Coronary CT

**Для цитирования:** Е.В. Корок, А.Н. Сумин. 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

**To cite:** E.V. Korok, A.N. Sumin. Challenges of diagnosis of obstructive coronary artery disease: the role of non-invasive testing. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2019; 8 (1): 70-79. DOI: 10.17802/2306-1278-2019-8-1-70-79