

Кальциевый индекс как скрининговый метод диагностики сердечно-сосудистых заболеваний (обзор литературы)

К. Н. Журавлев^{*},¹, В. Е. Синуцын², А. В. Шпектор³

¹ ГБУЗ «Городская клиническая больница им. И. В. Давыдовского Департамента здравоохранения города Москвы»

² ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова», факультет фундаментальной медицины

³ ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, кафедра неотложной кардиологии

Coronary Calcium Score as Powerful Screening Method for Cardiovascular Diseases (Literature Review)

K. N. Zhuravlev^{*},¹, V. E. Sinitsyn², A. V. Shpektor³

¹ I. V. Davidovsky Clinical Hospital, Moscow

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Fundamental Medicine

³ Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia, Department of Emergency Cardiology

Реферат

Кальциноз коронарных артерий является характерным признаком коронарного атеросклероза, который часто выявляется при компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки. Стандартизованным методом оценки коронарного кальциноза является кальциевый индекс по методу Агатстона. Полуколичественная оценка коронарного кальция с электрокардиографической (ЭКГ) синхронизацией считается сильным прогностическим фактором возникновения коронарных событий у асимптомных пациентов. Нулевой кальциевый индекс может служить как наиболее сильный негативный фактор риска развития сердечно-сосудистых событий в течение 10–15 лет. Согласно международным рекомендациям, кальциевый индекс следует использовать у пациентов промежуточного риска

^{*} Журавлев Кирилл Николаевич, врач-рентгенолог, заведующий отделением лучевой диагностики ГБУЗ «Городская клиническая больница им. И. В. Давыдовского Департамента здравоохранения города Москвы». Адрес: 109240, г. Москва, ул. Яузская, д. 11. Тел.: + 7(495) 915-38-61. Электронная почта: kir232@mail.ru ORCID.org/0000-0003-1733-267X

Zhuravlev Kirill Nikolaevich, M. D. Med., Radiologist, Head of Radiology Department, I. V. Davidovsky Clinical Hospital, Moscow, Russia.

Address: 11, ul. Yauzskaja, Moscow, 109240, Russia.
Phone number: +7 (495) 915-38-61. E-mail: kir232@mail.ru
ORCID.org/0000-0003-1733-267X

и низкого риска с сердечно-сосудистым семейным анамнезом, а также у диабетиков старше 40 лет. С другой стороны, большинство данных пациентов являются кандидатами на включение в скрининговые программы по раннему выявлению рака легкого с помощью низкодозных КТ органов грудной клетки, особенно возрастные пациенты и курильщики. Актуальным является вопрос о возможности использования стандартных и низкодозовых протоколов КТ органов грудной клетки (ОГК) при определении кальциевого индекса и соответствии полученных результатов со стандартной методикой Агатстона.

Ключевые слова: кальциевый индекс, индекс коронарного кальция, кальциноз коронарных артерий, низкодозная компьютерная томография, ишемическая болезнь сердца.

Abstract

Calcification of the coronary arteries is a quite common characteristic finding at chest CT, especially in elderly and smoking patients. The standardised method of evaluation of coronary artery calcification is a calcium score. Coronary calcium, quantified on ECG-gated CT examinations, is the strong predictor of cardiovascular events in the asymptomatic population. A zero calcium score stands alone as perhaps the most powerful «negative risk factor» for near-term development of a coronary event, particularly in patients with an intermediate-risk. According to international guidelines, the calcium score should be used in patients with intermediate risk or low risk with a cardiovascular family history. On the other hand, most of these patients may be candidates for lung cancer screening chest CTs, especially old patients and heavy smokers. The possibility of using standard and low-dose protocols of chest CTs in determining the calcium score is quite promising.

Key words: Calcium Score, Coronary Artery Calcification, Lung Cancer Screening, Low-dose Computed Tomography, Coronary Artery Disease.

Актуальность

Сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смертности во всем мире, при этом ишемическая болезнь сердца (ИБС) составляет половину всех смертей от сердечно-сосудистых заболеваний [2]. По оценкам в последующие 15 лет 25 млн человек умрут от инсульта или сердечных заболеваний, причем 80 % всех случаев будет приходиться на развивающиеся страны [2]. Примерно у половины пациентов самым первым проявлением ИБС является либо инфаркт миокарда, либо внезапная смерть. К сожалению, традиционная оценка факторов риска может быть использована для прогноза только 65–80 % будущих сердечно-сосудистых событий. В результате этого у многих пациентов среднего и старшего возраста случаются сердечно-сосудистые события, несмотря на то что

пациенты формально относятся к группе низкого риска.

Скрининговые методы, направленные на раннее выявление рака молочной железы, рака толстой кишки, а в последнее время и рака легких, широко себя зарекомендовали. Однако для сердечно-сосудистых заболеваний и для выявления субклинического значимого атеросклероза, несмотря на более высокую смертность и степень инвалидизации по сравнению с онкологическими заболеваниями, единый скрининговый инструмент еще не разработан и не принят повсеместно [6].

Морфогенез обызвествления атеросклеротической бляшки

Морфологическим субстратом ИБС служит атеросклеротическая бляшка,

приводящая к стенозированию просвета коронарных артерий, развитию тромбоза и некротических изменений миокарда. Атеросклеротический процесс начинается задолго до появления первых клинических симптомов заболевания, а традиционные факторы риска (ФР) связаны с ранним развитием атеросклероза у детей и молодых людей. Наличие бессимптомного атеросклероза в юном возрасте является предиктором развития сердечно-сосудистых осложнений в дальнейшей жизни.

Процесс обызвествления при атеросклерозе начинается уже во втором десятилетии жизни, сразу после формирования жировых полосок. С помощью высокоточных микроскопических методов в липидной структуре атеросклеротических бляшек у молодых людей выявляются небольшие скопления кристаллов [10].

Благодаря электронной микроскопии была подтверждена теория, согласно которой гидроксиапатит, преобладающая кристаллическая форма в кальциевой бляшке, образуется в везикулах, которые высвобождаются из клеток артериальной стенки, аналогично тому, как матричные везикулы высвобождаются из хондроцитов при формировании костной ткани [9]. Было высказано предположение, что везикулы, оставшиеся от погибших пенистых клеток и гладкомышечных клеток (ГМК) и расположенные во внеклеточном пространстве, богатом липидами, служат местами отложений кальция. Также была выявлена тесная пространственная и структурная взаимосвязь между отложениями холестерина и гидроксиапатита. Соответственно существуют различные механизмы обызвествления при атеросклерозе.

В настоящее время предложено 4 механизма процесса кальциноза:

1. Гибель воспалительных клеток в атеросклеротических ядрах служит пусковым механизмом для образования кристаллов фосфата кальция.
2. Матричные везикулы, которые высвобождаются из клеток, также служат локальными местами формирования кальциевых комплексов.
3. Локальное снижение экспрессии ингибиторов минерализации.
4. Индукция костеобразования за счет дифференцировки перицитов и сосудистых ГМК [9].

Во время гибели из макрофагов высвобождаются матричные везикулы и апоптозные тела, которые содержат в своем составе липиды, белки и микроРНК. Такие депозиты становятся ядрами для осаждения ортофосфата кальция [10], который затем минерализуется до аморфного фосфата кальция, а затем до кристаллов гидроксиапатита.

Относительно недавно были обнаружены генетические детерминанты кальцификации артериальной стенки. Недавние исследования выявили определенные типы микроРНК (miRs), которые регулируют процесс кальциноза в гладкомышечных клетках на генетическом уровне и участвуют в обызвествлении стенок сосудов, регулируя функции других клеток [10]. Доказано, что miR-223 является важным фактором регуляции обызвествления ГМК, вызывая накопление неорганического фосфата в клетках, а подавление функции других miRs (miR-221, 222, 24-2, 27a и 31) *in vitro* ведет к активации обызвествления [17]. Однако чтобы доказать ключевую роль miRs в процессе кальциноза стенок артерий и использовать их в терапев-

тических целях, необходимы дополнительные исследования.

Эти данные также дают дополнительные доказательства, что кальциноз при атеросклерозе является регулируемым процессом, похожим на формирование кости, а не пассивным осаждением кристаллов фосфата кальция.

Кальциевый индекс

Кальциноз коронарных артерий является достаточно характерной находкой в современной популяции, особенно у возрастных и курящих пациентов [7]. В 1990 г. Agatston et al. предложили стандартизованный метод оценки кальциноза коронарных артерий, названный его именем [1].

Показатель рассчитывается на изображениях как сумма площади включений кальция плотностью выше 130 единиц Хаунсфилда (HU), умноженная на фактор плотности. Фактор плотности зависит от максимального показателя плотности в зоне интереса: фактор 1 — 130–199 HU, фактор 2 — 200–299 HU, фактор 3 — 300–399 HU, фактор 4 — более 400 HU. Толщина среза, как правило, составляет 3 мм. Таким образом, участки с наибольшей плотностью имеют наибольший фактор плотности, что приводит к высокому кальциевому индексу. Показатель может варьировать из-за артефактов свечения, которые могут завышать значения у маленьких по размеру кальцинатов. Поэтому важно соблюдать методику по ширине срезов и интервалам между срезами.

Кальциевый индекс (КИ) считается наиболее сильным инструментом прогнозирования риска развития коронарной болезни сердца [5]. В связи с простотой выполнения, экономичностью и практически отсутствием противо-

показаний определение КИ получило широкое распространение, особенно при скрининге у пациентов с подозрением на наличие ИБС. Официальное признание значимости КИ произошло в 2010 г. с его включением в Руководство ACCF/АНА Guideline for Assessment of Cardiovascular Risk in Asymptomatic Adults. КИ получил 2А класс рекомендаций для использования у асимптомных пациентов промежуточного риска ИБС (10–20 % 10-летнего риска по Фремингемской шкале риска (ФШР) и у всех пациентов с диабетом старше 40 лет.

Критерии 2010 г. Appropriate Use Criteria (пересмотрены в 2013 г.) указывают на использование КИ у пациентов промежуточного риска и у пациентов низкого риска с отягощенным семейным анамнезом. Далее в 2013 г. авторы ACC/АНА Guideline on the Assessment of Cardiovascular Risk предположили, что КИ, вероятно, является самым эффективным инструментом оценки риска у пациентов с промежуточным риском [4] и оставило класс рекомендаций 2Б. Также в 2013 г. рекомендации ACC/АНА Guideline on the Treatment of Blood Cholesterol to Reduce Atherosclerotic Cardiovascular Risk in Adults указывают на то, что повышенный показатель КИ (≥ 300) может быть «дополнительным фактором» (класс 2Б) для принятия решения о лечении гиперлипидемии [16]. В 2016 г. European Society of Cardiology Guidelines on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice включил КИ во 2Б класс рекомендаций для оценки риска у бессимптомных пациентов [12]. Суммарная информация по рекомендациям использования КИ приведена в табл. 1.

КИ не рекомендуется использовать у пациентов с высоким риском, поскольку

Современные рекомендации по применению кальцевого индекса

Рекомендации	Группа пациентов	Класс рекомендаций
2010, ACC/AHA Risk Guidelines	10–20 % – промежуточный риск. Диабетики > 40 лет. 6–10 % низкий – промежуточный риск	2А 2А 2Б
2010, Appropriate Use Criteria	10–20 % – промежуточный риск. Низкий риск с семейным сердечно-сосудистым анамнезом. Высокий риск. Низкий риск	Обосновано. Обосновано. Сомнительно. Необосновано
2013, ACC/AHA Cholesterol and Risk Guidelines	Неопределенный риск после использования традиционных методов стратификации	2Б
2016, ESC Cardiovascular Disease Prevention Guideline	Группа риска в пределах 5–10 % по шкале SCORE	2Б

ку таким пациентам, как правило, уже назначено лечение или проводятся другие методы обследования [4].

Прогностическая ценность КИ была хорошо подтверждена в нескольких крупных исследованиях, включая Dallas Heart Study, Rotterdam Study, Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA) и Heinz-Nixdorf Recall Study [3–5, 15]. Исследования показали, что КИ является лучшим предиктором будущих событий среди населения в целом, лиц пожилого возраста и с диабетом. Он обеспечивает более надежное прогнозирование риска, чем толщина интимы-медиа сонных артерий, С-реактивный белок (в том числе высокочувствительный), лодыжечно-плечевой индекс и семейный анамнез.

Существуют исследования, которые подтвердили возможность пересмотра классических групп риска по ФШР после проведения КИ. При этом группа риска, куда изначально относился пациент, менялась на более низкую или более

высокую. Например, в крупном исследовании Heinz-Nixdorf Recall Study в группе высокого риска по ФШР (> 20 %) реальная 10-летняя частота событий у пациентов с КИ < 100 и 100–399 составила 4 и 11 % соответственно [14]. Это позволяло их отнести в низкую и промежуточную группы риска по коронарным событиям. А в группе промежуточного риска по ФШР (10–20 %) 10-летняя частота событий у пациентов с КИ < 100 и 100–399 составила 3 и 6 % соответственно, что также позволило реклассифицировать данные группы пациентов в более низкую категорию риска.

Интересным свойством оценки кальция является его высокая отрицательная прогностическая ценность. Различные исследования показали, что бессимптомные пациенты с нулевым уровнем КИ имеют низкий риск сердечно-сосудистых событий или смертности от всех причин в среднесрочной и долгосрочной перспективе [5]. В боль-

шом ретроспективном обзоре [14] был исследован КИ у 44 052 пациентов: частота сердечно-сосудистых событий у пациентов с КИ = 0 составила только 0,52 % в течение 5,6 года наблюдения. Пациенты без каких-либо клинических факторов риска, но с КИ ≥ 400 имели значительно более высокую частоту развития коронарных событий, чем пациенты с ≥ 3 фактора риска, но с КИ, равным 0 (коэффициент смертности 16,89 на 1000 человеко-лет против 2,72 на 1000 человеко-лет). С точки зрения первичного профилактического скрининга нулевой показатель КИ остается, возможно, единственным самым мощным «негативным фактором риска». Выявление нулевого КИ может иметь потенциальное экономическое значение при соответствующем использовании.

Согласно текущим рекомендациям по ведению пациентов с повышенным уровнем холестерина (2013 ACC/AHA guideline on the treatment of blood cholesterol to reduce atherosclerotic cardiovascular risk in adults), примерно половина взрослого населения для первичной профилактики атеросклероза имеет право на терапию статинами (58 млн взрослых, что на 13 млн больше по сравнению с предыдущими рекомендациями) [11]. Это приводит к разумным опасениям относительно чрезмерного использования статинов. Неоднократно высказывались предположения о разработке методов повышения точности оценки риска сердечно-сосудистых заболеваний, тем самым сужая область использования статинов.

В этом контексте КИ является не только высокоспецифическим маркером атеросклероза, но и эффективным инструментом для реклассификации рисков сердечно-сосудистых заболева-

ний. Кальциноз коронарных артерий отсутствует не только у бессимптомных пациентов (до 50 % среди бессимптомного взрослого населения США) [3], но и среди пациентов с высоким прогностическим риском на основе традиционных факторов риска (например, до 33 % лиц с 3 факторами риска имеют КИ = 0) [11]. Нулевой показатель КИ прогнозирует очень низкую 10-летнюю частоту коронарных событий: от 1,5 до 3 % у симптомных пациентов и до 0,52 % у бессимптомных пациентов. Это ставит под вопрос целесообразность назначения превентивной статинотерапии данной категории пациентов на протяжении 10–15 лет.

В настоящее время в Европе стартовало большое рандомизированное исследование ROBINSCA (Risk or Benefit IN Screening for Cardiovascular Disease), в котором планируется достичь размера выборки в 33 000 пациентов. Затем методом случайного распределения 1:1:1 будет выделено 3 группы: группа наблюдения (без вмешательств), профилактическое лечение на основе отнесения к группе риска (назначение статинов на основе значения SCORE ≥ 10 %) и профилактическое лечение на основе КИ (стандартная медицинская помощь для КИ < 100, назначение статинов для КИ 100–399 и назначение статинов в сочетании с ингибитором ангиотензинпревращающего фермента (АПФ) для КИ ≥ 400). Это исследование уже стартовало и должно завершиться примерно в 2022 г.

Кальциевый индекс и КТ органов грудной клетки без ЭКГ синхронизации

Высокое значение имеет возможность оценки коронарного кальция и опреде-

ления категории риска при выполнении низкодозовых КТ органов грудной клетки (ОГК) у пациентов при скрининге рака легкого. При этом отсутствует необходимость проведения дополнительных сканирований с электрокардиографической (ЭКГ) синхронизацией. Более того, совместный подсчет КИ и скрининг рака легкого при выполнении всего одного сканирования может положительно сказаться на экономических особенностях скрининговых программ.

В систематическом обзоре и мета-анализе Xie et al. [18] показали высокую сопоставимость подсчета КИ при КТ ОГК без синхронизации со стандартной методикой КИ. Основываясь на 5 исследованиях, авторы пришли к выводу, что при наличии выраженного кальциноза коронарных артерий КТ без синхронизации дает достаточно надежный результат при сравнении с КТ с ЭКГ синхронизацией. Однако они обнаружили, что обычная КТ дала ложноотрицательный результат у 8,8 % пациентов и занижала высокий индекс в 19,1 % случаев. Кроме того, на основе этих 5 исследований, включающих 34 028 бессимптомных пациентов, авторы также могли сделать вывод, что у асимптомных пациентов, которые проходили скрининговое обследование по программе рака легких, увеличение группы КИ было связано с увеличением риска сердечно-сосудистой смерти и с увеличением риска коронарных событий.

Одним из первых является исследование Kim et al. [18] на небольшой выборке пациентов (128 человек), в котором были показаны 91 % чувствительности, 89 % специфичности, 91 % положительной прогностической ценности, 93 % отрицательной прогностической ценности и 90 % точности при вы-

явлении $КИ > 0$ при КТ ОГК без ЭКГ синхронизации; коэффициент корреляции составил 0,892. Наиболее высокой степенью корреляции обладали реконструкции с толщиной срезов 2,5 мм по сравнению со срезами толщиной по 1 и 5 мм. Однако стоит также отметить, что в исследовании 57 % всех пациентов имели $КИ = 0$.

Budoff et al. оценивали сопоставимость значений КИ при стандартных КТ ОГК и КТ с ЭКГ синхронизацией и обнаружили отличные корреляции между 2 методиками подсчета ($r = 0,96$). Изображения для КИ с ЭКГ синхронизацией были получены на 64-срезовом КТ с интервалом 2,5 мм. Измеренная эффективная доза облучения с использованием этого метода составляла приблизительно 1 мЗв на пациента, однако коэффициент пересчета для грудной клетки использовался 0,014, что и привело к занижению эффективной дозы. Реконструкции из стандартных изображений КТ органов грудной клетки также проводились по 2,5 мм. Подсчет КИ проводился по шкале Агатстона. В этом исследовании использовались наиболее часто применяемые диапазоны КИ: 0, 1–100, 101–400 и > 400 . Корреляция значений КИ, полученных с помощью 2 методик, была превосходной (Agatston ICC = 0,96, объемный индекс ICC 0,97, $p < 0,0001$). Было отмечено, что расчетный КИ по КТ без ЭКГ синхронизации завышает значения по сравнению с классической методикой Агатстона. Статистический подсчет показал превосходное совпадение между 2 методами оценки КИ. Недостатком является небольшая выборка пациентов — всего 50 человек. В табл. 2 приведены основные характеристики исследований по изучению КИ на основе изображений КТ ОГК.

Таблица 1

Исследования по сопоставимости значений КИ, полученных по классической методике с ЭКГ синхронизацией и при КТ органов грудной клетки

Дизайн исследований	Budoff, 2011	Einstein, 2010	Kim, 2008	Kirsch, 2011	Wu, 2008
Количество пациентов	50	492	128	163	483
% мужчин	—	44	100	78	66
Тип КТ	64-МСКТ	16-ОФЭКТ 16-ПЭТ/КТ	40-МСКТ	16- и 64-МСКТ	16-МСКТ
Толщина срезов	2,5	—	2,5	5/3,0	3,0
% нулевого КИ	34	65	57	70	54
Оценка КИ	КИ + 4 группы	6 групп КИ	КИ	Визуально	КИ 4 группы КИ
Референсный метод КИ	КИ + 4 группы	6 групп КИ	КИ	КИ	КИ 4 группы КИ
Коэффициент совпадения	$r = 0,96$ $k = 0,9$	$k = 0,89$	$r = 0,89$	$r = 0,83$	$r = 0,95$ $k = 0,89$

В недавнем исследовании оценка КИ проводилась с использованием двухэнергетического компьютерного томографа с высоким питчем [8]. Было исследовано 185 пациентов, которым в дополнение к низкодозовой КТ ОГК проводилась нативная КТ с ЭКГ синхронизацией. При КТ ОГК использовались высокий питч 3,0 и быстрое время сканирования 0,28 с, а для КИ использовалось пониженное напряжение на трубке 100 кВ и 112 мАс. Как отмечают исследователи, это позволило добиться следующих средних величин дозовых нагрузок: для КТ ОГК — 0,97 мЗв, для КИ — 0,37 мЗв. Коэффициент пересчета использовался 0,017. Среди 185 пациентов КИ более 0 был у 111 пациентов. Совпадение между 2 методиками подсчета было почти идеальным (показатель $k = 0,95$, 95 % CI — 0,93–0,98). Это было первое исследование, которое использовало

высокие питч и высокое временное разрешение при оценке КИ, что отразилось в низких показателях дозовой нагрузки. Однако ограничением метода является также небольшое количество пациентов и сложность в воспроизводимости данного исследования (скорость вращения трубки 0,28 с и высокий питч недоступны в одноэнергетических томографах). Также в исследовании использовалась итеративная реконструкция при построении изображений для КИ, что может влиять на окончательный результат.

Дополнительно в мета-анализе Xi et al. [18] приводят 5 исследований, которые изучали прогностическую ценность КИ при КТ ОГК без ЭКГ синхронизации, было включено 34 028 бессимптомных пациентов. Среднее время наблюдения составило 45 мес. Никто из участников на момент КТ-исследования не имел в анамнезе истории или сим-

!!!

птомов сердечно-сосудистых заболеваний. В течение всего периода наблюдений произошло 207 коронарных смерти и 675 сердечно-сосудистых событий. В целом с увеличением значения КИ увеличивалась частота коронарных событий и смертности. К сожалению, в исследованиях не было данных по прогностической ценности групп риска по КИ; однако в 1 исследовании был указан почти 7-кратный риск сердечной смерти при КИ > 1000. Пациенты с нулевым КИ имели наименьшую частоту событий. В течение 45 мес произошло 47 смертей (0,55 %) среди 8487 пациентов с нулевым КИ и 72 коронарных события (1,3 %) у 5249 пациентов с нулевым КИ. Среди 6415 пациентов с положительным КИ произошло 160 сердечно-сосу-

дистых смертей (2,5 %), а среди 12 718 пациентов с подтвержденным кальцинозом коронарных артерий 570 (4,5 %) коронарных событий. Характеристики исследований приведены в табл. 3.

Заключение

На протяжении нескольких десятков лет накопилось большое количество доказательной информации не только о диагностической, но и прогностической ценности КИ. Данный метод в настоящее время с уверенностью занимает свою нишу среди методов по ранней доклинической диагностике ИБС, однако, несмотря на свою эффективность, нередко остается в стороне и не принимается во внимание врачами-клиницистами. Следует учесть, что метод

Таблица 3

Исследования по изучению прогностической ценности значений КИ, полученных по КТ органов грудной клетки

Исследования	Наблюдение, мес	Метод подсчета	Группы риска	Число событий/число в группе	Риск событий
Itani, 2004	48	Наличие/отсутствие кальциноза	КИ = 0 КИ > 0	4/4914 (0,08 %) 10/1206 (0,83 %)	— —
Jacobs, 2011	18	Визуальный подсчет	0 1–2 3–5 6–12	65/3435 (1,8 %) 113/2498 (4,5 %) 149/2603 (5,7 %) 191/1874 (10,2 %)	1,0 2,8 3,8 6,9
Jacobs, 2012	10	4 группы риска КИ	КИ 0 КИ 1–100 КИ 101–1000 КИ >1000	10/1814 (0,6 %) 27/2191 (1,2 %) 32/2267 (1,4 %) 58/1285 (4,5%)	1,0 1,8 1,9 5,3
Shemesh, 2010	72	Визуальный подсчет	0 1–3 4–12	43/3573 (1,2 %) 66/3589 (1,8 %) 84/1640 (5,1 %)	1,0 1,6 4,7
Sverzellati, 2012	36	2 группы КИ	КИ ≤ 400 КИ > 400	26/1079 (2,4 %) 7/80 (8,8 %)	1,0 2,9

включен в американские и европейские рекомендации по диагностике ИБС, она доказала свою высокую прогностическую ценность, особенно при КИ = 0, и может служить отправной точкой в изменениях рекомендаций по назначению статинов бессимптомным пациентам. Подсчет КИ после реконструкции изображений КТ органов грудной клетки не уступает по точности стандартной методике по Агатстону с ЭКГ синхронизацией как по абсолютным значениям, так и при отнесении пациентов к той или иной группе риска по КИ 0, 1–100, 101–400, 401–1000 и > 1000. Сочетание КТ органов грудной клетки (в том числе низкодозной) с подсчетом КИ может значительно усиливать значимость и эффективность скрининговых программ не только с диагностической, но и с экономической точки зрения. Одновременное раннее выявление таких социально значимых заболеваний, как рак легких и ишемическая болезнь сердца, является перспективным этапом дальнейшего развития современной радиологии.

Список литературы

1. Agatston A. S., Janowitz W. R., Hildner F. J. et al. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography // J. Am. Coll. Cardiol. 1990. V. 15. № 4. P. 827–832.
2. Benjamin E. J., Virani S. S., Callaway C. W. et al. Heart disease and stroke statistics: 2018 update — a report from the American Heart Association // Circ. 2018. V. 137. № 12. P. 67–49.
3. Detrano R., Guerci A. D., Carr J. J. et al. Coronary calcium as a predictor of coronary events in four racial or ethnic groups // N. Engl. J. Med. 2008. V. 358. № 13. P. 1336–1345.
4. Goff Jr. D. C., Lloyd-Jones D. M., Bennett G. et al. 2013 ACC/AHA guideline on the assessment of cardiovascular risk // J. Am. Coll. Cardiol. 2014. V. 63. № 25. Pt. B. P. 2935–2959.
5. Greenland P., Blaha M. J., Budoff M. J. et al. Coronary calcium score and cardiovascular risk // J. Am. Coll. Cardiol. 2018. V. 72. № 4. P. 434–444.
6. Han D., Lee J. H., Hartaigh B. Ó., Min J. K. Role of computed tomography screening for detection of coronary artery disease // Clin. Imag. 2016. V. 40. № 2. P. 307–10.
7. Hecht H. S., Cronin P., Blaha M. J. et al. 2016 SCCT/STR guidelines for coronary artery calcium scoring of noncontrast noncardiac chest CT scans: A report of the society of cardiovascular computed tomography and society of thoracic radiology // J. Thorac. Imaging. 2017. V. 32. № 5. P. 54–66.
8. Hutt A., Duhamel A., Deken V. et al. Coronary calcium screening with dual-source CT: reliability of ungated, high-pitch chest CT in comparison with dedicated calcium-scoring CT // Eur. Radiol. 2016. V. 26. № 6. P. 1521–8.
9. Liu W., Zhang Y., Yu C.-M. et al. Current understanding of coronary artery calcification // J. Geriatr. Cardiol. 2015. V. 12. № 6. P. 668–675.
10. Otsuka F., Sakakura K., Yahagi K., Joner M., Virmani R. Has our understanding of calcification in human coronary atherosclerosis progressed? // Arterioscler Thromb. Vasc. Biol. 2014. V. 34. № 4. P. 724–736.
11. Pencina M. J., Navar-Boggan A. M., D'Agostino R. B. et al. Application of new cholesterol guidelines to a population-based sample // N. Engl. J. Med. 2014. V. 370. № 15. P. 1422–1431.
12. Piepoli M. F., Hoes A. W., Agewall S. et al. European guidelines on cardiovascular

- disease prevention in clinical practice // *Eur. Heart. J.* 2016. V. 37. № 29. P. 2315–2381.
13. *Pursnani A., Massaro J. M., D'Agostino R. B. et al.* Guideline-based statin eligibility, coronary artery calcification, and cardiovascular events // *JAMA.* 2015. V. 314. № 2. P. 134–4.
 14. *Sandfort V., Bluemke D. A.* CT calcium scoring. History, current status and outlook // *Diagn. Interv. Imag.* 2017. V. 98. № 1. P. 3–10.
 15. *Shemesh J.* Coronary artery calcification in clinical practice: what we have learned and why should it routinely be reported on chest CT? // *Ann. Transl. Med.* 2016. V. 4. № 8. P. 159.
 16. *Stone N. J., Robinson J., Lichtenstein A. H. et al.* American college of cardiology/american heart association task force on practice guidelines. 2013 ACC/AHA guideline on the treatment of blood cholesterol to reduce atherosclerotic cardiovascular risk in adults: a report of the American college of cardiology/American heart association task force on practice guidelines // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2014. V. 63. № 25. Pt. B. P. 2889–2934.
 17. *Taibi F., Metzinger-Le Meuth V., Massy Z. A., Metzinger L.* MiR-223: An inflammatory oncomiR enters the cardiovascular field // *Biochim. Biophys. Acta.* 2014. V. 1842. № 7. P. 1001–1009.
 18. *Xie X., Zhao Y., de Bock G. H. et al.* Validation and prognosis of coronary artery calcium scoring in nontriggered thoracic computed tomography // *Circ. Cardiovasc. Imag.* 2013. V. 6. № 4. P. 514–521.
 19. *Tomiyama H., Nakamura H., Nakamura T. et al.* Coronary artery calcium scoring by computed tomography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1990. V. 15. No. 4. P. 827–32.
 20. *Benjamin E. J., Virani S. S., Callaway C. W. et al.* Heart disease and stroke statistics: 2018 update – a report from the american heart association // *Circ.* 2018. V. 137. No. 12. P. 67–49.
 21. *Detrano R., Guerci A. D., Carr J. J. et al.* Coronary calcium as a predictor of coronary events in four racial or ethnic groups. *N. Engl. J. Med.* 2008. V. 358. No. 13. P. 1336–1345.
 22. *Goff Jr. D. C., Lloyd-Jones D. M., Bennett G. et al.* 2013 ACC/AHA guideline on the assessment of cardiovascular risk. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2014. V. 63. No. 25 Pt. B. P. 2935–2959.
 23. *Greenland P., Blaha M. J., Budoff M. J. et al.* Coronary calcium score and cardiovascular risk // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018. V. 72. No. 4. P. 434–444.
 24. *Han D., Lee J. H., Hartaigh B. Ó., Min J. K.* Role of computed tomography screening for detection of coronary artery disease. *Clin Imaging.* 2016. V. 40. No. 2. P. 307–310.
 25. *Hecht H. S., Cronin P., Blaha M. J. et al.* 2016 SCCT/STR guidelines for coronary artery calcium scoring of noncontrast noncardiac chest CT scans: A report of the society of cardiovascular computed tomography and society of thoracic radiology. *J. Thorac. Imag.* 2017. V. 32. No. 5. P. 54–66.
 26. *Hutt A., Duhamel A., Deken V. et al.* Coronary calcium screening with dual-source CT: reliability of ungated, high-pitch chest CT in comparison with dedicated calcium-scoring CT. *Eur. Radiol.* 2016. V. 26. No. 6. P. 1521–1528.
 27. *Liu W., Zhang Y., Yu C.-M. et al.* Current understanding of coronary artery calcification. *J. Geriatr. Cardiol.* 2015. V. 12. No. 6. P. 668–675.

References

1. *Agatston A. S., Janowitz W. R., Hildner F. J. et al.* Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed

10. *Otsuka F., Sakakura K., Yahagi K., Joner M., Virmani R.* Has our understanding of calcification in human coronary atherosclerosis progressed? *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 2014. V. 34. No. 4. P. 724–736.
11. *Pencina M. J., Navar-Boggan A. M., D'Agostino R. B. et al.* Application of new cholesterol guidelines to a population-based sample. *N. Engl. J. Med.* 2014. V. 370. No. 15. P. 1422–1431.
12. *Piepoli M. F., Hoes A. W., Agewall S. et al.* European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *Eur. Heart. J.* 2016. V. 37. No. 29. P. 2315–2381.
13. *Pursnani A., Massaro J. M., D'Agostino R. B. et al.* Guideline-based statin eligibility, coronary artery calcification, and cardiovascular events. *JAMA.* 2015. V. 314. No. 2. P. 134–134.
14. *Sandfort V., Bluemke D. A.* CT calcium scoring. History, current status and outlook. *Diagn. Interv. Imaging.* 2017. V. 98. No. 1. P. 3–10.
15. *Shemesh J.* Coronary artery calcification in clinical practice: what we have learned and why should it routinely be reported on chest CT? *Ann Transl. Med.* 2016. V. 4. No. 8. P.159.
16. *Stone N. J., Robinson J., Lichtenstein A. H. et al.* American college of cardiology/american heart association task force on practice guidelines. 2013 ACC/AHA guideline on the treatment of blood cholesterol to reduce atherosclerotic cardiovascular risk in adults: a report of the American college of cardiology/American heart association task force on practice guidelines. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2014. V. 63. No. 25. Pt B. P. 2889–2934.
17. *Taibi F., Metzinger-Le Meuth V., Massy Z.A., Metzinger L.* MiR-223: An inflammatory oncomiR enters the cardiovascular field. *Biochim. Biophys. Acta.* 2014. V. 1842. No. 7. P. 1001–1009.
18. *Xie X., Zhao Y., de Bock G. H. et al.* Validation and prognosis of coronary artery calcium scoring in nontriggered thoracic computed tomography. *Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2013. V. 6. No. 4. P. 514–521.

Сведения об авторах

Журавлев Кирилл Николаевич, врач-рентгенолог, заведующий отделением лучевой диагностики ГБУЗ «Городская клиническая больница им. И. В. Давыдовского Департамента здравоохранения города Москвы».

Адрес: 109240, г. Москва, ул. Яузская, д. 11.
Тел.: +7(495) 915-38-61. Электронная почта: kir232@mail.ru
ORCID.org/0000-0003-1733-267X

Zhuravlev Kirill Nikolaevich, Radiologist, Head of Radiology Department, I. V. Davidovsky Clinical Hospital, Moscow.

Address: 11, ul. Yauzskaja, Moscow, 109240, Russia.
Phone number: +7 (495) 915-38-61. E-mail: kir232@mail.ru
ORCID.org/0000-0003-1733-267X

Синицын Валентин Евгеньевич, доктор медицинских наук, профессор, факультет фундаментальной медицины, заведующий кафедрой лучевой диагностики, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова».

Адрес: 119991, г. Москва, ул. Ленинские Горы, д. 1.
Тел.: +7 (495) 932-88-14. Электронная почта: vsini@mail.ru
ORCID.org/0000-0002-5649-2193

Sinitsyn Valentin Yevgenievich, M. D. Med., Ph. D. Med., Professor, Chair of Radiology (Faculty of Fundamental Medicine), Lomonosov Moscow State University.

Address: 1, ul. Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia.
Phone number: +7 (495) 932-88-14. E-mail: vsini@mail.ru
ORCID.org/0000-0002-5649-2193

Шпектор Александр Вадимович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой неотложной кардиологии ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.

Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.
Тел.: +7(495) 611-01-77. Электронная почта: moscowcardio_23@yahoo.com
ORCID.org/0000-0001-6190-6808

Shpektor Alexander Vadimovich, M. D. Med., Ph. D. Med., Professor, Chair of Faculty of Emergency Cardiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia.
Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.
Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: moscowcardio_23@yahoo.com
ORCID.org/0000-0001-6190-6808

Финансирование исследования и конфликт интересов.

Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.