

Диагностическая ценность кальциевого индекса при выполнении стандартной и низкодозовой компьютерной томографии органов грудной клетки без электрокардиографической синхронизации

К. Н. Журавлев*,¹, В. Е. Синуцын²

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

Coronary Calcium Screening with Non-Gated Standard and Low-Dose Chest Computed Tomography in Comparison to Electrocardiographic-Gated Calcium Scoring

K. N. Zhuravlev*,¹, V. E. Sinitsyn²

¹ I. V. Davidovsky Clinical Hospital, Moscow

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Fundamental Medicine

Реферат

Кальциноз коронарных артерий является характерным признаком коронарного атеросклероза, который часто выявляется на компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки. Целью этого исследования являлась оценка сопоставимости значений кальциевого индекса (КИ), рассчитанных по данным КТ органов грудной клетки без электрокардиографической (ЭКГ) синхронизации по сравнению с классической методикой КИ. 425 пациентам была выполнена КТ органов грудной клетки и КИ: 214 пациентам — по стандартному протоколу КТ, 211 пациенту — по низкодозному. Оценивались совпадения по абсолютным значениям КИ по Агатстону и по стратификации пациентов по 5 категориям риска. Корреляция между значениями КИ, полученными классическим методом, и по данным КТ органов грудной клетки оказалась достаточно высокой ($r = 0,985$). Она оставалась высокой даже после исключения из анализа значений КИ = 0 ($r = 0,975$). Степень совпадения по страти-

* 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 Department of Radiology, I. V. Davidovsky Clinical Hospital, Moscow Healthcare Department.

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

фикации значений КИ по группам риска оказалась также достаточно высокой с коэффициентом сопряженности каппа $k = 0,885$. Исследование показало, что КИ может быть подсчитан по КТ органов грудной клетки с высокой степенью корреляции с классическим КИ как по абсолютным значениям, так и при стратификации по группам риска.

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

Abstract

Coronary artery calcification (CAC) is a recognized marker of coronary atherosclerosis. It is frequently detected on chest computed tomography (CT). The purpose of this study was to evaluate the correlation between the coronary calcium scoring values obtained with gated CT and with non-gated standard and low-dose chest CT. 425 consecutive patients prospectively studied with non-gated chest CT: 214 patients with the standard CT protocol and 211 patients with the low-dose one. Values of Agatston calcium score and stratification of patients into five calcium score risk categories were compared with the reference data from gated cardiac CT group. The correlation between CAC scores obtained with gated and non-gated CT was high ($r = 0,977$ for standard CT and $0,988$ for low-dose CT). It remained high after exclusion from analysis the values of CAC score = 0 ($r = 0,975$ and $0,986$, resp.). Categorization of patients into the five calcium score risk groups was also high for the both chest CT protocols (kappa $0,877$ and $0,892$, resp.). The study shows that analysis of CAC and the risk stratification of the screened patients is feasible with help of non-gated chest CT.

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

Актуальность

Сердечно-сосудистые заболевания, среди которых половину всех смертей составляет ишемическая болезнь сердца (ИБС), являются основной причиной смертности во всем мире [3]. Примерно у половины пациентов самым первым проявлением ИБС является либо инфаркт миокарда, либо внезапная смерть [3]. К сожалению, традиционная оценка факторов риска может быть использована для прогноза только 65–80 % будущих сердечно-сосудистых событий. Поскольку атеросклероз является основной причиной развития ИБС, выявление лиц с субклиническим течением заболевания с помощью других методов диагностики может значительно улучшить стратификацию групп риска и более четко идентифицировать пациентов с высоким риском развития коронарных событий.

Скрининговые методы, направленные на раннее выявление рака молочной железы, рака толстой кишки, а в последнее время и рака легких, хорошо 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 [4, 7].

Кальциноз коронарных артерий является достаточно характерной находкой в современной популяции, особенно у возрастных и курящих пациентов [9]. В 1990 г. Agatston et al. [1] предложил стандартизованный метод оценки кальциноза коронарных артерий, названный его именем. Изначально кальциевый ин-

декс (КИ) оценивался с помощью электронно-лучевой компьютерной томографии (ЭЛКТ), однако мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) постепенно заменила устаревший метод и сейчас является методом выбора для оценки кальциноза коронарных артерий. Официальное признание значимости КИ произошло в 2010 г. с его включением в руководство American College of Cardiology Foundation/American Heart Association (ACCF/АНА) Guideline for Assessment of Cardiovascular Risk in Asymptomatic Adults [7]. 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.

В 2013 г. ACC/АНА Guideline on the Assessment of Cardiovascular Risk предположило, что КИ, вероятно, является самым эффективным прогностическим инструментом у пациентов с промежуточным риском [6]. В 2016 г. Европейское общество кардиологов включило КИ 2Б класс рекомендаций для оценки риска у бессимптомных пациентов, что отражено в ESC Guidelines on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice [11]. КИ является независимым предиктором риска больших коронарных событий, более чувствительным не только по сравнению с С-реактивным белком и толщиной интима-медиа сонных артерий, но даже по сравнению с ФШР. 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 [7]. Даже у симптомных пациентов показано, что нулевой КИ может достоверно прогнозировать очень низкий годовой риск коронарных событий < 1 %.

Несмотря на простоту выполнения и отсутствие противопоказаний ограничения метода является воздействие ионизирующего облучения пациента, необходимость ЭКГ синхронизации и дополнительная стоимость исследований. При анализе КТ органов грудной клетки и поиске подозрительных очаговых изменений коронарный кальциноз является достаточно частой находкой и может встречаться от 40 до 80 % случаев [9]. Высокое практическое значение имеет возможность оценки коронарного кальция и определения категории риска при выполнении стандартных и низкодозовых КТ органов грудной клетки (КТ ОГК). При этом отсутствует необходимость проведения дополнительных сканирований с ЭКГ-синхронизацией. Совместный подсчет КИ и анализ КТ ОГК при выполнении всего одного сканирования может положительно сказаться на экономической эффективности скрининговых программ, в том числе в программах скрининга рака легкого. Существует огромный неиспользуемый потенциал по скринингу сердечно-сосудистых заболеваний среди множества ежегодных исследований органов грудной клетки без дополнительного облучения пациентов, дополнительной стоимости или других ограничений со стороны пациентов. Актуальным является вопрос о возможности использования стандартных и низкодозовых протоколов КТ ОГК при определении КИ и соответствии полученных результатов со

стандартной методикой по Агатстону. Однако в настоящее время характер и результаты немногочисленных исследований, проведенных в этой области, достаточно противоречивы [8].

Учитывая скрининговый потенциал КИ, целью нашей работы было оценить диагностическую ценность подсчета КИ при стандартных и низкодозовых протоколах КТ органов грудной клетки, провести анализ полученных результатов в сравнении со стандартной методикой КИ по Агатстону с ЭКГ синхронизацией, провести анализ результатов в отношении дозовой нагрузки.

Материалы и методы

В исследование были включены пациенты, которым за период с ноября 2017 г. по июнь 2018 г. выполнялись КТ органов грудной клетки и КИ. Пациенты с коронарной реваскуляризацией в анамнезе или с электродами от ЭКС или дефибрилляторов в грудной полости были в дальнейшем исключены из исследования. Все КТ-исследования выполнены на 80-рядном компьютерном томографе Aquilion Prime (Toshiba, Япония). Областью сканирования при КТ ОГК являлась вся грудная клетка, а КИ с ЭКГ-синхронизацией — расстояние от бифуркации трахеи до верхушки сердца. При стандартной методике КИ по Агатстону проводилось проспективное сканирование с ЭКГ-синхронизацией в фазу 75 % между зубцами R-R. Исследования проводились в краниокаудальном направлении в положении пациента на спине, с задержкой дыхания. Полученные реконструкции изображений отправлялись на рабочую станцию Vitrea для дальнейшего анализа. Дозовая нагрузка учитывалась отдельно для КИ и КТ ОГК по показателям DLP, а для

расчета эффективной дозы облучения использовался коэффициент 0,017. КИ рассчитывался с помощью приложения «Ca score» на рабочей станции Vitrea. Оценивались как абсолютные значения, так и их распределение по стратификационным группам риска, отраженные в рекомендациях АНА/АСС 2010: очень низкий риск (КИ = 0), средний риск (1–100), умеренно высокий риск (101–400), высокий риск (401–1000), очень высокий риск (> 1000). Поскольку пациентам проводилась стандартная КТ ОГК или низкодозовая КТ ОГК (НДКТ ОГК) с дальнейшим подсчетом КИ по реконструкциям изображений, то дополнительно проводился расчет коэффициентов корреляции между этими двумя группами со сравнением друг с другом.

Дополнительно статистический анализ проводился как с нулевыми значениями КИ, так и без нулевых значений КИ, поскольку нулевые значения КИ по определению будут совпадать друг с другом при вычислении коэффициентов корреляции или составлении таблиц сопряженности.

Коэффициент корреляции между значениями, полученными двумя методами, рассчитывался по методу Спирмена для непараметрических критериев (r — коэффициент корреляции). Степень совпадения по отношению полученных значений КИ по группам оценивалась с помощью коэффициента Коэна каппа k — статистическая мера соглашения для качественных (категорических) пунктов и таблиц сопряженности. При анализе степени совпадения исходили из следующей градации: значение $k < 0$ — нет совпадения; 0,0–0,2 — слабое совпадение; 0,21–0,4 — небольшое совпадение; 0,41–0,6 — среднее совпадение; 0,61–0,8 — хорошее совпадение; 0,81–1 — почти идеальное совпа-

дение. Уровень достоверности считался в 95 %-ном доверительном интервале.

Результаты и обсуждение

425 пациентам за период с ноября 2017 г. по июнь 2018 г. были выполнены КТ органов грудной клетки в сочетании с КИ. 398 исследований КТ было включено в окончательный анализ после исключения 27 пациентов из общей выборки по причине коронарной реваскуляризации в анамнезе (аортокоронарное шунтирование (АКШ) или стентирование коронарных артерий). Средний воз-

раст пациентов составил $65,61 \pm 13,13$ года. Количество мужчин составило 192 (48 %) xtkjdtf. Среднее значение КИ у мужчин составило $382,03 \pm 621,6$, у женщин — $200,38 \pm 403,1$ ($p = 0,00055$). Количество пациентов с нулевым КИ составило 108 (27 %) человек: 40 (37 %) мужчин и 68 (67 %) женщин.

Коэффициенты корреляции по значениям КИ оказались достаточно высокими как с учетом, так и без учета нулевых значений КИ: общий коэффициент корреляции с нулевыми значениями составил $r = 0,985$ ($p < 0,05$) (рис. 1).

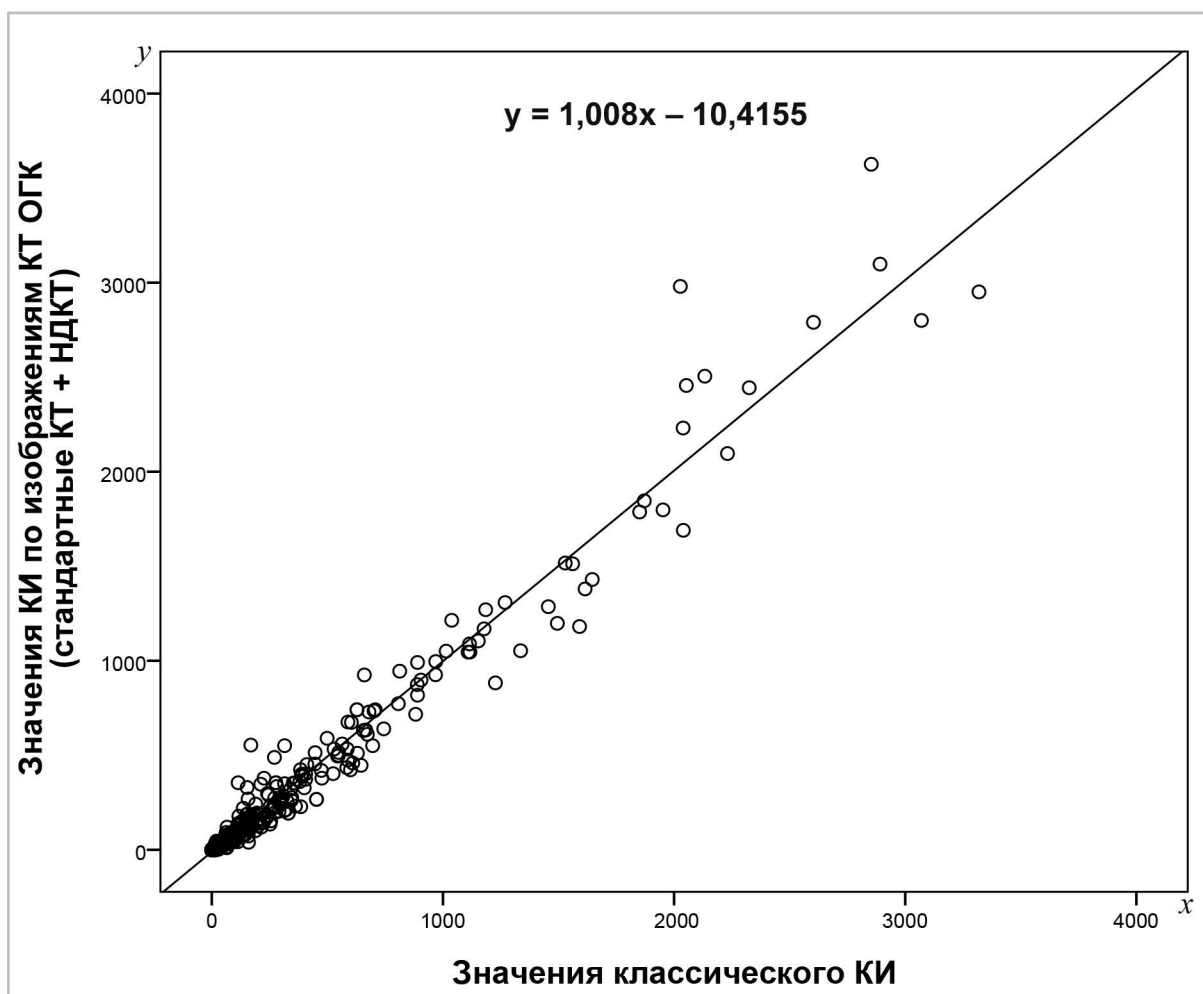


Рис. 1. Корреляционная зависимость значений КИ, рассчитанных по классической методике (ось x) и по реконструкциям изображений КТ органов грудной клетки (стандартная КТ ОГК + НДКТ ОГК) (ось y) с учетом нулевых значений ($r = 0,985$)

Из 398 исследований выполнено 202 стандартных КТ ОГК и 196 НД КТ ОГК. При расчете коэффициентов по отдельности для группы стандартной КТ ОГК (рис. 2) и НДКТ ОГК (рис. 3) значения также оказались достаточно высокими и существенно не различались.

В общей выборке у 109 (27 %) пациентов КИ был равен 0. 12 нулевых значений КИ, полученных расчетным методом, оказались ложноотрицательными, а чувствительность методики составила 96 % по выявлению кальциноза коронарных артерий

по сравнению с классическим КИ с ЭКГ-синхронизацией. Все значения, которые не совпали с нулевым значением, находились в диапазоне от 1 до 17 (среднее значение 4,75). Специфичность составила 99 %.

Степень совпадения значений КИ при распределении пациентов по группам риска оказалась также достаточно высокой (рис. 4).

Степень совпадения между двумя методами по отнесению пациентов в ту или иную группу риска оказалась достаточно высокой с коэффициентом со-

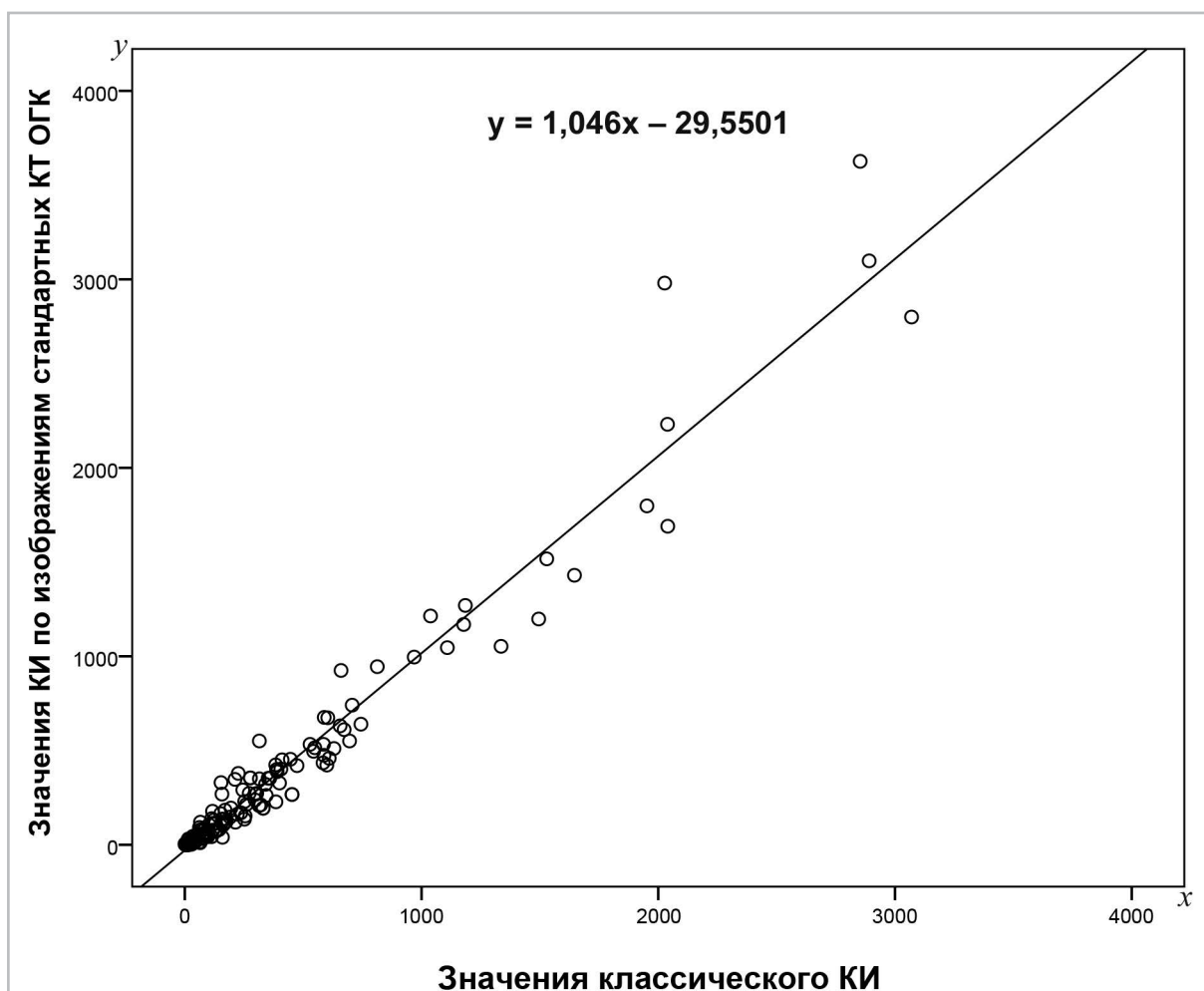


Рис. 2. Корреляционная зависимость значений КИ, рассчитанных по классической методике (ось x) и по реконструкциям изображений стандартной КТ органов грудной клетки (ось y) без учета нулевых значений ($r = 0,97$)

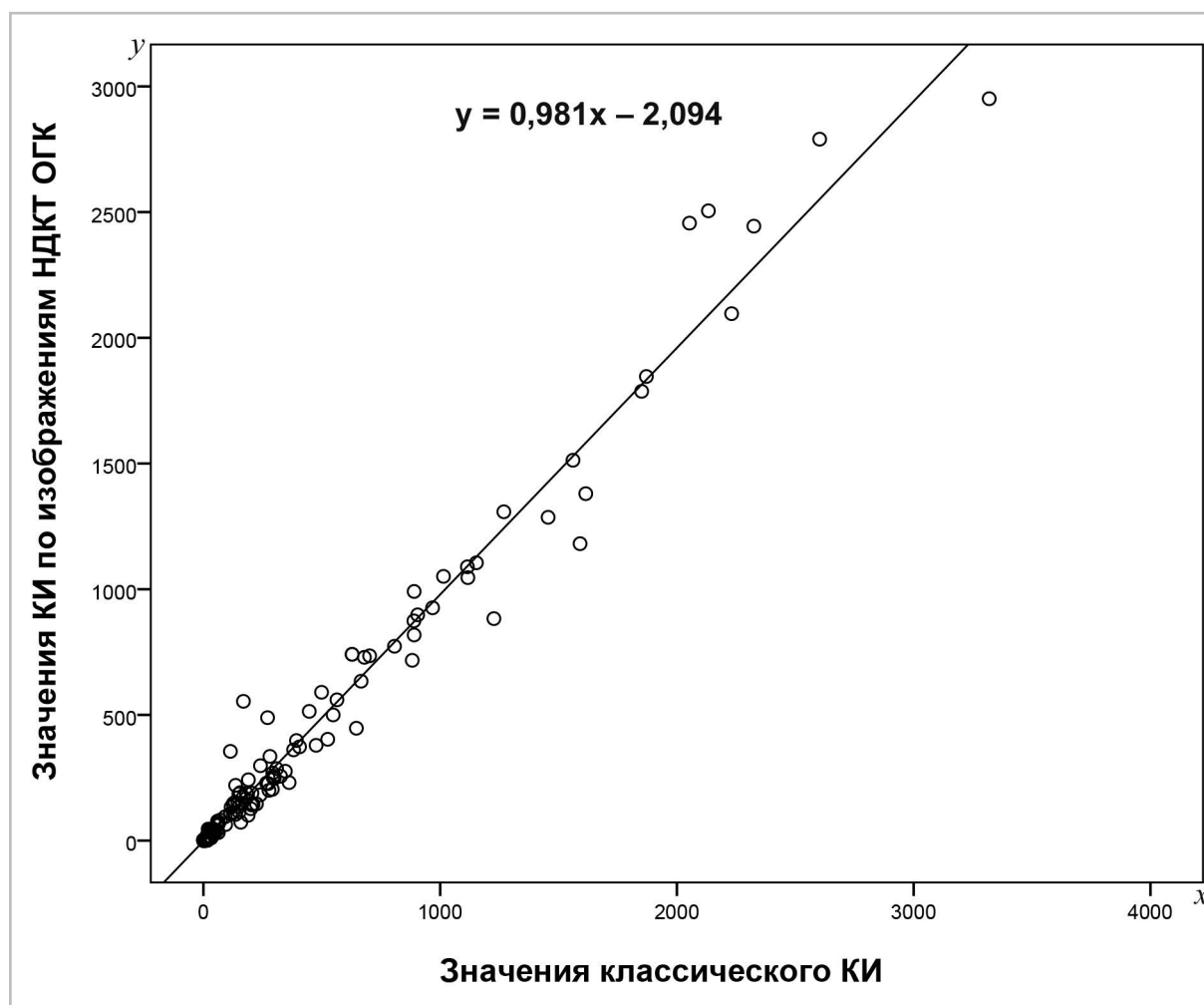


Рис. 3. Корреляционная зависимость значений КИ, рассчитанных по классической методике (ось x) и по реконструкциям изображений НДКТ ОГК (ось y) без учета нулевых значений ($r = 0,979$)

пряженности $k = 0,885$ и представлена в таблице (см. с. 16).

В целом 35 (8,8 %) пациентов реклассифицированы в отличную от классической методики группу риска. Все несовпадения ограничивались соседней выше- или нижележащей группой сердечно-сосудистого риска: 28 случаев в нижележащую категорию и 7 случаев в вышележащую категорию. Количество несовпадений в группе стандартной КТ ОГК составило 19 случаев, а в группе НДКТ ОГК – 16 случаев. Средняя раз-

ница между всеми несовпавшими значениями составила 72,57 с диапазоном 1–385. Если распределить разницу несовпавших значений по группам риска, то окажется, что наименьшая разница будет в группах 0 и 1–100.

Средняя дозовая нагрузка при выполнении КИ составила $1,45 \pm 0,15$ мЗв, при выполнении КТ ОГК – $3,09 \pm 0,93$ мЗв, при выполнении стандартной КТ ОГК – $0,93 \pm 0,26$ мЗв. При выполнении КТ органов грудной клетки в сочетании с КИ средние дозовые показатели для

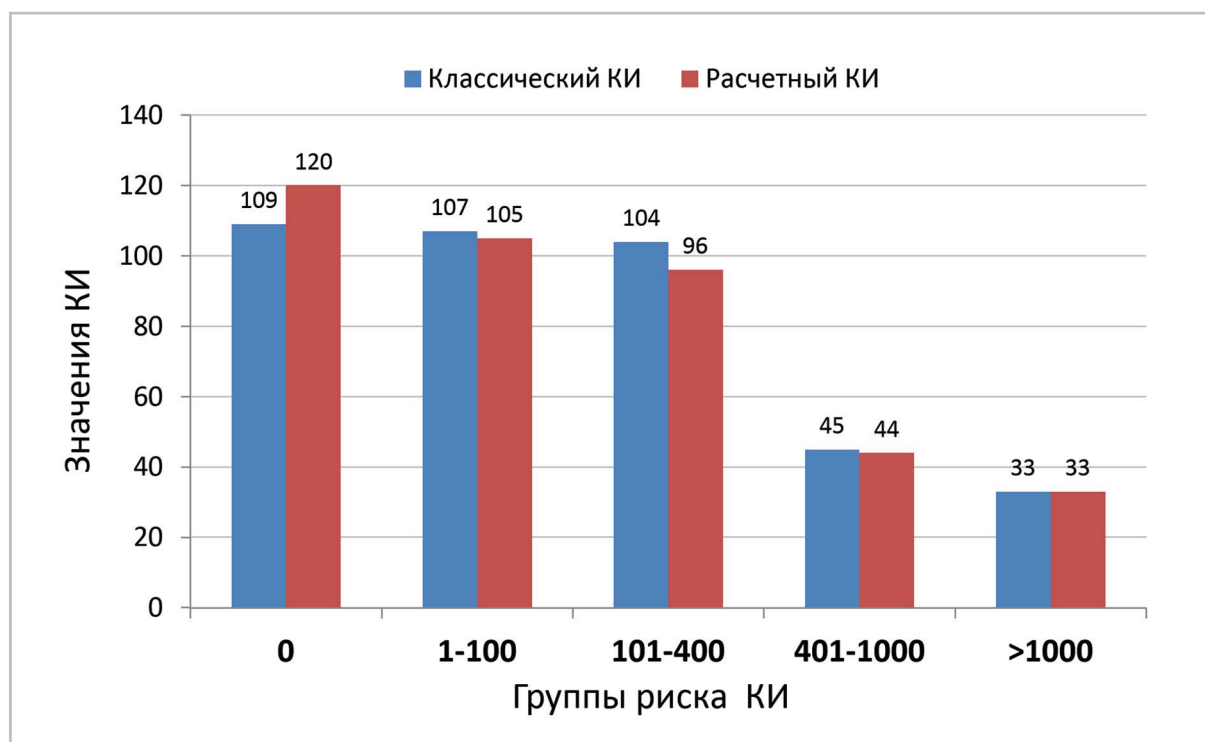


Рис. 4. Распределение количества пациентов по группам значений КИ в зависимости от методики подсчета

стандартной и НД КТ ОГК составили $4,52 \pm 0,97$ и $2,39 \pm 0,33$ мЗв соответственно. Статистически значимыми ($p < 0,01$) оказались различия в дозовых нагрузках не только между КТ ОГК с КИ и без КИ, но также между дозовой нагрузкой при КИ с ЭКГ-синхронизацией и НДКТ ОГК (рис. 5).

Обсуждение

Количество выполненных КТ органов грудной клетки растет из года в год по всему миру, в том числе за счет признания эффективности низкодозной КТ в скрининге рака легкого. Однако сердечно-сосудистые заболевания до сих пор занимают первое место среди причин смерти и инвалидизации населения. В связи с этим выявление субклинического атеросклероза и таргетная превентивная терапия становятся новыми

и актуальными задачами у пациентов, проходящих КТ-скрининг рака легких. В последнее время большой интерес вызывает возможность подсчета КИ по обычным КТ органов грудной клетки без ЭКГ-синхронизации.

При сопоставлении значений КИ, полученных двумя методами, была показана достаточно высокая корреляция между значениями КИ при стандартном подсчете с ЭКГ-синхронизацией и после реконструкций изображений КТ ОГК. Это согласуется с данными литературы [12], где также была показана высокая корреляция: у разных авторов от 0,83 до 0,98. Наиболее высокая степень совпадения с $r = 0,96-0,98$ была описана в работах Budoff et al. [12] и Arcadi et al. [2]. Однако в обеих работах количество пациентов было относительно небольшим, 50 и 60 пациентов соответственно.

Общая таблица сопряженности по отнесению значений КИ в группы риска (с нулевыми значениями) ($k = 0,885$)

Значения КИ		Значения КИ, полученные по изображениям КТ ОГК					Всего
		0	1-100	101-400	401-1000	> 1000	
Значения классического КИ	0	108	1	0	0	0	109
	1-100	12	94	1	0	0	107
	101-400	0	10	90	4	0	104
	401-1000	0	0	5	39	1	45
	> 1000	0	0	0	1	32	33
Итого		120	105	96	44	33	398

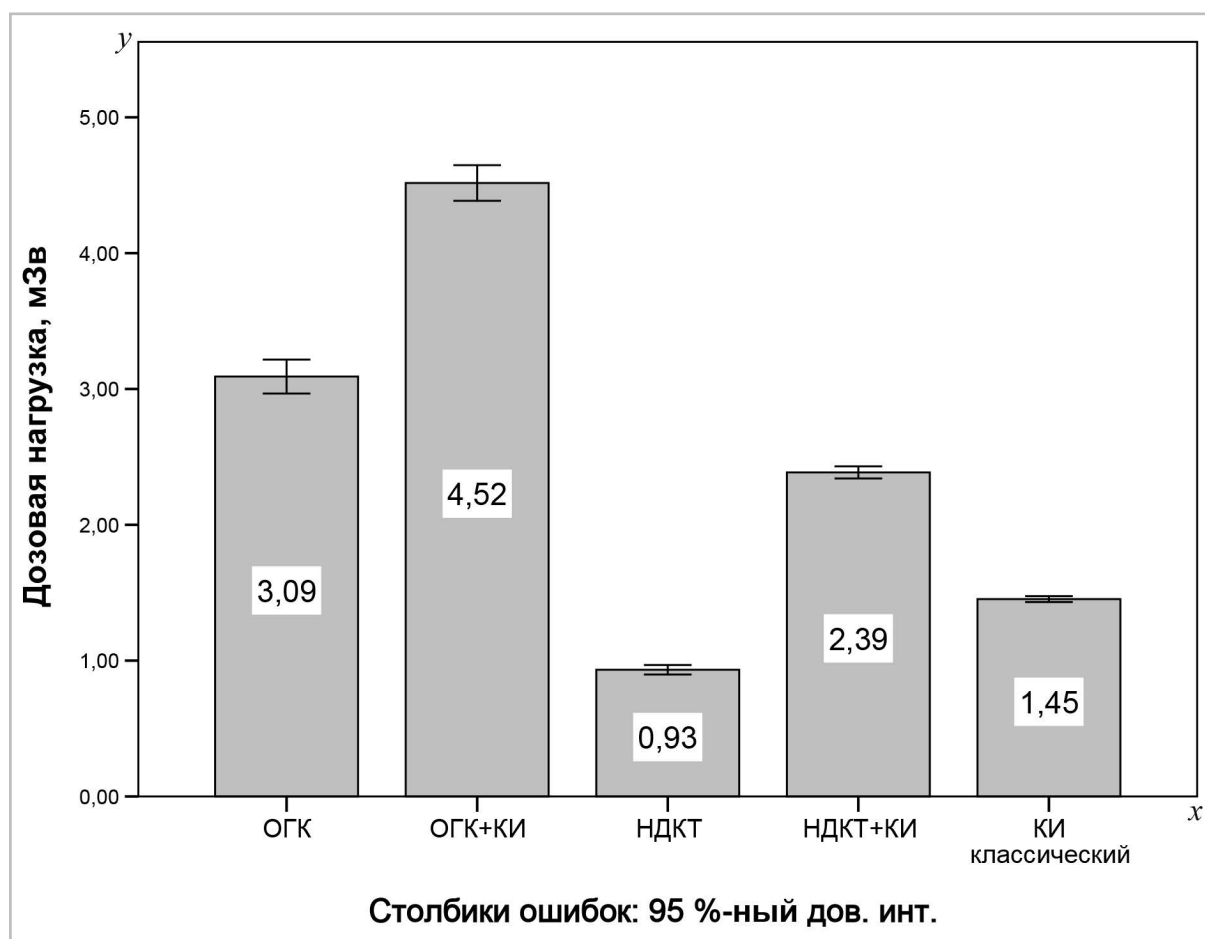


Рис. 5. Средние значения эффективных доз лучевой нагрузки (мЗв \pm 0,95 %-ный доверительный интервал (ДИ) при выполнении различных типов исследования: ОГК – КТ органов грудной клетки; ОГК + КИ – КТ органов грудной клетки в сочетании с КИ; НДКТ – низкодозовая КТ органов грудной клетки; НДКТ + КИ – низкодозовая КТ органов грудной клетки в сочетании с КИ; КИ классический – классический метод КИ с ЭКГ-синхронизацией

В данных исследованиях также учитывались и пациенты с КИ = 0, что могло повлиять на окончательный результат коэффициента корреляции. Так, в исследовании Wu et al. частота нулевого КИ составила 54 %, а в исследовании Budoff et al. — 34 % при относительно небольшой выборке пациентов (n = 50) [12]. В нашем случае при исключении из анализа пациентов с нулевым КИ степень корреляции осталась достаточно высокой.

Соотношение мужчин и женщин в нашем исследовании составило 48 и 52 % соответственно, с общим средним возрастом $65,61 \pm 13,13$ года. В целом среднее значение КИ у мужчин оказалось выше, чем у женщин ($p = 0,00055$), а нулевой КИ встречался чаще у женщин, чем у мужчин ($p = 0,0065$). Это подтверждается большим популяционным исследованием MESA [5]

При сравнении двух групп со стандартной и НД КТ ОГК значимых различий между коэффициентами корреляции нет. В литературе нет данных об исследованиях, которые проводили сравнение полученных значений КИ отдельно у стандартных и НДКТ ОГК. С одной стороны, ожидалось, что степень совпадения значений КИ, полученных по изображениям НДКТ, будет хуже из-за артефактов вследствие высоких значений «сигнал — шум». С другой стороны, скорость вращения рентгеновской трубки при НДКТ была выше, чем при стандартной КТ ОГК, что способствовало более быстрому получению изображений и снижало риск получения артефактов при нерегулярной ЧСС или экстрасистолии. В нашем исследовании различия в коэффициентах корреляции были минимальными. Соответственно возможен подсчет КИ

как по стандартным, так и по НДКТ ОГК без ощутимых различий между группами.

В настоящей работе распределение значений КИ по группам выглядело следующим образом: группа 1–100 — 27 %, 101–400 — 26 %, > 400 — 19 %. Примерно в таком же соотношении оказались и расчетные значения КИ. Доля нулевого КИ составила около 30 %. Это означает, что примерно в 30 % случаев значения расчетного КИ будут совпадать со значениями КИ с ЭКГ-синхронизацией. Поэтому в дальнейших расчетах проводился анализ результатов как с учетом, так и без учета нулевых значений для исключения заведомо достоверных совпадений. В литературе только в одной из работ было указано, что при анализе результатов были исключены значения КИ = 0. Однако Kim et al. [10] использовали визуальную оценку степени кальциноза на относительно небольшой выборке пациентов (n = 117).

Совпадение по группам КИ оказалось достаточно высоким и совпадает с данными других исследователей [12] и гораздо выше, чем у Arcadi et al. [2], у которого процент несовпадения достигал 38 %. Общее число несовпадений составило 35 (8,8 %) случаев, при этом разница между значениями составила в среднем 72,57 (1–385). Однако поскольку значения были в пограничных зонах групп, то это оказалось достаточным для их распределения значений КИ в соседнюю группу. Все случаи групповых несовпадений ограничивались не более чем одной группой и реклассифицировались в соседнюю ниже- или вышележащую группы.

В метаанализе Xie et al. [12] указали, что КТ ОГК недооценивает вы-

сокие значения КИ в 19,1 % (31/162). В нашем исследовании также подтверждается, что расчетный КИ занижает значения по сравнению со стандартной методикой КИ.

Несовпадение по группам имеет важное значение в случае высокого КИ более 400, поскольку пациенты из данной группы считаются потенциальными кандидатами на назначение превентивной липидснижающей терапии или назначение дополнительных методов исследования. Поскольку исследование показало тенденцию к недооценке абсолютных значения КИ и соответственно к групповому распределению, то существует вероятность, что пациенты с расчетным КИ 100–400 могут на самом деле относиться к группе с КИ более 401. В нашей работе таких пациентов оказалось 5. Возможно, имеет смысл таким пациентам проводить КИ по стандартной методике с ЭКГ-синхронизацией, так как это может повлиять на дальнейшую тактику ведения пациента.

Другим важным несопадением является указание на нулевой КИ при фактическом присутствии кальциноза коронарных артерий, который выявляется при КТ органов грудной клетки или при классической методике КИ. Однако, как было уже отмечено ранее, даже при ошибочном указании на отсутствие кальциноза коронарных артерий пациент будет находиться в группе низкого риска, примерно в диапазоне значений КИ 1–10. Подобные низкие значения КИ также указывают на низкий риск развития сердечно-сосудистых событий. Среднее ложноотрицательное значение КИ 4,5 подтверждает это.

В нашем исследовании средний показатель дозовой нагрузки КИ составил 1,45 мЗв (1,1–2,0). При НДКТ

ОГК средняя дозовая нагрузка составила 0,93 мЗв, что значимо ниже, чем при стандартной КТ ОГК — 4,52 vs 0,93 мЗв ($p < 0,05$). Одним из преимуществ методики является снижение дозовой нагрузки на пациента при отсутствии необходимости выполнять дополнительное сканирование с ЭКГ-синхронизацией. Как показали расчеты, средняя дозовая нагрузка при выполнении НДКТ ОГК оказалась значительно ниже не только стандартной КТ ОГК, но и дозовой нагрузки КИ с ЭКГ-синхронизацией — 0,93 vs 1,45 ($p < 0,05$). Соответственно можно предполагать, что выполнение НДКТ ОГК с последующим расчетом КИ эффективно как с точки зрения снижения дозовой нагрузки на пациента, так и получения диагностической информации. При методике КИ поле обзора ограничено областью сердца и не позволяет оценить состояние легочной ткани и грудной клетки в полном объеме. КТ органов грудной клетки с этой точки зрения обладает очевидным преимуществом.

Выводы

Значения КИ, рассчитанные по стандартной методике с ЭКГ-синхронизацией и по реконструкциям изображений КТ органов грудной клетки (стандартный и низкодозовый протоколы), сопоставимы друг с другом как по абсолютным значениям, так и по отнесению в группы риска. Это доказывает возможность подсчета КИ у всех пациентов, проходящих обследование органов грудной клетки на КТ.

Эффективная дозовая нагрузка на пациента при НДКТ органов грудной клетки значительно ниже не только нагрузки при стандартных и НДКТ ОГК в сочетании с КИ, но также значитель-

но ниже самого исследования КИ, проведенного по классической методике с ЭКГ-синхронизацией.

Расчетный КИ на основе изображений КТ органов грудной клетки можно использовать в качестве скринингового метода по оценке риска сердечно-сосудистых заболеваний наряду со скринингом рака легких при НДКТ органов грудной клетки.

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. 827–32.
2. Arcadi T., Maffei E., Sverzellati N. et al. Coronary artery calcium score on low-dose computed tomography for lung cancer screening // World. J. Radiol. 2014. V. 6. № 6. P. 381–387.
3. 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. 67–492.
4. Chiles C., Duan F., Gladish G. W. et al. Association of coronary artery calcification and mortality in the national lung screening trial: a comparison of three scoring methods // Radiol. 2015. V. 276. № 1. P. 82–90.
5. 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. 1336–45.
6. 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.
7. 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.

8. 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. 307–310.
9. 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. № 5. P. 54–66.
10. Kim Y. K., Sung Y. M., Cho S. H. et al. Reliability analysis of visual ranking of coronary artery calcification on low-dose CT of the thorax for lung cancer screening: comparison with ECG-gated calcium scoring CT // Int. J. Cardiovasc. Imag. 2014. V. 30. Suppl. 2. P. 81–87.
11. 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.
12. 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.

References

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. No. 4. P. 827–32.
2. Arcadi T., Maffei E., Sverzellati N. et al. Coronary artery calcium score on low-dose computed tomography for lung cancer screening. World. J. Radiol. 2014. V. 6. No. 6. P. 381–387.
3. 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. 67–492.

4. Chiles C., Duan F., Gladish G. W. et al. Association of coronary artery calcification and mortality in the national lung screening trial: a comparison of three scoring methods. *Radiol.* 2015. V. 276. No. 1. P. 82–90.
5. 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. 1336–45.
6. 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.
7. 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. 434–44.
8. 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. No. 2. P. 307–310.
9. 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.
10. Kim Y. K., Sung Y. M., Cho S. H. et al. Reliability analysis of visual ranking of coronary artery calcification on low-dose CT of the thorax for lung cancer screening: comparison with ECG-gated calcium scoring CT. *Int. J. Cardiovasc. Imag.* 2014. V. 30. Suppl. 2. P. 81–7.
11. 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.
12. 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. 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 Department of Radiology, I. V. Davidovsky Clinical Hospital, 47. Moscow Healthcare Department.
 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, заведующий кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии факультета фундаментальной медицины ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова».
 Адрес: 119991, г. Москва, Ломоносовский проспект, д.1, корп.1.
 Тел.: +7 (495) 932-88-14. Электронная почта: vsini@mail.ru
 ORCID.org/0000-0002-5649-2193

Sinitsyn Valentin Yevgenievich, M. D. Med, Professor, Head of Department of Radiology and Radiotherapy, Faculty of Fundamental Medicine, Lomonosov Moscow State University.
 Address: 27 /1, Lomonosovkiy pr-t, Moscow, Russia, 119991.
 Phone number: +7 (495) 932-88-14. E-mail: vsini@mail.ru
 ORCID.org/0000-0002-5649-2193

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.