

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1047>

Сопоставимость методик оценки коронарных рисков по данным ультра-НДКТ грудной клетки и КТ-коронарографии с ЭКГ-синхронизацией

© Николаев А.Е.^{1*}, Коркунова О.А.¹, Хуторной И.В.², Пахомов П.В.², Гаврилов П.В.³, Петрайкин А.В.¹, Сучилова М.М.¹, Шапиев А.Н.^{4,5}, Дадакина И.С.⁶, Серебрякова И.В.⁷, Першина Е.С.⁸, Гомболевский В.А.¹, Морозов С.П.¹

¹ ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы”; 127051 Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО “Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова”; 119192 Москва, Ломоносовский просп., 27, к. 1, Российская Федерация

³ ФГБУ “Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии” Минздрава России, Санкт-Петербург; 191036 Санкт-Петербург, Лиговский проспект, дом 2-4, Российская Федерация

⁴ ГБУЗ города Москвы “Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения города Москвы”; 119049 Москва, 4-й Добрынинский пер., д. 1/9, Российская Федерация

⁵ Российская детская клиническая больница ФГАОУ ВО “Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова” Минздрава России; 119571 Москва, Ленинский проспект, д. 117, Российская Федерация

⁶ ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет); 119991 Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, Российская Федерация

⁷ ООО “ПЭТ-Технолоджи”, Москва; 121552 Москва, ул. Оршанская, д. 16, Российская Федерация

⁸ ГБУЗ города Москвы “ГКБ №1 имени Н.И. Пирогова Департамента здравоохранения города Москвы”; 119049 Москва, Ленинский просп., 8, Российская Федерация

Цель исследования: оценить сопоставимость показателей коронарного кальция по данным исследований ультранизкодозной компьютерной томографии (ультра-НДКТ) без ЭКГ-синхронизации и: а) бесконтрастной КТ с ЭКГ-синхронизацией, б) КТ-коронарографии с ЭКГ-синхронизацией.

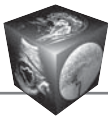
Материал и методы. В исследование вошло 283 исследования, состоящие из 68 парных исследований, выполненных за одно посещение, бесконтрастной ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации и бесконтрастной КТ с ЭКГ-синхронизацией, а также исследований 49 пациентов с наличием бесконтрастной ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации, бесконтрастной КТ с ЭКГ-синхронизацией и КТ-коронарографии с ЭКГ-синхронизацией и внутривенным введением контрастного препарата, выполненные за одно посещение, удовлетворяющие всем критериям включения и исключения из исследования.

Количественные показатели коронарного кальция рассчитывались по индексу Агатстона, а также с использованием шкалы CAC-DRS (оценка степени кальцификации по баллам от 0 до 3 и количества пораженных артерий от 0 до 4 баллов). Степень стеноза коронарных артерий анализировалась с использованием шкалы CAD-RADS (0-5).

Производилось сравнение указанных выше показателей с использованием визуальной/количественной оценки коронарного кальция при ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации и показателей визуальной/количественной оценки при КТ с ЭКГ-синхронизацией, а также со степенью стеноза при КТ-коронарографии у одних и тех же пациентов.

Результаты. По результатам сравнения показателей точности определена возможность при интерпретации результатов ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации использовать количественную шкалу (индекс Агатстон, количественная шкала CAC-DRS) для оценки коронарного кальция в скрининге рака легкого в сравнении с КТ с ЭКГ-синхронизацией.

При составлении корреляционной матрицы для оценки взаимосвязи между визуальной, количественной шкалами оценки кальцификации коронарных артерий при ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации и КТ с ЭКГ-синхронизацией в сравнении с КТ-коронарографией определяются очень сильные положительные статистически значимые корреляционные взаимосвязи.



Выводы. Методики оценки коронарного кальциноза по данным ультра-НДКТ грудной клетки и КТ с ЭКГ-синхронизацией сопоставимы, поэтому оценивать коронарный кальций в скрининге рака легкого по данным ультра-НДКТ возможно на достоверно высоком уровне как при помощи количественной, так и визуальной шкалы CAC-DRS.

Ключевые слова: коронарный кальций, ультра-НДКТ, низкодозная компьютерная томография, скрининг рака легкого, CAD-RADS

Конфликт интересов: авторы заявляют, что предмет и содержание данного исследования не затрагивают конкурирующих интересов.

Финансирование: исследование не финансировалось какими-либо источниками.

Для цитирования: Николаев А.Е., Коркунова О.А., Хуторной И.В., Пахомов П.В., Гаврилов П.В., Петрайкин А.В., Сучилова М.М., Шапиев А.Н., Дадакина И.С., Серебрякова И.В., Першина Е.С., Гомболевский В.А., Морозов С.П. Сопоставимость методик оценки коронарных рисков по данным ультра-НДКТ грудной клетки и КТ-коронарографии с ЭКГ-синхронизацией. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (4): 75–92. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1047>

Поступила в редакцию: 10.07.2021. **Принята к печати:** 28.10.2021. **Опубликована online:** 29.12.2021.

Comparability of coronary risk assessment methods with chest ultra-LDCT and CT coronography with ECG synchronization

© Aleksandr E. Nikolaev^{1*}, Olga A. Korkunova¹, Ivan V. Khutornoy², Pavel V. Pakhomov², Pavel V. Gavrilov³, Alexey V. Petraikin¹, Maria M. Suchilova¹, Arsen N. Shapiev^{4, 5}, Iya S. Dadakina⁶, Irina V. Serebryakova⁷, Ekaterina S. Pershina⁸, Viktor A. Gomboleviskij¹, Sergey P. Morozov¹

¹ State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow "Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department"; 24-1, Petrovka str., Moscow, 127051, Russian Federation

² Lomonosov Moscow State University; 27-1, Lomonosovskiy prospekt, Moscow, 119192, Russian Federation

³ Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 2-4, Ligovsky prospekt, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

⁴ Morozov Children's Clinical Hospital; 1/9, 4 Dobryninsky per., Moscow, 119049, Russian Federation

⁵ Russian Children's Clinical Hospital of Russian National Research Medical University; 117, Leninsky prospekt, Moscow, 119571, Russian Federation

⁶ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 8, bld. 2, Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russian Federation

⁷ PET Technology; 16, Orshanskaya str., Moscow, 121552, Russian Federation

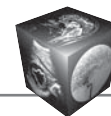
⁸ N.I. Pirogov First City Clinical Hospital (City Hospital No1); 8, Leninsky prospekt, Moscow, 119049, Russian Federation

Purpose. To assess the comparability of coronary calcium values measured on ultralow-dose computed tomography studies without ECG-synchronization versus a) non-contrast computed tomography with ECG synchronization, b) CT coronography with ECG synchronization.

Materials and methods. The study comprised 283 studies: 68 patients who underwent contrast-free ultra-LDCT without ECG synchronization and contrast-free CT with ECG synchronization performed in a single visit, and 49 patients with contrast-free ultra-LDCT without ECG synchronization, non-contrast CT with ECG synchronization, and CT coronography with ECG synchronization and intravenous injection of contrast agent, also carried out in one visit, meeting all inclusion and exclusion criteria of the study.

Quantitative coronary calcium values were calculated with the Agatston score and the CAC-DRS scale (score of calcification degree from 0 to 3 and the number of affected arteries from 0 to 4 points). The degree of coronary artery stenosis was analyzed with CAD-RADS scale (0-5).

The above parameters were compared using visual/quantitative assessment of coronary calcium on ultra-LDCT without ECG synchronization and visual/quantitative assessment for CT with ECG synchronization, as well as the degree of stenosis on CT coronography in the same patients.



Results. Based on the results of accuracy indices comparison, the possibility to use quantitative scale (Agatston score, CAC-DRS quantitative scale) to assess coronary calcification in the lung cancer screening in comparison with ECG-synchronized CT was determined during interpretation of ultra-LDCT without ECG synchronization. The correlation matrix to assess correlation between visual, quantitative scales of coronary artery changes and calcification at ultra-LDCT without ECG synchronization and quantitative scale at CT with ECG synchronization vs. CT coronography identifies very strong positive statistically significant correlations.

Conclusion. Methods of coronary calcinosis assessment with chest ultra-LDCT and CT with ECG synchronization are comparable, therefore it is possible to assess coronary calcium in lung cancer screening by ultra-LDCT data at a reliable-high level using both quantitative and visual CAC-DRS scales.

Keywords: coronary calcium, ultra-LDCT, low-dose CT, lung cancer screening, CAD-RADS

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Funding: The study was not funded by any source.

For citation: Comparability of coronary risk assessment methods with chest ultra-LDCT and CT coronography with ECG synchronization Nikolaev A.E., Korkunova O.A., Khutornoy I.V., Pakhomov P.V., Gavrilo P.V., Petraikin A.V., Suchilova M.M., Shapiey A.N., Dadakina I.S., Serebryakova I.V., Pershina E.S., Gombolevskij V.A., Morozov S.P. *Medical Visualization*. 2021; 25 (4): 75–92. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1047>

Received: 10.07.2021.

Accepted for publication: 28.10.2021.

Published online: 29.12.2021.

Введение

Сердечно-сосудистые заболевания отличаются клинической, демографической и социально-экономической значимостью [1]. Одним из известных предикторов ишемической болезни сердца (ИБС) является выраженность коронарного кальциноза. Взаимосвязь между уровнем коронарного кальция и развитием острых состояний – осложнений сердечно-сосудистых заболеваний – показана в нескольких международных популяционных исследованиях [2]. Развитие методов скрининга является актуальной мультидисциплинарной задачей. Для оценки сердечно-сосудистых рисков используются различные шкалы (CAC-DRS, CAD-RADS), и дискуссия об их эффективности и универсальности ведется очень активно [2–4]. По данным бесконтрастной КТ органов грудной клетки возможно оценивать такое изменение коронарных артерий, как их кальцификацию [5].

В последнее время МСКТ сердца все шире применяется в кардиологической практике и как следствие проблема оценки стеноза коронарных артерий при помощи методов лучевой диагностики все больше изучается и отечественными специалистами [6, 7]. В ряде исследований продемонстрирована прямая взаимосвязь выявляемости коронарного кальция со смертностью от ИБС в популяции [8, 9].

Для стратификации изменений, выявленных по данным низкодозной компьютерной томографии (НДКТ) органов грудной клетки, компьютерной томографии (КТ) грудной клетки без ЭКГ-синхронизации или КТ с ЭКГ-синхронизацией, на данном этапе широко используется шкала CAC-DRS, разработанная и рекомендованная к использованию в клинической практике обществами SCCT

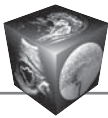
(Society of Cardiovascular Computed Tomography) и STR (Society of Thoracic Radiology) [10, 11].

Для КТ-коронарографии в 2016 г. группой авторов была разработана система оценки КТ-коронарографии под названием Coronary Artery Disease Reporting and Data System (CAD-RADS), которая была разработана Cardiovascular Computed Tomography (SCCT), American College of Radiology (ACR) и North American Society for Cardiovascular Imaging (NASCI) [12].

Ультранизкодозная компьютерная томография (ультра-НДКТ) для скрининга рака легкого с 2020 г. рекомендована Европейским обществом рентгенологов и Европейским респираторным обществом при дозе лучевой нагрузки менее 1 мЗв [13]. В России доза лучевой нагрузки ограничена 1 мЗв для профилактических рентгеновских исследований [14]. Поэтому с 2017 по 2020 г. под руководством ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ” в Москве реализован пилотный проект по скринингу рака легкого с использованием ультра-НДКТ [15]. В доступной литературе не обнаружено исследований, которые сравнивают количественные показатели коронарного кальция по данным ультра-НДКТ с “золотым стандартом”, в связи с этим возникает вопрос о возможности применения шкалы CAC-DRS для стратификации изменений, выявленных по данным ультра-НДКТ, а также сопоставимы ли выявленные риски с данными КТ-коронарографии.

Цель исследования

1. Оценить сопоставимость показателей коронарного кальция по данным бесконтрастной КТ с ЭКГ-синхронизацией и ультра-НДКТ грудной клетки без ЭКГ-синхронизации.



2. Оценить сопоставимость шкал стратификации по данным КТ-коронарографии с ЭКГ-синхронизацией и ультра-НДКТ грудной клетки без ЭКГ-синхронизации.

Материал и методы

Дизайн исследования: аналитическое проспективное поперечное исследование.

Исследование согласовано с Независимым этическим комитетом Московского регионального отделения Российского общества рентгенологов и радиологов (протокол №3/2020 от 23 июля 2020 г.).

Отбор пациентов: все пациенты на базе Городской клинической больницы №1 имени Н.И. Пирогова ДЗМ, МНОЦ МГУ имени М.В. Ломоносова, ГКБ №71 ДЗМ, направленные на КТ-коронарографию с 1 марта 2020 г.

Объем выборки:

1) 68 пациентов с наличием бесконтрастной ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации, бесконтрастной КТ с ЭКГ-синхронизацией.

2) 49 пациентов с наличием бесконтрастной ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации, бесконтрастной КТ с ЭКГ-синхронизацией и КТ-коронарографии с ЭКГ-синхронизацией и внутривенным введением контрастного препарата.

Критерии включения в исследования:

- пациент имеет направление от лечащего врача на проведение КТ-коронарографии;
- возраст пациента от 50 лет до 75 лет; курение более 20 пачек/лет;
- значение частоты сердечных сокращений (ЧСС) у пациента непосредственно перед исследованием ≤ 80 в минуту;
- отсутствуют противопоказания к внутривенному введению контрастного препарата.

Критерии исключения из исследования:

- беременные или кормящие женщины;
- почечная недостаточность (кроме пациентов на диализе);
- тяжелая и/или анафилактическая реакция на введение йодсодержащего контрастного вещества в анамнезе;
- неспособность пациента адекватно задерживать дыхание.

Условия досрочного выбывания пациентов из исследования:

- отказ пациента от участия в исследовании;
- возникновение аллергических реакции на йодсодержащий контрастный препарат при проведении КТ-коронарографии с ЭКГ-синхронизацией;

• обнаружение артефактов, затрудняющих интерпретацию изображений.

- $p = 0,05$
- Желаемая мощность 80%
- Стандартное отклонение $\sigma = 100$ (индекс Агатстона).
- Минимальное клинически значимое расхождение – 50 (индекс Агатстона).

Статистическая обработка

При проведении статистического анализа использовали валидные данные, восстановление пропущенных значений не проводилось.

Для представления категориальных переменных использовали объединенные столбчатые диаграммы с указанием процентных долей каждой из категорий.

При проведении корреляционного анализа использовали непараметрические коэффициенты корреляции Спирмена и tau-b Кендалла с указанием значения коэффициента и точного значения p . Результаты визуализировались с помощью корреляционных матриц.

Сравнение в связанных группах проводилось с помощью критерия Вилкоксона с указанием точного значения p , нулевая гипотеза отвергалась при точной двусторонней значимости $< 0,05$.

Сбор данных реализован с помощью Microsoft Office, статистическая обработка реализована с помощью программного пакета Jamovi (v.1.6.21.).

Протоколы сканирования и оборудование

Исследования проводились на 3 компьютерных томографах (Toshiba Aquilion 64, Canon Medical Systems, Япония; Philips iCT 256, США; Somatom Drive 2x128, Siemens, Германия). Исследования были выполнены по ультра-НДКТ-протоколам в скрининге рака легкого [16] и согласно рекомендациям по проведению КТ-коронарографии [17].

Пациентам проводились КТ-коронарография и ультра-НДКТ органов грудной клетки за 1 посещение. Доза лучевой нагрузки во время этого исследования ультра-НДКТ не превышала 1 мЗв, что соответствует требованиям СанПиН 2.6.1.1192–03 для проведения профилактических медицинских рентгенологических процедур и научных исследований.

Во время КТ-коронарографии пациенту внутривенно вводили контрастный препарат йоверсол 350 объемом 100 мл. В каждом исследовании индекс коронарного кальция и стенозирование коронарных артерий по данным КТ-коронарографии

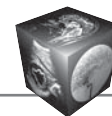


Рис. 1. Дизайн исследования.
Fig. 1. Study design.

с ЭКГ-синхронизацией были оценены 3 рентгенологами независимо друг от друга. Схема исследования представлена на рис. 1.

Перед началом исследования нами были выдвинуты следующие гипотезы

Гипотеза №1

При использовании количественной шкалы выявленные риски коронарных событий по данным ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации сопоставимы с выявленными рисками коронарных событий по данным КТ с ЭКГ синхронизацией.

Альтернативная гипотеза (H_a): при использовании количественной шкалы выявленные риски коронарных событий по данным ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации не сопоставимы с выявленными рисками коронарных событий по данным КТ с ЭКГ синхронизацией.

Гипотеза №2

При использовании визуальной шкалы выявленные риски коронарных событий по данным

ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации сопоставимы с выявленными рисками коронарных событий по данным КТ с ЭКГ синхронизацией.

Альтернативная гипотеза (H_a): при использовании визуальной шкалы выявленные риски коронарных событий по данным ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации не сопоставимы с выявленными рисками коронарных событий по данным КТ с ЭКГ синхронизацией.

Гипотеза №3

Выявленные риски коронарных событий по данным ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации сопоставимы с выявленными рисками коронарных событий по данным КТ-коронарографии.

Альтернативная гипотеза (H_a): выявленные риски коронарных событий по данным ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации не сопоставимы с выявленными рисками коронарных событий по данным КТ-коронарографии.

Для проверки гипотез выполнялись следующие сравнения, представленные в табл. 1–4.



Таблица 1. Сравнение показателей с использованием визуальной оценки коронарного кальция на ультра-НДКТ без ЭКГ синхронизации и КТ с ЭКГ-синхронизацией у одних и тех же пациентов

Table 1. Comparison of indices using visual assessment of coronary calcium on ultra-LDCT without ECG synchronization and CT with ECG synchronization in the same patients

Ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации	КТ с ЭКГ-синхронизацией
А – индекс Агатстона = 0 (CAC-DRS = 0) Б – индекс Агатстона = 1–100 (CAC-DRS = 1) В – индекс Агатстона = 101–300 (CAC-DRS = 2) Г – индекс Агатстона = 301+ (CAC-DRS = 3)	А – индекс Агатстона = 0 (CAC-DRS = 0) Б – индекс Агатстона = 1–100 (CAC-DRS = 1) В – индекс Агатстона = 101–300 (CAC-DRS=2) Г – индекс Агатстона = 301+ (CAC-DRS = 3)

Таблица 2. Сравнение показателей с использованием количественной оценки коронарного кальция на ультра-НДКТ без ЭКГ синхронизации и КТ с ЭКГ-синхронизацией у одних и тех же пациентов

Table 2. Comparison of indices using quantitative assessment of coronary calcium on ultra-LDCT without ECG synchronization and CT with ECG synchronization in the same patients

Ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации	КТ с ЭКГ-синхронизацией
А – индекс Агатстона = 0 (CAC-DRS = 0) Б – индекс Агатстона = 1–100 (CAC-DRS = 1) В – индекс Агатстона = 101–300 (CAC-DRS = 2) Г – индекс Агатстона = 301+ (CAC-DRS = 3)	А – индекс Агатстона = 0 Б – индекс Агатстона = 1–100 В – индекс Агатстона = 101–300 Г – индекс Агатстона = 301+

Таблица 3. Сравнение показателей с использованием визуальной оценки коронарного кальция на ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации и количественной оценки для КТ с ЭКГ-синхронизацией у одних и тех же пациентов

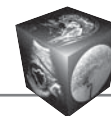
Table 3. Comparison of indices using visual assessment of coronary calcium on ultra-LDCT without ECG synchronization and quantitative assessment of coronary calcium on CT with ECG synchronization in the same patients

Ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации	КТ с ЭКГ-синхронизацией
А – индекс Агатстона = 0 (CAC-DRS = 0) Б – индекс Агатстона = 1–100 (CAC-DRS = 1) В – индекс Агатстона = 101–300 (CAC-DRS = 2) Г – индекс Агатстона = 301+ (CAC-DRS = 3)	А – индекс Агатстона = 0 (CAC-DRS = 0) Б – индекс Агатстона = 1–100 (CAC-DRS = 1) В – индекс Агатстона = 101–300 (CAC-DRS = 2) Г – индекс Агатстона = 301+ (CAC-DRS = 3)

Таблица 4. Сравнение показателей коронарного кальция на ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации и степенью стеноза на КТ-коронарографии у одних и тех же пациентов

Table 4. Comparison of coronary calcium indices on ultra-LDCT without ECG synchronization and the degree of stenosis on CT coronography in the same patients

Ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации	КТ с ЭКГ-синхронизацией
А – индекс Агатстона = 0 (CAC-DRS = 0) Б – индекс Агатстона = 1–100 (CAC-DRS = 1) В – индекс Агатстона = 101–300 (CAC-DRS = 2) Г – индекс Агатстона = 301–1000 (CAC-DRS = 3) Д – индекс Агатстона = 1001+ (CAC-DRS = 3)	А – CAD-RADS 0 стеноз = 0% Б – CAD-RADS 1 стеноз = 1–24% В – CAD-RADS 2 стеноз = 25–49% Г – CAD-RADS 3 средний стеноз = 50–69 % Д – CAD-RADS 4–5 тяжелый стеноз 70–100%



Результаты

Согласно ранее выдвинутых гипотез нами был произведен сравнительный анализ изменений полученных данных с использованием визуальной и количественной шкал по данным ультра-НДКТ с количественной шкалой по данным КТ с ЭКГ-синхронизацией, а также показатели визуальной, количественной шкал по данным ультра-НДКТ и количественной шкалы по данным КТ с ЭКГ-

синхронизацией сравнивались с количественной шкалой по данным КТ-коронарографии, что представлено в табл. 5 и рис. 2 в виде распределения баллов ранговых шкал по частоте встречаемости с дальнейшим сравнением между друг другом, как по выраженности изменений артерий сердца, так и по количеству выявленных пораженных коронарных артерий при использовании разных методик.

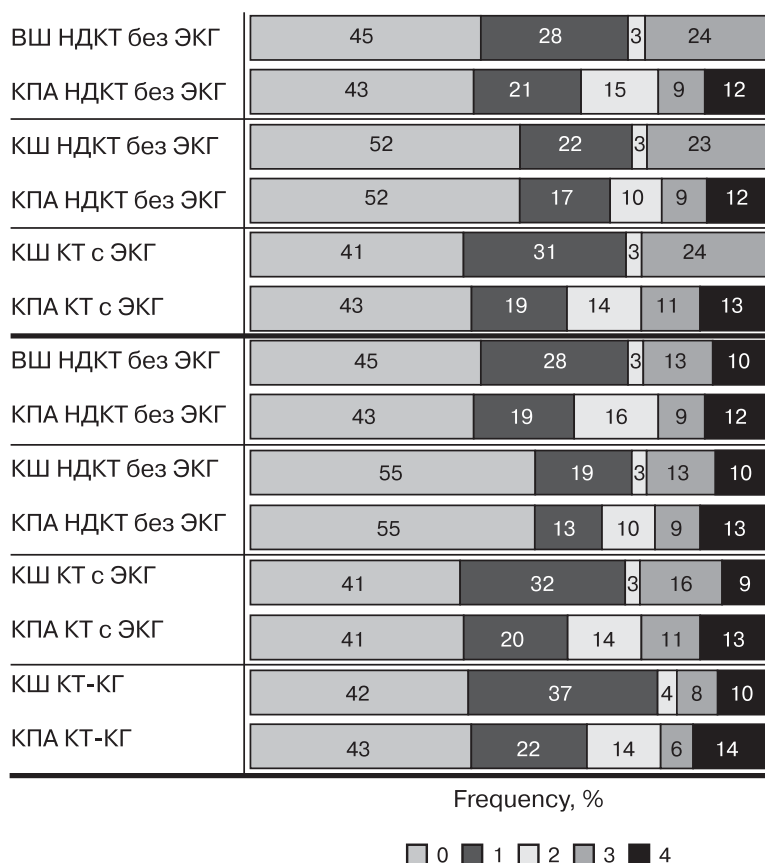


Рис. 2. Распределение баллов по частоте встречаемости.

Сравнения визуальной и количественной шкал по данным ультра-НДКТ с количественной шкалой по данным КТ с ЭКГ-синхронизацией (в первых 6 строках 1, 3 и 5 строки (баллы от 0 до 3)) и количества пораженных артерий (в первых 6 строках 2,4 и 6 строки (баллы от 0 до 4)).

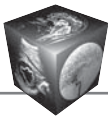
Сравнения визуальной, количественной шкал по данным ультра-НДКТ, количественной шкалы по данным КТ с ЭКГ-синхронизацией с количественной шкалой по данным КТ-коронарографии (нижние 8 строк (баллы от 0 до 4)).

ВШ – визуальная шкала; КПА – количество пораженных артерий; КШ – количественная шкала; КПА – количество пораженных артерий; КТ-КГ – КТ-коронарография; КПА-количество пораженных артерий.

Fig. 2. Distribution of points by occurrence frequency.

Comparison of visual and quantitative scales according to ultra-LDCT WITH a quantitative scale based on cardiac-CT with ECG (in the first 6 lines 1, 3 and 5 lines (ranks from 0 to 3)) and the number of affected arteries (in the first 6 lines 2,4 and 6 lines (ranks from 0 to 4)). Comparison of visual, quantitative scales according to ultra-LDCT AND quantitative scale according to cardiac-CT with ECG WITH quantitative scale according to CT-coronarography (low 8 lines (ranks from 0 to 4)).

ВШ – visual scale; КПА – number of affected arteries; КШ – quantitative scale; КПА – number of affected arteries; КТ-КГ – CT coronary angiography with ECG; КПА – number of affected arteries.

**Таблица 5.** Сравнение ранговых переменных связанных выборок**Table 5.** Comparison of rank variables of related samples

Пара сравнения		Критерий	Статистика	p
КШ НДКТ без ЭКГ	КШ КТ с ЭКГ	Wilcoxon W	0,00	0,01¹
КПА НДКТ без ЭКГ	КПА КТ с ЭКГ		0,00	0,00²
ВШ НДКТ без ЭКГ	КШ КТ с ЭКГ		0,00	0,35
КПА НДКТ без ЭКГ	КПА КТ с ЭКГ		4,00	0,07
КШ НДКТ без ЭКГ	КШ КТ-КГ		56,00	0,51
КПА НДКТ без ЭКГ	КПА КТ-КГ		15,50	0,01³
КШ КТ с ЭКГ	КШ КТ-КГ		32,50	0,04⁴
КПА КТ с ЭКГ	КПА КТ-КГ		0,00	NaN
ВШ НДКТ без ЭКГ	КШ КТ-КГ		28,00	0,15
КПА НДКТ без ЭКГ	КПА КТ-КГ		0,00	0,06

Примечание. ВШ – визуальная шкала, КШ – количественная шкала, КПА – количество пораженных артерий, КТ – компьютерная томография, НДКТ – низкодозная КТ, КТ-КГ – КТ-коронарография.

1. Общее сравнение шкал при интерпретации бесконтрастных (ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации) изображений и КТ-коронарографии с ЭКГ-синхронизацией

1а. Ниже представлена корреляционная матрица для оценки взаимосвязи между визуальной, количественной шкалами изменений и кальцификации коронарных артерий при НДКТ без ЭКГ и количественной шкалы при КТ с ЭКГ-синхронизацией против КТ-коронарографии (статистические материалы: табл. 6, график 1).

При составлении корреляционной матрицы для оценки взаимосвязи между визуальной, количественной шкалами изменений и кальцификации коронарных артерий при ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации и количественной шкалы при КТ с ЭКГ-синхронизацией против КТ-коронарографии определяются очень сильные положительные статистически значимые корреляционные взаимосвязи.

1б. Ниже представлена корреляционная матрица для оценки взаимосвязи между количеством пораженных коронарных артерий при ультра-НДКТ без ЭКГ (как визуальная, так и количественная шкалы) и количественной шкалы при КТ с ЭКГ синхронизацией в сравнении с КТ-коронарографии. (статистические материалы: табл. 7, график 2).

При составлении корреляционной матрицы для оценки взаимосвязи между количеством пораженных артерий при визуальном подсчете при ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации против КТ с ЭКГ-синхронизацией против КТ коронарографии с ЭКГ-синхронизацией определяются очень силь-

ные положительные статистически значимые корреляционные взаимосвязи.

2. По результатам сравнения показателей точности была определена возможность при интерпретации ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации использовать количественную шкалу (индекс Агатстона, количественная шкала CAC-DRS) для оценки коронарного кальция в скрининге рака легкого в сравнении с КТ с ЭКГ-синхронизацией.

2а. Ниже представлена корреляционная матрица оценки взаимосвязи индекса Агатстона, определяемого по данным ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации в сравнении с КТ с ЭКГ-синхронизацией, на которой определяется очень сильная положительная статистически значимая корреляционная взаимосвязь (Spearman's rho=0,930 p-value <0,001; Kendall's Tau B = 0,859 p-value <0,001) (статистические материалы: табл. 8, График 3).

2б. Сравнение показателей с использованием количественной оценки коронарного кальция при ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации и КТ с ЭКГ-синхронизацией у одних и тех же пациентов (статистические материалы: табл. 9, График 4).

При составлении корреляционной матрицы для сравнения данных оценки по количественной шкале изменений коронарных артерий при ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации против КТ с ЭКГ-синхронизацией определяется очень сильная положительная статистически значимая корреляционная взаимосвязь (Spearman's rho = 0,974 p-value <0,001; Kendall's Tau B = 0,969 p-value <0,001).

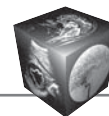


Таблица 6. Корреляционная матрица для оценки взаимосвязи между визуальной, количественной шкалами изменений и кальцификации коронарных артерий при НДКТ без ЭКГ и количественной шкалы при КТ с ЭКГ-синхронизацией и КТ-коронарографии

Table 6. Correlation matrix to assess the relationship between visual, quantitative scales of changes and coronary artery calcification in LDCT without ECG synchronization and quantitative scales in CT with ECG synchronization and CT coronaryography

		ВШ SAC-DRS V (ультра-НДКТ без ЭКГ)	КШ SAC-DRS A (КТ с ЭКГ)	КШ SAC-DRS A (ультра-НДКТ без ЭКГ)
КШ SAC-DRS A (КТ с ЭКГ)	Коэффициент корреляции Спирмена	0,973	–	
	p-value	<0,001	–	
	Показатель Tau-b Кендалла	0,965	–	
КШ SAC-DRS A (ультра-НДКТ без ЭКГ)	p-value	<0,001	0,906	***
	Коэффициент корреляции Спирмена	0,927	<0,001	–
	p-value	<0,001	0,887	***
КШ CAD-RADS (КТ-коронаро- графия)	Показатель Tau-b Кендалла	0,914	<0,001	–
	p-value	<0,001	0,985	***
	Коэффициент корреляции Спирмена	0,950	<0,001	<0,001
	p-value	<0,001	0,959	***
	Показатель Tau-b Кендалла	0,926	<0,001	<0,001
	p-value	<0,001	<0,001	<0,001

Note. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

Здесь и в табл. 7–10: Показатель Tau-b Кендалла – это непараметрическая мера корреляции для порядковых или ранговых переменных, которая учитывает возможные совпадения значений. Коэффициент корреляции Спирмена – это мера линейной связи между случайными величинами, используемая для оценки силы связи между ранговыми показателями.

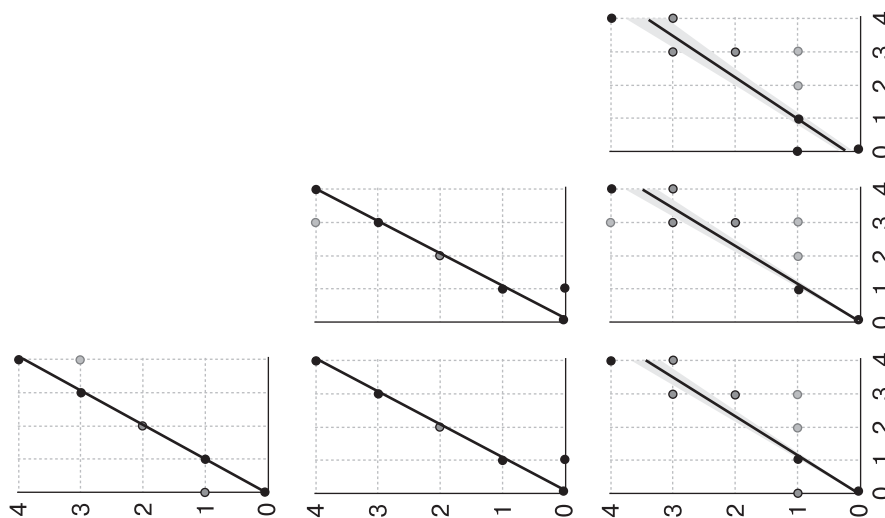


График 1. Корреляционная матрица для оценки взаимосвязи между визуальной, количественной шкалами изменений и кальцификации коронарных артерий при НДКТ без ЭКГ и количественной шкалы при КТ с ЭКГ-синхронизацией и КТ-коронарографии.

Diagram 1. Correlation matrix to assess the relationship between visual, quantitative scales of changes and coronary artery calcification in LDCT without ECG synchronization and quantitative scales in CT with ECG synchronization and CT coronaryography.



Таблица 7. Корреляционная матрица для оценки взаимосвязи между количеством пораженных коронарных артерий при оценке ультра-НДКТ без ЭКГ (как визуальная, так и количественная шкалы) и КТ с ЭКГ-синхронизацией в сравнении с КТ-коронарографией

Table 7. Correlation matrix to assess the relationship between the number of coronary artery lesions in ultra-LDCT without ECG (both visual and quantitative scales) and quantitative scales indices for CT with ECG synchronization versus CT coronaryography

	КПА ВШ (ультра-НДКТ без ЭКГ) (3)		КПА КШ (ультра-НДКТ без ЭКГ) (4)		КПА КШ (КТ с ЭКГ) (3)	
КПА ВШ (ультра-НДКТ без ЭКГ) (4)	Коэффициент корреляции Спирмена	0,894	***	–		
	p-value	<0,001				
	Показатель Tau-b Кендалла	0,860	***	–		
	p-value	<0,001		–		
КПА КШ (КТ с ЭКГ) (3)	Коэффициент корреляции Спирмена	0,985	***	0,886	***	–
	p-value	<0,001		<0,001		–
	Показатель Tau-b Кендалла	0,969	***	0,837	***	–
	p-value	<0,001		<0,001		–
КПА КШ (КТ КГ)	Коэффициент корреляции Спирмена	0,979	***	0,838	***	1,000
	p-value	<0,001		<0,001		<0,001
	Показатель Tau-b Кендалла	0,960	***	0,782	***	1,000
	p-value	<0,001		<0,001		<0,001

Note. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

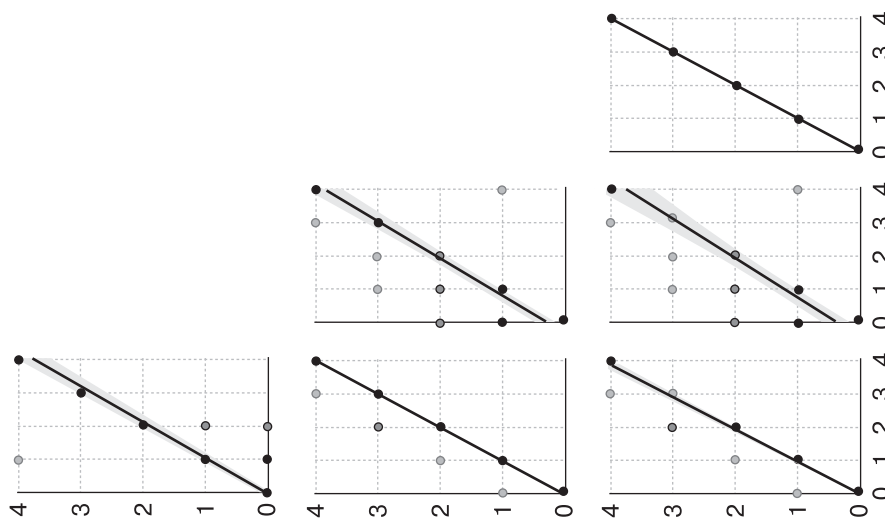


График 2. Корреляционная матрица для оценки взаимосвязи между количеством пораженных коронарных артерий при оценке ультра-НДКТ без ЭКГ (как визуальная, так и количественная шкалы) и КТ с ЭКГ-синхронизацией в сравнении с КТ-коронарографией.

Diagram 2. Correlation matrix to assess the relationship between the number of coronary artery lesions in ultra-LDCT without ECG (both visual and quantitative scales) and quantitative scales indices for CT with ECG synchronization versus CT coronaryography.

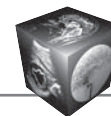


Таблица 8. Корреляционная матрица оценки взаимосвязи индекса Агатстона, определяемого по данным ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации в сравнении с КТ с ЭКГ-синхронизацией

Table 8. Correlation matrix assessing the correlation of Agatston score index determined with ultra-LDCT without ECG synchronization versus CT with ECG synchronization

Индекс Агатстон на КТ с ЭКГ-синхронизацией	Индекс Агатстон на НДКТ без ЭКГ		
	Коэффициент корреляции Спирмена	0,930	
	p-value	<0,001	
	Показатель Tau-b Кендалла	0,859	
	p-value	<0,001	

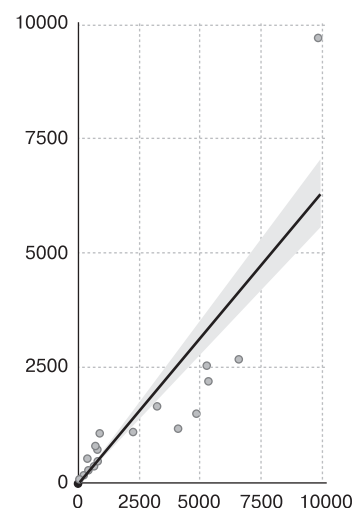


График 3. Корреляционная матрица оценки взаимосвязи индекса Агатстона, определяемого по данным ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации в сравнении с КТ с ЭКГ-синхронизацией.

Diagram 3. Correlation matrix assessing the correlation of Agatston score index determined with ultra-LDCT without ECG synchronization versus CT with ECG synchronization.

Таблица 9. Сравнение показателей с использованием количественной оценки коронарного кальция при ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации и КТ с ЭКГ-синхронизацией у одних и тех же пациентов

Table 9. Comparison of coronary calcium quantification indices on ultra-LDCT without ECG synchronization and CT with ECG synchronization in the same patients

КШ CAC-DRS A (КТ с ЭКГ)	КШ CAC-DRS A (ультра-НДКТ без ЭКГ)		
	Коэффициент корреляции Спирмена	0,974	***
	p-value	<0,001	
	Показатель Tau-b Кендалла	0,969	***
	p-value	<0,001	

Note. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

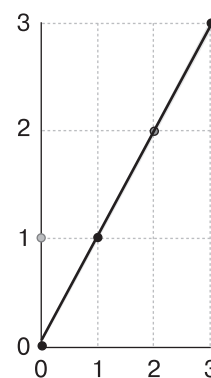


График 4. Сравнение показателей с использованием количественной оценки коронарного кальция при ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации и КТ с ЭКГ-синхронизацией у одних и тех же пациентов.

Diagram 4. Comparison of coronary calcium quantification indices on ultra-LDCT without ECG synchronization and CT with ECG synchronization in the same patients.

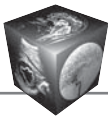


Таблица 10. Корреляционная матрица для оценки количества пораженных артерий при визуальном подсчете при ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации и при КТ с ЭКГ-синхронизацией

Table 10. Correlation matrix to estimate the number of affected arteries during visual assessment of ultra-LDCT without ECG synchronization and of CT with ECG synchronization

КПА (КТ с ЭКГ)	КПА (ультра-НДКТ без ЭКГ)		
	Коэффициент корреляции Спирмена	0,982	***
	p-value	<0,001	
	Показатель Тау-b Кендалла	0,964	***
	p-value	<0,001	

Note. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

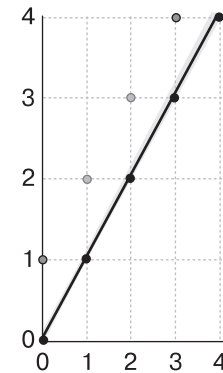


График 5. Корреляционная матрица для оценки количества пораженных артерий при визуальном подсчете при ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации и при КТ с ЭКГ-синхронизацией.

Diagram 5. Correlation matrix to estimate the number of affected arteries during visual assessment of ultra-LDCT without ECG synchronization and of CT with ECG synchronization.

2с. Корреляционная матрица для оценки количества пораженных артерий при визуальном подсчете при ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации и при КТ с ЭКГ-синхронизацией (статистические материалы: табл. 10, График 5).

При составлении корреляционной матрицы для сравнения количества пораженных артерий при количественном подсчете при использовании ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации и КТ с ЭКГ-синхронизацией определяется очень сильная положительная статистически значимая корреляционная взаимосвязь (Spearman's rho = 0,982 p-value <0,001; Kendall's Tau B = 0,964 p-value <0,001).

Обсуждение

Кальциноз коронарных артерий – наиболее часто встречаемая находка в скрининге рака легкого с частотой встречаемости от 26 до 93% [18–21]. В нашем исследовании были отобраны пациенты, удовлетворяющие критериям включения в скрининг рака легкого (возраст пациента от 50 до 75 лет; курение более 20 пачек/лет) со средним возрастом 61,9 года (мужчины 58%, женщины 42%). В целях создания максимально репрезентативной выборки исследователи не исключали пациентов с индексом Агатстона, равным 0, так как стеноз коронарных артерий может быть обусловлен не только кальцинированной, но и смешанной, и мягкой бляшкой. Исследований с 0 кальциевым индексом от общего количества был 41% (28/68) (см. рис. 2), что коррелирует с данными исследо-

ваний встречаемости коронарного кальция в популяции, изучаемой в рамках скрининга [4, 18, 20].

При сравнении индекса Агатстона по данным ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации и КТ с ЭКГ-синхронизацией определяется сильная положительная статистически значимая корреляционная взаимосвязь, что представлено в табл. 8 и на рис. 5, тем не менее данная количественная оценка по индексу Агатстона имеет менее сильную взаимосвязь, чем при сравнении данных ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации и КТ с ЭКГ-синхронизацией с использованием количественной шкалы CAC-DRS. Вариабельность индекса Агатстона по данным ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации в сравнении с КТ с ЭКГ-синхронизацией обусловлена высоким уровнем шума (рис. 3), что в свою очередь приводит к высоким значениям абсолютной ошибки. Тем не менее данный факт возможно исправить при использования поправочных коэффициентов для каждого фактора кальцификации [22]. В табл. 6 и на графике 3 продемонстрированы данные сопоставимости количественной шкалы CAC-DRS для ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации и КТ с ЭКГ-синхронизацией, которые имеют большую статистически значимую корреляционную взаимосвязь в сравнении с оценкой по данным шкалы Агатстона так, как CAC-DRS является ранговой шкалой.

Несмотря на то что при ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации высокий уровень шума при сравнении сопоставимости визуальной шкалы, исполь-

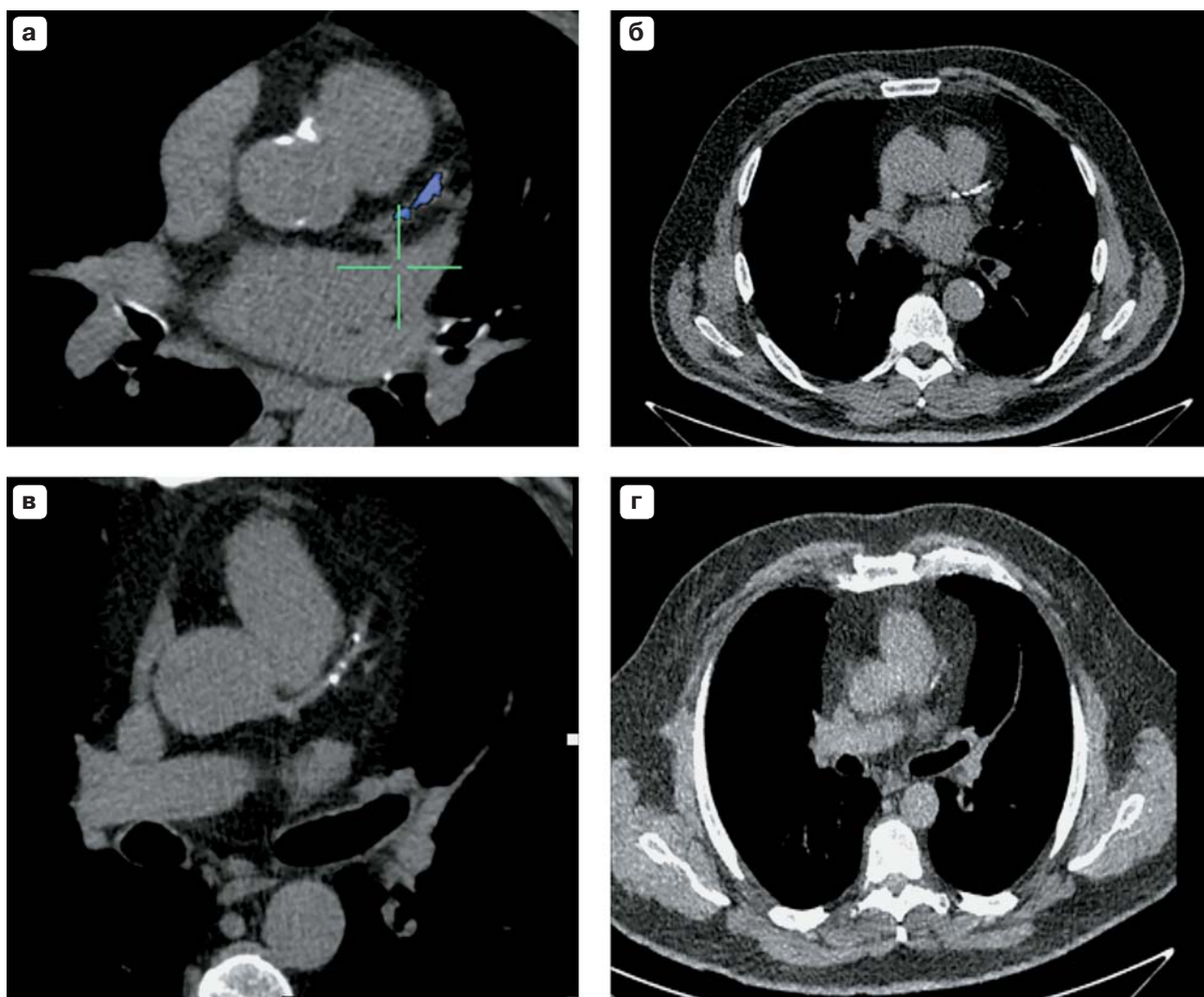
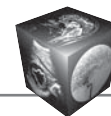
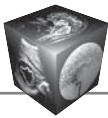


Рис. 3 (а–г). При КТ с ЭКГ-синхронизацией и ультра-НДКТ изображениях (а, б), выполненных с целью оценки коронарного кальция и скрининга рака легкого, соответственно, визуализируется выраженная кальцинация левой передней нисходящей артерии >300 по индексу Агатстона. Так как поражена только одна артерия, но с высокими индексами Агатстона, то по CAC-DRS данному пациенту присваивается CAC-DRS A3/N1, как по данным КТ с ЭКГ-синхронизацией, так и по ультра-НДКТ. На КТ с ЭКГ-синхронизацией и ультра-НДКТ изображениях (в, г), выполненных с целью оценки коронарного кальция и скрининга рака легкого соответственно, визуализируется мягкая кальцинация левой передней нисходящей артерии <100 по индексу Агатстона (CAC-DRS A1/N1).

Fig. 3 (a–g). Cardiac CT with ECG and ultra-LDCT (а, б) performed to assess coronary calcium and lung nodules in cancer screening. On both CT visualize severe calcification of the left anterior descending artery (Agatston >300). Only one artery is affected, but with high Agatston score, according to CAC-DRS is assigned A3/N1 for this patient, both according to CT with ECG synchronization and ultra-LDCT. Soft calcification of the left anterior descending artery (CAC-DRS A1/N1, Agatston <100) visualize on cardiac CT with ECG and ultra-LDCT (в, г) from lung cancer screening.

зованных при оценке ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации в сравнении количественной шкалы по данным КТ с ЭКГ-синхронизацией отмечается очень сильная положительная статистически значимая корреляционная взаимосвязь. Исходя из этого представляется возможным оценивать изображения из скрининга рака легкого на предмет коронарного кальциноза на достоверном

уровне, что продемонстрировано в табл. 8 и графике 5. Использование визуальной шкалы для оценки коронарного кальция особенно актуально у исследуемых с выраженным уровнем шума, что, например, может быть обусловлено высоким индексом массы тела, что снижает чувствительность к оконтуриванию при автоматических и полуавтоматических методиках подсчета.



По результатам сопоставления показателей количественной шкалы CAC-DRS для ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации и степени стеноза по шкале CAD-RADS при КТ-коронарографии в последнем сравнении была определена взаимосвязь показателя ранка коронарного кальция по данным ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации со степенью стеноза по данным КТ-коронарографии, которая продемонстрирована в табл. 6, 7 и на графиках 3, 4. В нашей выборке исследований даже в исследованиях КТ с ЭКГ-синхронизацией с нулевым коронарным кальцием не было выявлено исследований с необструктивным (25–49%) стенозом по КТ-коронарографии. В 3 (6,12%) из 49 исследований ранковая стратификация по данным ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации была выше, чем по данным КТ-коронарографии на 1 пункт. В сопоставлении использования визуальной и количественной шкал, стратифицирующих коронарные риски по данным ультра-НДКТ без ЭКГ-синхронизации, в сравнении с рисками, оцененными по данным КТ-коронарографии, определяются очень сильные положительные статистически значимые корреляционные взаимосвязи (см. табл. 6 и график 3).

По данным большого ретроспективного исследования, оценка содержания кальция в коронарных артериях (CAC) как характеристика бляшек надежнее предсказывает будущий риск сердечно-сосудистых событий у пациентов с подозрением на ИБС, чем наличие сужения просвета сосудов. Риск сердечно-сосудистых заболеваний возрастает вместе с увеличением количества и объема бляшек независимо от того, было ли выявлено с помощью КТ-коронарографии сужение в какой-либо коронарной артерии на 50% или более [23]. При оценке показателя кальциевого индекса возможно дальнейшее реклассифицирование бессимптомных пациентов на категории с низким и высоким риском развития ИБС и сердечно-сосудистых заболеваний, несмотря на наличие факторов риска [24].

Согласно данным ретроспективного исследования, самым оптимальным методом по оценке коронарного кальциноза при НДКТ без ЭКГ-синхронизации является артерии-ассоциированный метод, заключающийся в оценке каждой артерии по баллам 0–3 (0 – нет кальциноза, 1 – слабый, 2 – умеренный, 3 – выраженный кальциноз), затем баллы суммируют и оценивают по 4 категориям: 0, 1–3, 4–6 и 7–12 баллов. При данном методе точность выше, чем при оценке сразу всех артерий, а также время оценки уменьшается по сравнению с использованием сегмент-ассоциированного метода [25]. Повышение скорости оценки количе-

ственного показателя коронарного кальция можно достичь путем применения в практике алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ). Однако будущие алгоритмы должны сигнализировать о высоком уровне шума при ультра-НДКТ и о необходимости в данном случае использовать для оценки визуальную шкалу, что позволит снизить количество ложноотрицательных результатов ИИ [26].

Выводы

1. Методики оценки коронарного кальциноза по данным ультра-НДКТ грудной клетки и КТ с ЭКГ-синхронизацией сопоставимы, поэтому оценивать коронарный кальций в скрининге рака легкого по данным ультра-НДКТ возможно на достоверно высоком уровне как при помощи количественной, так и визуальной шкалы CAC-DRS.

2. С учетом отсутствия большого количества ложноотрицательных результатов при сравнении ультра-НДКТ с контрастной КТ-коронарографией и выявленной сильной положительной статистически значимой корреляции при сравнении ультра-НДКТ с КТ с ЭКГ-синхронизацией надеемся на широкое использование шкал оценок CAC-DRS в московском скрининге рака легкого.

Дополнительные сведения

Источник финансирования. Исследование и публикация статьи осуществлены на личные средства авторского коллектива.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Авторы выражают глубокую признательность Ростовцеву Михаилу Владиславовичу, Глаголеву Владимиру Эстеновичу, а также коллективам отделений лучевой диагностики медицинских организаций Департамента здравоохранения Москвы.

Участие авторов

Николаев А.Е. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка, создание опубликованной работы, ответственность за целостность всех частей статьи.

Коркунова О.А. – сбор и обработка данных, написание текста, подготовка и редактирование текста, подготовка, создание опубликованной работы.

Хуторной И.В. – статистическая обработка данных.

Пахомов П.В. – сбор и обработка данных.

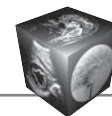
Гаврилов П.В. – участие в научном дизайне.

Петрайкин А.В. – участие в научном дизайне.

Сучилова М.М. – подготовка и редактирование текста.

Шапиев А.Н. – сбор данных, создание опубликованной работы.

Дадакина И.С. – сбор и обработка данных.



Серебрякова И.В. – участие в научном дизайне.

Першина Е.С. – участие в научном дизайне.

Гомболевский В.А. – утверждение окончательного варианта статьи.

Морозов С.П. – утверждение окончательного варианта статьи.

Authors' participation

Nikolaev A.E. – concept and design of the study, conducting research, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, preparation and creation of the published work, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Korkunova O.A. – collection and analysis of data, writing text, text preparation and editing, preparation and creation of the published work.

Khutornoy I.V. – statistical analysis.

Pakhomov P.V. – collection and analysis of data.

Gavrilov P.V. – participation in scientific design.

Petravkin A.V. – participation in scientific design.

Suchilova M.M. – text preparation and editing.

Shapiev A.N. – collection of data and creation of the published work.

Dadakina I.S. – collection and analysis of data.

Serebryakova I.V. – participation in scientific design.

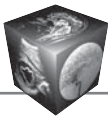
Pershin E.S. – participation in scientific design.

Gombolevskij V.A. – approval of the final version of the article.

Morozov S.P. – approval of the final version of the article.

Список литературы

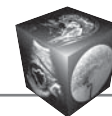
1. Чазова И.Е., Ощепкова Е.В. Борьба с сердечно-сосудистыми заболеваниями: проблемы и пути их решения на современном этапе. *Вестник Росздравнадзора*. 2015; 5: 7–10.
2. Greenland P., Blaha M.J., Budoff M.J., Erbel R., Watson K.E. Coronary Calcium Score and Cardiovascular Risk. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018; 72 (4): 434–447. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.05.027>
3. Arcadi T., Maffei E., Sverzellati N., Mantini C., Guaricci A.I., Tedeschi C., Martini C., La Grutta L., Cademartiri F. Coronary artery calcium score on low-dose computed tomography for lung cancer screening. *Wld J. Radiol.* 2014; 6 (6): 381–387. <http://doi.org/10.4329/wjr.v6.i6.381>
4. Chiles C., Duan F., Gladish G.W., Ravenel J.G., Baginski S.G., Snyder B.S., DeMello S., Desjardins S.S., Munden R.F.; NLST Study Team. Association of Coronary Artery Calcification and Mortality in the National Lung Screening Trial: A Comparison of Three Scoring Methods. *Radiology*. 2015; 276 (1): 82–90. <http://doi.org/10.1148/radiol.15142062>
5. Azour L., Kadoch M.A., Ward T.J., Eber C.D., Jacobi A.H. Estimation of cardiovascular risk on routine chest CT: Ordinal coronary artery calcium scoring as an accurate predictor of Agatston score ranges. *J. Cardiovasc. Comput. Tomogr.* 2017; 11 (1): 8–15. <http://doi.org/10.1016/j.jcct.2016.10.001>
6. Симоненко В.Б., Екимовских А.Ю., Долбин И.В. Кальциноз коронарных артерий – современное состояние проблемы. *Клиническая медицина*. 2013; 91 (4): 11–15.
7. Синицын В.Е., Терновой С.К. Роль КТ-ангиографии коронарных артерий с практической точки зрения: где мы находимся сегодня? *Креативная кардиология*. 2007; 1–2: 25–31.
8. Blair K.J., Allison M.A., Morgan C., et al. Comparison of ordinal versus Agatston coronary calcification scoring for cardiovascular disease mortality in community-living individuals. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2014; 30 (4): 813–818. <http://doi.org/10.1007/s10554-014-0392-1>.
9. Hughes-Austin J.M., Dominguez A. 3rd, Allison M.A., Wassel C.L., Rifkin D.E., Morgan C.G., Daniels M.R., Ikram U., Knox J.B., Wright C.M., Criqui M.H., Ix J.H. Relationship of Coronary Calcium on Standard Chest CT Scans With Mortality. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2016; 9 (2): 152–159. <http://doi.org/10.1016/j.jcmg.2015.06.030>
10. Hecht H.S., Cronin P., Blaha M.J., Budoff M.J., Kazerooni E.A., Narula J., Yankelevitz D., Abbara S. 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 [published correction appears in J Cardiovasc Comput Tomogr. 2017 Mar - Apr;11(2):170]. *J. Cardiovasc. Comput. Tomogr.* 2017; 11 (1): 74–84. <http://doi.org/10.1016/j.jcct.2016.11.003>
11. Rumberger J.A., Brundage B.H., Rader D.J., Kondos G. Electron beam computed tomographic coronary calcium scanning: a review and guidelines for use in asymptomatic persons [published correction appears in Mayo Clin Proc 1999 May;74 (5): 538]. *Mayo Clin. Proc.* 1999; 74 (3): 243–252. <http://doi.org/10.4065/74.3.243>
12. Cury R.C., Abbara S., Achenbach S., Agatston A., Berman D.S., Budoff M.J., Dill K.E., Jacobs J.E., Maroules C.D., Rubin G.D., Rybicki F.J., Schoepf U.J., Shaw L.J., Stillman A.E., White C.S., Woodard P.K., Leipsic J.A. CAD-RADS™: coronary artery disease – reporting and data system: an expert consensus document of the society of cardiovascular computed tomography (SCCT), the american college of radiology (acr) and the north american society for cardiovascular imaging (NASCI). Endorsed by the American College of Cardiology. *J. Am. Coll. Radiol.* 2016; 13 (12 Pt A): 1458–1466.e9. <http://doi.org/10.1016/j.jacr.2016.04.024>
13. Kauczor H.U., Baird A.M., Blum T.G. et al. ESR/ERS statement paper on lung cancer screening. *Eur Radiol.* 2020; 30 (6): 3277–3294. <http://doi.org/10.1007/s00330-020-06727-7>
14. СанПиН 2.6.1.1192-03 “Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований”.
15. Морозов С.П., Гомболевский В.А., Владимирский А.В., Лайпан А.Ш., Кононец П.В., Древал П.А. Результаты первого года скрининга рака легкого с помощью низкодозной компьютерной томографии в Москве. *Вопросы онкологии*. 2019; 65 (2): 224–233.
16. Гомболевский В.А., Блохин, И.А., Лайпан А.Ш. и др. Методические рекомендации по скринингу рака легкого / Серия “Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики”. Вып. 56. М.: ГБУЗ “НПКЦ ДиТ ДЗМ”, 2020. 53 с.
17. Журавлев К.Н. КТ-коронарография. Серия “Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики”. Вып. 45. М.: ГБУЗ “НПКЦ ДиТ ДЗМ”, 2020. 36 с.



18. Николаев А.Е., Гомболевский В.А., Гончар А.П., Шапиев А.Н., Лайпан А.Ш., Морозов С.П. Случайные находки при скрининге рака легкого методом низкодозной компьютерной томографии. *Туберкулез и болезни легких*. 2018; 96 (11): 60–67. <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2018-96-11-60-67>
19. van de Wiel J.C., Wang Y., Xu D.M., van der Zaag-Loonen H.J., van der Jagt E.J., van Klaveren R.J., Oudkerk M.; NELSON study group. Neglectable benefit of searching for incidental findings in the Dutch-Belgian lung cancer screening trial (NELSON) using low-dose multidetector CT. *Eur. Radiol.* 2007; 17 (6): 1474–1482. <http://doi.org/10.1007/s00330-006-0532-7>
20. Shemesh J., Henschke C.I., Farooqi A., Yip R., Yankelevitz D.F., Shaham D., Miettinen O.S. Frequency of coronary artery calcification on low-dose computed tomography screening for lung cancer. *Clin. Imaging*. 2006; 30 (3): 181–185. <http://doi.org/10.1016/j.clinimag.2005.11.002>
21. Williams M.C., Abbas A., Tirr E., Alam S., Nicol E., Shambrook J., Schmitt M., Hughes G.M., Stirrup J., Holloway B., Gopalan D., Deshpande A., Weir-McCall J., Agrawal B., Rodrigues J.C.L., Brady A.J.B., Roditi G., Robinson G., Bull R. Reporting incidental coronary, aortic valve and cardiac calcification on non-gated thoracic computed tomography, a consensus statement from the BSCI/BSCCT and BSTI. *Br J Radiol.* 2021; 94 (1117): 20200894. <http://doi.org/10.1259/bjr.20200894>
22. Николаев А.Е., Коркунова О.А., Блохин И.А., Петрайкин А.В., Никифорова М.В., Гирько А.О., Дягилева Е.А., Сучилова М.М., Груздев И.С., Першина Е.С., Силин А.Ю., Гомболевский В.А., Морозов С.П. Плотность кальцификации при компьютерной томографии в зависимости от параметров сканирования: фантомное исследование. *Медицинская визуализация*. 2020; 24 (4): 119–132. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-119-132>
23. Mortensen M.B., Dzaye O., Steffensen F.H., Bøtker H.E., Jensen J.M., Rønnow Sand N.P., Kragholm K.H., Sørensen H.T., Leipsic J., Mæng M., Blaha M.J., Nørgaard B.L. Impact of Plaque Burden Versus Stenosis on Ischemic Events in Patients With Coronary Atherosclerosis. *J. Am. Col. Cardiol.* 2020; 76 (24): 2803–2813. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.10.021>
24. Hoffmann U., Massaro J.M., D'Agostino R.B. Sr., Kathiresan S., Fox C.S., O'Donnell C.J. Cardiovascular Event Prediction and Risk Reclassification by Coronary, Aortic, and Valvular Calcification in the Framingham Heart Study. *J. Am. Heart Assoc.* 2016; 5 (2): e003144. Published 2016 Feb 22. <http://doi.org/10.1161/JAHA.115.003144>
25. Suh Y.J., Lee J.W., Shin S.Y., Goo J.M., Kim Y., Yong H.S. Coronary artery calcium severity grading on non-ECG-gated low-dose chest computed tomography: a multiple-observer study in a nationwide lung cancer-screening registry. *Eur. Radiol.* 2020; 30 (7): 3684–3691. <http://doi.org/10.1007/s00330-020-06707-x>
26. Николаев А.Е., Чернина В.Ю., Блохин И.А., Шапиев А.Н., Гончар А.П., Гомболевский В.А., Петрайкин А.В., Силин А.Ю., Петрова Г.Д., Морозов С.П. Перспективы использования комплексной компьютер-ассистированной диагностики в оценке структур грудной клетки. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2019; 12: 91–99. <https://doi.org/10.17116/hirurgia201912191>

References

1. Chazova I.E., Oschepkova E.V. The fight against cardiovascular diseases: problems and solutions at the present stage. *Vestnik Roszdravnadzora*. 2015; 5: 7–10. (In Russian)
2. Greenland P., Blaha M.J., Budoff M.J., Erbel R., Watson K.E. Coronary Calcium Score and Cardiovascular Risk. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018; 72 (4): 434–447. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.05.027>
3. Arcadi T., Maffei E., Sverzellati N., Mantini C., Guaricci A.I., Tedeschi C., Martini C., La Grutta L., Cademartiri F. Coronary artery calcium score on low-dose computed tomography for lung cancer screening. *Wld J. Radiol.* 2014; 6 (6): 381–387. <http://doi.org/10.4329/wjr.v6.i6.381>
4. Chiles C., Duan F., Gladish G.W., Ravenel J.G., Baginski S.G., Snyder B.S., DeMello S., Desjardins S.S., Munden R.F.; NLST Study Team. Association of Coronary Artery Calcification and Mortality in the National Lung Screening Trial: A Comparison of Three Scoring Methods. *Radiology*. 2015; 276 (1): 82–90. <http://doi.org/10.1148/radiol.15142062>
5. Azour L., Kadoch M.A., Ward T.J., Eber C.D., Jacobi A.H. Estimation of cardiovascular risk on routine chest CT: Ordinal coronary artery calcium scoring as an accurate predictor of Agatston score ranges. *J. Cardiovasc. Comput. Tomogr.* 2017; 11 (1): 8–15. <http://doi.org/10.1016/j.jcct.2016.10.001>
6. Simonenko V.B., Ekimovskikh A.Yu., Dolbin I.V. Coronary artery calcification – current state of the problem. *Clinical Medicine*. 2013; 91 (4): 11–15. (In Russian)
7. Sinitsyn V.E., Ternovoi S.K. The role of CT angiography of coronary arteries from a practical point of view: where are we today? *Creative Cardiology*. 2007; 1–2: 25–31. (In Russian)
8. Blair K.J., Allison M.A., Morgan C., et al. Comparison of ordinal versus Agatston coronary calcification scoring for cardiovascular disease mortality in community-living individuals. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2014; 30 (4): 813–818. <http://doi.org/10.1007/s10554-014-0392-1>
9. Hughes-Austin J.M., Dominguez A. 3rd, Allison M.A., Wassel C.L., Rifkin D.E., Morgan C.G., Daniels M.R., Ikram U., Knox J.B., Wright C.M., Criqui M.H., Ix J.H. Relationship of Coronary Calcium on Standard Chest CT Scans With Mortality. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2016; 9(2): 152–159. <http://doi.org/10.1016/j.jcmg.2015.06.030>
10. Hecht H.S., Cronin P., Blaha M.J., Budoff M.J., Kazerooni E.A., Narula J., Yankelevitz D., Abbata S. 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 [published correction appears in J Cardiovasc Comput Tomogr. 2017 Mar - Apr;11(2):170]. *J. Cardiovasc. Comput. Tomogr.* 2017; 11 (1): 74–84. <http://doi.org/10.1016/j.jcct.2016.11.003>
11. Rumberger J.A., Brundage B.H., Rader D.J., Kondos G. Electron beam computed tomographic coronary calcium scanning: a review and guidelines for use in asymptomatic persons [published correction appears in Mayo Clin Proc 1999 May;74 (5): 538]. *Mayo Clin. Proc.* 1999; 74 (3): 243–252. <http://doi.org/10.4065/74.3.243>
12. Cury R.C., Abbata S., Achenbach S., Agatston A., Berman D.S., Budoff M.J., Dill K.E., Jacobs J.E., Maroules C.D., Rubin G.D., Rybicki F.J., Schoepf U.J., Shaw L.J., Stillman A.E., White C.S., Woodard P.K.,



- Leipsic J.A. CAD-RADS™: coronary artery disease – reporting and data system: an expert consensus document of the society of cardiovascular computed tomography (SCCT), the american college of radiology (acr) and the north american society for cardiovascular imaging (NASCI). Endorsed by the American College of Cardiology. *J. Am. Coll. Radiol.* 2016; 13 (12 Pt A): 1458–1466.e9. <http://doi.org/10.1016/j.jacr.2016.04.024>
13. Kauczor H.U., Baird A.M., Blum T.G. et al. ESR/ERS statement paper on lung cancer screening. *Eur Radiol.* 2020; 30 (6): 3277–3294. <http://doi.org/10.1007/s00330-020-06727-7>
 14. SanPiN 2.6.1.1192-03 “Hygienic requirements for the appliance and operation of radiology units, devices and performing diagnostic studies”.
 15. Morozov S.P., Gombolevisky V.A., Vladzimirsky A.V., Laipan A.S., Kononets P.V., Dreval P.A. The results of the first year of lung cancer screening with low-dose computed tomography in Moscow. *Problems of oncology.* 2019; 65 (2): 224–233 (In Russian)
 16. Gombolevisky V.A., Blokhin V.A., Laypan A.S. et al. Instructional guidelines for lung cancer screening. Series “Best practices of imaging and instrumental diagnostics” Vol 56. Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, 2020. 53 p.
 17. Zhuravlev, K.N. CT coronary angiography / K.N. Zhuravlev // Series “Best practice in imaging and instrumental diagnostics. Vol. 45. Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, 2020. 36 p. (In Russian)
 18. Nikolaev A.E., Gomboleviskiy V.A., Gonchar A.P., Shapiey A.N., Laypan A.S., Morozov S.P. Incidental findings during lung cancer screening by low-dose computed tomography. *Tuberculosis and Lung Diseases.* 2018; 96 (11): 60–67. <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2018-96-11-60-67> (In Russian)
 19. van de Wiel J.C., Wang Y., Xu D.M., van der Zaag-Loonen H.J., van der Jagt E.J., van Klaveren R.J., Oudkerk M.; NELSON study group. Neglectable benefit of searching for incidental findings in the Dutch-Belgian lung cancer screening trial (NELSON) using low-dose multidetector CT. *Eur. Radiol.* 2007; 17 (6): 1474–1482. <http://doi.org/10.1007/s00330-006-0532-7>
 20. Shemesh J., Henschke C.I., Farooqi A., Yip R., Yankelevitz D.F., Shaham D., Miettinen O.S. Frequency of coronary artery calcification on low-dose computed tomography screening for lung cancer. *Clin. Imaging.* 2006; 30 (3): 181–185. <http://doi.org/10.1016/j.clinimag.2005.11.002>
 21. Williams M.C., Abbas A., Tirr E., Alam S., Nicol E., Shambrook J., Schmitt M., Hughes G.M., Stirrup J., Holloway B., Gopalan D., Deshpande A., Weir-McCall J., Agrawal B., Rodrigues J.C.L., Brady A.J.B., Roditi G., Robinson G., Bull R. Reporting incidental coronary, aortic valve and cardiac calcification on non-gated thoracic computed tomography, a consensus statement from the BSCI/BSCCT and BSTI. *Br J Radiol.* 2021; 94 (1117): 20200894. <http://doi.org/10.1259/bjr.20200894>
 22. Nikolaev A.E., Korkunova O.A., Blokhin I.A., Petraykin A.V., Nikiforova M.V., Gir'ko A.O., Dyagileva E.A., Suchilova M.M., Gruzdev I.S., Pershina E.S., Silin A.Yu., Gombolevisky V.A., Morozov S.P. Calcification density on computed tomography depending on scanning parameters: phantom study. *Medical Visualization.* 2020; 24 (4): 119–132. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-4-119-132>
 23. Mortensen M.B., Dzaye O., Steffensen F.H., Bøtker H.E., Jensen J.M., Rønnow Sand N.P., Kragholm K.H., Sørensen H.T., Leipsic J., Mæng M., Blaha M.J., Nørgaard B.L. Impact of Plaque Burden Versus Stenosis on Ischemic Events in Patients With Coronary Atherosclerosis. *J. Am. Col. Cardiol.* 2020; 76 (24): 2803–2813. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.10.021>
 24. Hoffmann U., Massaro J.M., D'Agostino R.B. Sr., Kathiresan S., Fox C.S., O'Donnell C.J. Cardiovascular Event Prediction and Risk Reclassification by Coronary, Aortic, and Valvular Calcification in the Framingham Heart Study. *J. Am. Heart Assoc.* 2016; 5 (2): e003144. Published 2016 Feb 22. <http://doi.org/10.1161/JAHA.115.003144>
 25. Suh Y.J., Lee J.W., Shin S.Y., Goo J.M., Kim Y., Yong H.S. Coronary artery calcium severity grading on non-ECG-gated low-dose chest computed tomography: a multiple-observer study in a nationwide lung cancer-screening registry. *Eur. Radiol.* 2020; 30 (7): 3684–3691. <http://doi.org/10.1007/s00330-020-06707-x>
 26. Nikolaev A.E., Chernina V.Yu., Blokhin I.A., Shapiey A.N., Gonchar A.P., Gomboleviskiy V.A., Petraiin A.V., Silin A. Yu., Petrova G.D., Morozov S.P. The future of computer-aided diagnostics in chest computed tomography. *Pirogov Russian Journal of Surgery. Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova.* 2019; 12: 91–99. <https://doi.org/10.17116/hirurgia201912191> (In Russian)

Для корреспонденции*: Николаев Александр Евгеньевич – 109029 Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1. Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы. Тел.: +7-930-348-30-48. E-mail: a.e.nikolaev@yandex.ru

Николаев Александр Евгеньевич – младший научный сотрудник отдела научных медицинских исследований ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5151-4579>. SPIN: 1320-1651. E-mail: a.e.nikolaev@yandex.ru

Коркунова Ольга Андреевна – младший научный сотрудник отдела научных медицинских исследований, ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-5831-3742>, SPIN: 6879-129. E-mail: oa.korkunova@gmail.com

Хуторной Иван Валерьевич – аспирант факультета фундаментальной медицины МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-5405-603X>, SPIN: 8020-0222. E-mail: mcdm.avk@gmail.com



Пахомов Павел Владимирович – ординатор кафедры лучевой диагностики, факультета фундаментальной медицины МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-7608-9334>, SPIN: 7053-9368. E-mail: pavel.v.pakhomov@gmail.com

Гаврилов Павел Владимирович – канд. мед. наук, врач-рентгенолог высшей квалификационной категории, ведущий научный сотрудник, руководитель направления “Лучевая диагностика” Санкт-Петербургского Научно-исследовательского института фтизиопульмонологии Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0003-3251-4084>. SPIN: 7824-5374. E-mail: spbniiifrentgen@mail.ru

Петрайкин Алексей Владимирович – канд. мед. наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела инновационных технологий ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1694-4682>. SPIN: 6193-1656. E-mail: alexeypetraikin@gmail.com

Сучилова Мария Максимовна – младший научный сотрудник отдела научных медицинских исследований ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1117-0294>. SPIN: 4922-1894. E-mail: maria.suchilova@gmail.com

Шапиев Арсен Нуруллаевич – ГБУЗ “Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения города Москвы”, ФГБУ “Российская детская клиническая больница” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-1890-6711>. SPIN: 1662-0349. E-mail: shapiev_an@mail.ru

Дадакина Ия Сергеевна – студентка VI курса лечебного факультета ФGAOY BO “Первый МГМУ имени И.М. Сеченова” Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва. <https://orcid.org/0000-0002-4149-7557>. E-mail: iya_dadakina@mail.ru

Серебрякова Ирина Владимировна – врач-рентгенолог ООО “ПЭТ-Технолоджи”, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1893-7419>. E-mail: 4209964@gmail.com

Першина Екатерина Сергеевна – канд. мед. наук, врач-рентгенолог, руководитель Центра лучевой диагностики ГБУЗ города Москвы “Городская клиническая больница №1 имени Н.И. Пирогова Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-3952-6865>. SPIN: 7311-9276. E-mail: pershina86@mail.ru

Гомболевский Виктор Александрович – канд. мед. наук, руководитель отдела научных медицинских исследований ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>. SPIN: 6810-3279. E-mail: gombolevskiy@npcmr.ru

Морозов Сергей Павлович – доктор. мед. наук, профессор, директор ГБУЗ “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-6545-6170>. SPIN: 8542-1720. E-mail: npcmr@zdrav.mos.ru

Contact*: Aleksandr E. Nikolaev –24-1, Petrovka str., Moscow, 109029, Russian Federation. Phone: +7-930-348-30-48. E-mail: a.e.nikolaev@yandex.ru

Aleksandr E. Nikolaev – junior researcher at the Medical Research Department, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-5151-4579>. SPIN: 1320-1651. E-mail: a.e.nikolaev@yandex.ru

Olga A. Korkunova – junior researcher at the Medical Research Department, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-5831-3742>, SPIN: 6879-129. E-mail: oa.korkunova@gmail.com

Ivan V. Khutorov – graduate student of Faculty of medicine, Lomonosov Moscow State University, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-5405-603X>. SPIN: 8020-0222. E-mail: mcdm.avk@gmail.com

Pavel V. Pakhomov – resident of Faculty of medicine, Lomonosov Moscow State University, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-7608-9334>, SPIN: 7053-9368. E-mail: pavel.v.pakhomov@gmail.com

Pavel V. Gavrilov – Cand. of Sci. (Med.), leading researcher, Head of the Department of Radiology Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology, St.-Petersburg. <https://orcid.org/0000-0003-3251-4084>. SPIN: 7824-5374. E-mail: spbniiifrentgen@mail.ru

Alexey V. Petraikin – Cand. of Sci. (Med.), associate professor, leading researcher of the Department of innovation technology, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1694-4682>. SPIN: 6193-1656. E-mail: alexeypetraikin@gmail.com

Maria M. Suchilova – junior researcher at the Medical Research Department, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1117-0294>. SPIN: 4922-1894. E-mail: maria.suchilova@gmail.com

Arsen N. Shapiev – Morozov Children’s Clinical Hospital, Russian Children’s Clinical Hospital of Russian National Research Medical University, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-1890-6711>. SPIN: 1662-0349. E-mail: shapiev_an@mail.ru

Iya S. Dadakina – student of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-4149-7557>. E-mail: iya_dadakina@mail.ru

Irina V. Serebryakova – radiologist of PET Technology, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1893-7419>. E-mail: 4209964@gmail.com

Ekaterina S. Pershina – Cand. of Sci. (Med.), radiologist, Head of Radiology center, Pirogov City Clinical Hospital №1, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3952-6865>. SPIN: 7311-9276. E-mail: pershina86@mail.ru

Viktor A. Gombolevskij – Cand. of Sci. (Med.), Head of Medical Research Department, Research and Practical Clinical Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health Care of Moscow, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>. SPIN: 6810-3279. E-mail: gombolevskiy@npcmr.ru

Sergey P. Morozov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Director, Research and Practical Clinical Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health Care of Moscow, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6545-6170>. SPIN: 8542-1720. E-mail: npcmr@zdrav.mos.ru