

Стандартизация оценки кальцификации коронарных артерий на бесконтрастных компьютерных томограммах без ЭКГ-синхронизации

Николаев А.Е.¹, Шапиев А.Н.², Блохин И.А.¹, Бекк И.В.³, Гапизова Х.А.⁴

1. ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ», Москва;
2. ФГБУ «Российская детская клиническая больница» МЗ РФ, Москва;
3. Молодежное научное объединение центра диагностики и теле-медицинских технологий, Москва;
4. ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова МЗ РФ, Москва.



Аннотация

В статье представлен обзор качественных и количественных методов оценки кальциноза коронарных артерий по данным компьютерной томографии (КТ). Коронарный кальций — один из известных предикторов ишемической болезни сердца и осложнений сердечно-сосудистых заболеваний. Кальцификация коронарных артерий — частая клинически значимая находка на рутинной и низкодозовой КТ. В обзоре разобраны системы CAC-DRS (нативная КТ с/без ЭКГ-синхронизации).

Кальциноз коронарных артерий в большинстве случаев коррелирует с наличием атеросклероза ко-

ронарных артерий. Последние рекомендации CAC-DRS по клинической интерпретации ИКК следует внедрить в клиническую практику для оценки бессимптомных пациентов и динамического контроля. Количественная оценка индекса коронарного кальция по данным CAC-DRS проста в использовании и позволяет оптимизировать ведение пациента. Качественную оценку CAC-DRS целесообразно внедрить в скрининг рака легкого, что привлечет внимание к самой распространённой случайной находке в скрининге рака легкого — коронарному кальцинозу и интерпретации его как степени риска ИБС.

Ключевые слова:

система оценки коронарных артерий, НДКТ, КТ без ЭКГ-синхронизации, классификации CAC-DRS, кальциноз коронарных артерий.

Конфликт интересов:

не заявлен.

Николаев А.Е.

младший научный сотрудник отдела развития качества радиологии ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»

E-MAIL: a.e.nikolaev@yandex.ru

Введение

Наиболее распространенным предиктором ишемической болезни сердца (ИБС) является кальцификация коронарных артерий. Корреляция между уровнем коронарного кальция и развитием острых состояний, обусловленных осложнениями сердечно-сосудистых заболеваний, представлена в некоторых международных популяционных исследованиях [1].

Так оценка выраженности коронарного кальциноза позволяет более точно стратифицировать риск ИБС у определенных категорий больных. Тяжелый риск развития ИБС расценивается при кальцификации более 300 единиц по Агатстону [1]. В последние годы ряд исследований продемонстрировал, что оценку индекса коронарного кальция стоит проводить лицам с отсутствием клинических проявлений ИБС [1]. В последние годы в ряде исследований были продемонстрированы необходимость проведения оценки индекса коронарного кальция лицам с отсутствием клинических проявлений и прямая взаимосвязь выявляемости коронарного кальция со смертностью от ИБС в популяции. Исходя из этого исследователи предлагают КТ для исследования коронарного кальция как маркера субклинической ИБС и предиктора острых коронарных состояний [2, 3, 4].

Согласно данным литературы, рядом авторов был использован КТ для исследования коронарного кальция как маркера субклинической ишемической болезни сердца и предиктора острых коронарных состояний [5, 6]. Для исследования коронарного русла на предмет наличия кальцинированных, смешанных или твердых бляшек в рутинной практике выполняются КТ с ЭКГ-синхронизацией (для оценки первого типа бляшек), КТ-коронарография (для оценки всех типов бляшек).

Кальциноз коронарных артерий частая находка на КТ в рутинной практике, но тем не менее является клинически значимым изменением [7]. Возможность применения скрининговой низкодозной компьютерной томографии (НДКТ) органов грудной клетки для раннего выявления клинически значимых

изменений сердечно-сосудистой системы (в частности, наличие коронарного кальция), отражена в работах зарубежных авторов, также доказана возможность выявления изменений со стороны коронарных артерий на КТ без ЭКГ-синхронизации [8-9]. Оценку степени кальциноза коронарных артерий проводят в рамках программ скрининга рака легкого, используя либо визуальную оценку, либо, если это позволяет качество изображений, количественную оценку.

Количественная оценка показателя Агатстона

В настоящее время широко используемыми методиками оценки коронарного кальция являются оценка кальциевого индекса (КИ) по методике Агатстона, объемного КИ, массы фосфата кальция. Кальциевый индекс по методике Агатстона является методикой количественной оценки степени кальцификации коронарных артерий по результатам КТ сердца. Артур Агатстон в 1990г предложил данный стандартизованный подсчет КИ по сумме индексов на разных КТ срезах, равных произведению площади участка кальцификации в проекции коронарной артерии на фактор плотности [10].

$КИ = (S_1 \times F_1) + (S_2 \times F_2) + (S_3 \times F_3) + \dots$; где: S — площадь кальцинации, F — фактор плотности.

Факторы плотности:

- Для кальцификатов плотностью 130-199 HU фактор плотности составляет 1;
- Для кальцификатов плотностью 200-299 HU фактор плотности составляет 2;
- Для кальцификатов плотностью 300-399 HU фактор плотности составляет 3;
- Для кальцификатов плотностью более 400 HU фактор плотности составляет 4.

В 1999г Rumberger JA, et al. представили степени тяжести кальциноза коронарных артерий у асимптоматичных лиц, которые регламентировали тактику ведения пациента (табл. 1) [11].

Коронарный индекс, ед.	Выраженность атеросклероза	Степень изменения коронарного русла	Риск развития коронарных событий	Клинические рекомендации
0	Нет атеросклеротических бляшек	Прогностическая ценность отрицательного результата >95%. Наиболее вероятно — интактные артерии	Очень низкий	Общие профилактические мероприятия
1-10	Минимальное количество атеросклеротических бляшек	Прогностическая ценность отрицательного результата >90%. Маловероятно наличие изменений	Низкий	Первичная профилактика сердечно-сосудистых заболеваний
11-100	Атеросклеротические бляшки присутствуют в незначительном количестве	Возможно наличие незначимых стенозов	Умеренный	Модификация факторов риска, контроль уровня холестерина, ежедневный прием антиагрегантов
101-400	Атеросклеротические бляшки присутствуют, степень их выраженности умеренная	Наличие гемодинамически незначимых стенозов очень вероятно, возможны гемодинамически значимые стенозы	Умеренно высокий	Активная модификация факторов риска, проведение нагрузочных тестов
>400	Выраженный атеросклероз коронарных артерий	Высокововероятно (>90%) наличие хотя бы одного гемодинамически значимого стеноза	Высокий	Очень активная модификация факторов риска. Проведение нагрузочных и стресс-тестов для выявления ишемии миокарда

Таблица 1. Рекомендации по интерпретации полученных результатов исследования КИ у бессимптомных пациентов (Rumberger JA, et al. [11])

CAC-DRS: Coronary Artery Calcium Data and Reporting System

В последние время все больше внимания уделяется стратификации с использованием шкал оценки RADS (BI-RADS для молочных желез, Lung-RADS для легких). Например, для КТ-коронарографии в 2016 г. группой авторов разработана шкала Coronary Artery Disease Reporting and Data System (CAD-RADS), а уже в 2018 г. Harvey S. Hecht et al. предложили использовать шкалу для оценки коронарного кальция на КТ-изображениях без ЭКГ-синхронизации Coronary Artery Calcium Data and Reporting System (CAC-DRS) [12, 13].

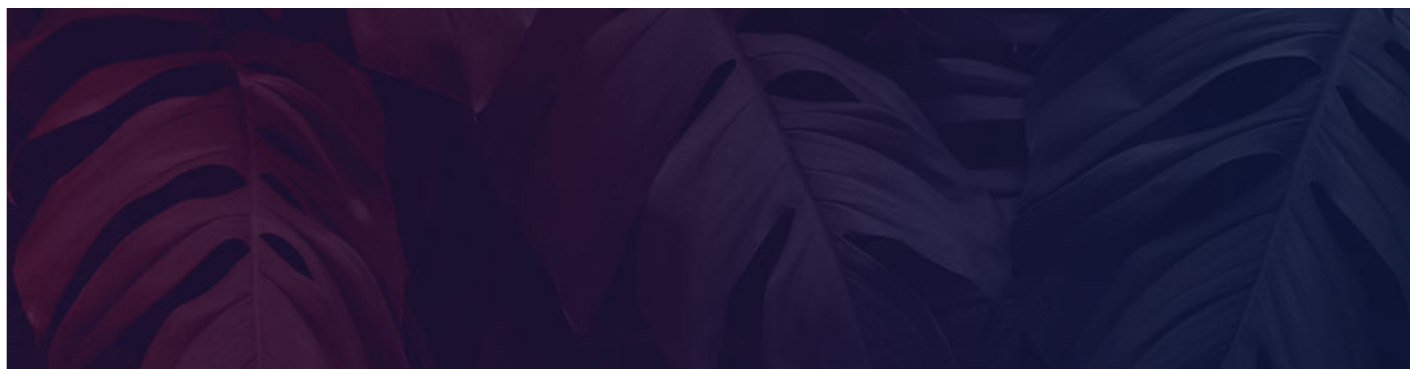
Примечательно, что данная шкала привязана к рекомендательной части в плане медикаментозной терапии, несмотря на то, что авторы предлагают оценивать изображения как количественно, с использованием индекса Агатстона, так и качественно [13]. CAC-DRS рекомендована к использованию в клинической практике обществами SCCT (Society of Cardiovascular Computed Tomography) и STR (Society of Thoracic Radiology).

САС-DRS A — количественная оценка (А-индекс Агатстона)	Коронарный индекс, ед.	САС-DRS V визуальная оценка (V-визуальная шкала)	Риск развития коронарных событий	Клинические рекомендации
A0	0	V0	Очень низкий	терапия статинами не рекомендована (исключая случаи семейной гиперхолестеринемии)
A1	1-99	V1	Умеренный	среднеинтенсивная терапия статинами
A2	100-299	V2	Умеренно высокий	средне-высокоинтенсивная терапия статинами + 81 мг ацетилсалициловой кислоты
A3	>300	V3	Высокий	высокоинтенсивная терапия статинами + 81 мг ацетилсалициловой кислоты

Описание по САС-DRS A	Описание по САС-DRS V	ИК	Пораженные артерии
САС-DRS A0	САС-DRS V0	0	-
САС-DRS A1/N2	САС-DRS V1/N2	1-99	ЛОА + ЛПНА
САС-DRS A2/N3	САС-DRS V2/N3	100-299	ПКА+ЛКА+ЛОА
САС-DRS A3/N4	САС-DRS V3/N4	>300	ПКА+ЛКА+ЛОА+ЛПНА

Таблица 2. Рекомендации по интерпретации полученных результатов исследования КИ согласно САС-DRS и примеры описания полученных результатов исследования КИ согласно САС-DRS. (САС-DRS A — количественная оценка коронарного кальция по САС-DRS, САС-DRS V — качественная оценка коронарного кальция по САС-DRS, ПКА — правая коронарная артерия, ЛКА — ствол левой коронарной артерии, ЛОА — левая огибающая артерия, ЛПНА — левая передняя нисходящая артерия)

Количество пораженных кальцинозом коронарных сосудов отмечается при помощи модификатора N (N=1-4), так как в исследовании MESA было отмечено, что это прогностически важная находка, особенно у обследуемых с КИ в диапазоне 1-300 [14-17]. Данную шкалу можно использовать и для оценки коронарного кальциноза при КТ, выполняемой в программе скрининга рака легкого.



Порядковая оценка коронарного кальция

Порядковая оценка, с использованием значения в целых числах, применяется для отражения общего количества кальцинированных артерий в коронарном русле. Преимущество данной оценки заключается в меньшем количестве возможных значений, чем, например, при оценке по шкале Агатстона. Прогностическая ценность данного метода была оценена в скрининге рака легкого NLST [18] и нескольких других исследованиях. На момент публикации настоящей статьи отсутствовали результаты статистического анализа точности порядковой оценки коронарного кальция, поскольку подробные значения не могут быть напрямую сопоставлены с количественными показателями, полученными по методике Агатстона.

В соответствии с критериями визуальной оценки порядкового кальциевого индекса в четырех артериях (ствол левой коронарной артерии — ЛКА, левая передняя нисходящая артерия — ЛПНА, левая огибающая артерия — ЛОА правая коронарная артерия — ПКА) присваиваются баллы 0, 1, 2 и 3 [19]. Коронарное русло разделено на 10 сегментов: по 3 сегмента в ЛПНА, ЛОА, ПКА, к которым добавлен ствол левой коронарной артерии, кальциноз которого оценивается максимум в 3 балла за счет короткой протяженности ствола.

При этом 1 балл — наличие обызвествления на протяжении $<1/3$ артерии, 2 балла — $<2/3$ артерии, 3 балла — $>2/3$ артерии. Баллы суммируются, риск оценивается по сумме баллов нижеприведенным способом:

- 0 баллов — риск развития ИБС отсутствует;
- 1-3 балла — риск развития ИБС низкий;
- 4-5 баллов — риск развития ИБС умеренный;
- 6-12 баллов — риск развития ИБС высокий.

В соответствии с критериями визуальной оценки порядкового кальциевого индекса в четырех арте-

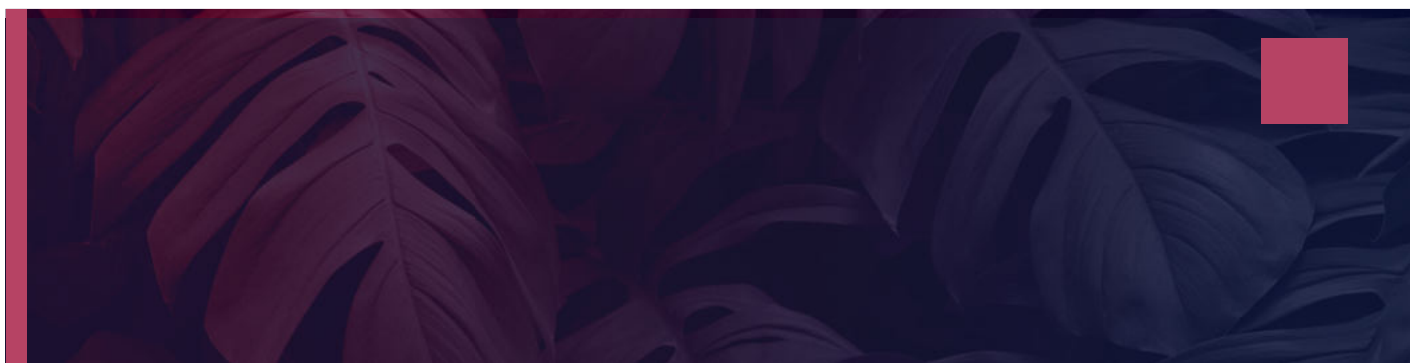
риях (ствол левой коронарной артерии — ЛКА, левая передняя нисходящая артерия — ЛПНА, левая огибающая артерия — ЛОА правая коронарная артерия — ПКА) присваиваются баллы 0, 1, 2 и 3 [19]. Коронарное русло разделено на 10 сегментов: по 3 сегмента в ЛПНА, ЛОА, ПКА, к которым добавлен ствол левой коронарной артерии, кальциноз которого оценивается максимум в 3 балла за счет короткой протяженности ствола.

Кальцификация грудного отдела аорты почти всегда обусловлена атеросклерозом, поэтому целесообразна визуальная оценка наличия и распространенности этих изменений, что требует целевых исследований, в связи с тем, что имеющихся в настоящее время данных недостаточно для создания рекомендаций.

Заключение

Кальциноз коронарных артерий в большинстве случаев коррелирует с наличием атеросклероза коронарных артерий. Последние рекомендации CAC-DRS по клинической интерпретации ИКК следует внедрить в клиническую практику для оценки бессимптомных пациентов и динамического контроля. Количественная оценка индекса коронарного кальция по данным CAC-DRS проста в использовании и позволяет оптимизировать ведение пациента. Качественную оценку CAC-DRS целесообразно внедрить в скрининг рака легкого, что привлечет внимание к самой распространенной случайной находке в скрининге рака легкого — коронарному кальцинозу и интерпретации его как степени риска ИБС.

Кроме того, единые принципы интерпретации данных находок — основа для стандартизации, необходимой в обучении ординаторов и практикующих врачей, проведении научных исследований, аудите самых различных практик, что, в конечном итоге, должно привести к повышению качества медицинской помощи.



1. Greenland P., Blaha M.J., Budoff M.J., Erbel R., Watson K.E. Coronary Calcium Score and Cardiovascular Risk. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2018, vol. 72, no. 4, pp. 434-447. doi: 10.1016/j.jacc.2018.05.027.
2. 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, no. 30, pp. 813-818.
3. Hughes-Austin J.M., Dominguez A., 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, vol. 9, no. 2, pp. 152-159. doi: 10.1016/j.jcmg.2015.06.030.
4. National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion (US) Office on Smoking and Health. The Health Consequences of Smoking – 50 Years of Progress: A Report of the Surgeon General. Atlanta (GA): Centers for Disease Control and Prevention (US). 2014.
5. Kim SM, Chung MJ, Lee KS, et al. Coronary calcium screening using low-dose lung cancer screening: effectiveness of MDCT with retrospective reconstruction. *AJR Am. J. Roentgenol.* 2008;190:917-22. doi:10.2214/AJR.07.2979.
6. National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion (US) Office on Smoking and Health. The Health Consequences of Smoking — 50 Years of Progress: A Report of the Surgeon General. Atlanta (GA): Centers for Disease Control and Prevention (US). 2014. PMID: 24455788.
7. Pakdaman MN, Rozanski A, Berman DS. Incidental coronary calcifications on routine chest CT: Clinical implications. *Trends Cardiovasc. Med.* 2017;27:475-80. doi:10.1016/j.tcm.2017.04.004.
8. Budoff MJ, Nasir K, Kinney GL, et al. Coronary artery and thoracic calcium on noncontrast thoracic CT scans: comparison of ungated and gated examinations in patients from the COPD Gene cohort. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2011 Mar-Apr;5(2):113-8. doi: 10.1016/j.jcct.2010.11.002.
9. Pershina ES, Sinitsin VE, Mershina EA, et al. Non-invasive FFR derived from standard acquired coronary computed tomography angiography (CTA) datasets (FFRCT) for the diagnosis of myocardial ischemia in patients with coronary artery disease (CAD): first data of clinical use. Comparison with invasive measurement. *Medical imaging.* 2018;22(2):47-55. (In Russ.) doi:10.24835/1607-0763-2018-2-47-55.
10. Agatston AS, Janovitz WR, Hildner FJ, et al. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1990;15:827-32. doi:10.1016/0735-1097(90)90282-t.
11. 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(TM) 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. Cardiovasc. Computed Tomography*, vol. 10, no. 4, pp. 269-281. doi:10.1016/j.jcct.2016.04.005-Pubmed.
12. Hecht H.S., Blaha M.J., Kazerooni E.A. et al. CAC-DRS: Coronary Artery Calcium Data and Reporting System. An expert consensus document of the Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT). *J. Cardiovasc. Comput. Tomogr.*, 2018, vol. 12, no. 3, pp. 185-191. doi: 10.1016/j.jcct.2018.03.008.
13. Hecht HS, Cronin P, Blaha MJ, et al. Erratum to “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. Cardiovasc. Comput. Tomogr.* 11(2017):74-84]. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2017;11(2):170. doi:10.1016/j.jcct.2017.02.011.
14. Blaha MJ, Budoff MJ, Tota-Maharaj R, et al. Improving the CAC Score by Addition of Regional Measures of Calcium Distribution: Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2016;9(12):1407-16. doi:10.1016/j.jcmg.2016.03.001.

15. Tota-Maharaj R, Joshi PH, Budoff MJ, et al. Usefulness of regional distribution of coronary artery calcium to improve the prediction of all-cause mortality. *Am J Cardiol.* 2015;115(9):1229-34. doi:10.1016/j.amjcard.2015.01.555.
16. Williams M, Shaw LJ, Raggi P, Morris D, et al. Prognostic value of number and site of calcified coronary lesions compared with the total score. *JACC: Cardiovasc Imaging.* 2008;1(1):61-9. doi:10.1016/j.jcmg.2007.09.001.
17. Ferencik M, Pencina KM, Liu T, et al. Coronary artery calcium distribution is an independent predictor of incident major coronary heart disease events: Results from the Framingham Heart Study. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2017;10(10). doi:10.1161/CIRCIMAGING.117.006592.
18. Chiles C, Duan F, Gladish GW, et al. Association of coronary calcification and mortality in the National Lung Screening Trial: A comparison of three scoring methods. *Radiology.* 2015; 276(1):82-90. doi:10.1148/radiol.15142062.
19. Shemesh J, Henschke CI, Shaham D, et al. Ordinal scoring of coronary artery calcifications on low-dose CT scans of the chest predicts deaths from cardiovascular disease. *Radiology.* 2010;257(2):541-8. doi:10.1148/radiol.10100383.

