

УДК : 616.12-005.4:616.13-004.6]-073.7

Оцінка прогностичної цінності індексу коронарного кальцинозу за Agatston для визначення значимого стенозу коронарних артерій за даними КТ-коронарографії у пацієнтів з ішемічною хворобою серця

Іщенко М.С. * A,C,D,F, Романюк О.Р. B,C,D,E

ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України», м. Київ

A – концепція та дизайн дослідження; B – збір даних; C – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; E – редагування статті; F – остаточне затвердження статті

Відомості про авторів:

Іщенко М.С.*, лікар-рентгенолог відділення променевої діагностики, в.о. зав. відділення променевої діагностики, <https://orcid.org/0000-0002-4166-7173>

Романюк О.Р., лікар-рентгенолог відділення променевої діагностики, <https://orcid.org/0009-0004-1105-0721>

Резюме. Ішемічна хвороба серця (ІХС) є провідною причиною смертності та інвалідності в усьому світі. КТ-коронарографія є швидким та неінвазивним методом діагностики патології коронарних артерій. Для стандартизації оцінки

результатів КТ-коронарографії розроблено систему CAD-RADS (Coronary Artery Disease – Reporting and Data System), яка ґрунтується на визначенні ступеня стенозу коронарних артерій. Згідно з останніми дослідженнями, окрім КТ-коронарографії важливим інструментом для стратифікації серцево-судинного ризику у безсимптомних пацієнтів є визначення індексу коронарного кальцію за шкалою Agatston (CAC Score).

Мета. Оцінити взаємозв'язок та ступінь кореляції між рівнем CAC Score та наявністю значимого стенозу коронарних артерій за умови комбінації CAC Score та КТ-коронарографії.

Матеріали та методи. Проаналізовано дані 464 пацієнтів ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії ім. М.М. Амосова НАМН України» з типовими або атиповими симптомами стенокардії та низьким або помірним ризиком ІХС у період з 01.09.2024 по 15.01.2025. Усі пацієнти пройшли клінічне обстеження, оцінку факторів ризику, визначення CAC Score та КТ-коронарографію. Пацієнтів з атеросклерозом поділили на групи: з незначимим стенозом та значимим стенозом ($\geq 50\%$ у головному стовбурі лівої коронарної артерії або $\geq 70\%$ в основних епікардіальних артеріях).

Результати. У дослідження включено 464 пацієнти, переважно чоловіки (55,6%), із середнім віком $59 \pm 10,22$ років. Атеросклеротичне ураження коронарних артерій виявлено у 273 (58,8%) пацієнтів. За CAD-RADS 24,54% пацієнтів мали CAD-RADS 1, 31,14% – CAD-RADS 2, 16,12% – CAD-RADS 3, 20,88% – CAD-RADS 4A, 5,49% – CAD-RADS 4B, 1,83% – CAD-RADS 5. У першій групі (незначимий стеноз) було 196 (71,8%) пацієнтів, у другій (значимий стеноз) – 77 (28,2%). Медіана CAC Score у першій групі – 24,5 (1–103,25), у другій – 271,5 (88–666,5), $p < 0,001$. Встановлено помірно сильну позитивну кореляцію між CAC Score та наявністю значимого стенозу коронарних артерій ($r = 0,635$, $p < 0,001$). Аналіз ROC кривої показав, що

оптимальна гранична точка CAC Score для виявлення значимого стенозу – 282, з чутливістю 48,7%, специфічністю 88,8% та AUC = 0,819.

Висновок. Дослідження виявило статистично значиму кореляцію між рівнем коронарного кальцинозу та наявністю значимого стенозу. CAC Score є надійним прогностичним маркером значимого стенозу коронарних артерій у пацієнтів з підозрою на ІХС.

Ключові слова: ішемічна хвороба серця, індекс коронарного кальцію, КТ-коронарографія, методи візуалізації, значимий стеноз коронарних артерій.

The prognostic value of the coronary calcium score for detecting significant coronary artery stenosis based on CT coronary angiography in patients with coronary artery disease

Mykhailo S. Ishchenko, Olha R. Romaniuk

National Amosov Institute of Cardiovascular Surgery of the National
Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Abstract. Coronary artery disease (CAD) is a leading cause of mortality and disability worldwide. CT coronary angiography is a fast and non-invasive method for diagnosing coronary artery pathology. To standardize the assessment of CT coronary angiography results, the CAD-RADS (Coronary Artery Disease – Reporting and Data System) was developed, which is based on determining the degree of coronary artery stenosis. According to recent studies, in addition to CT coronary angiography, an important tool for cardiovascular risk stratification in asymptomatic patients is the assessment of coronary calcium score using the Agatston scale (CAC Score).

The aim. To assess the relationship and degree of correlation between the CAC Score and the presence of significant coronary artery stenosis when combining CAC Score and CT coronary angiography.

Methods and Materials. The data of 464 patients from the National Institute of Cardiovascular Surgery were analyzed. These patients presented with typical or atypical angina symptoms and had a low or moderate risk of coronary artery disease between September 1, 2024, and January 15, 2025. All patients underwent clinical examination, risk factor assessment, CAC Score evaluation, and CT coronary angiography. Patients with atherosclerosis were divided into two groups: those with non-significant stenosis and those with significant stenosis ($\geq 50\%$ in the left main coronary artery or $\geq 70\%$ in the major epicardial coronary arteries).

Results. The study included 464 patients, predominantly male (55.6%), with a mean age of 59 ± 10.22 years. Atherosclerotic coronary artery disease was detected in 273 patients (58.8%). Based on the CAD-RADS, 24.54% of patients had CAD-RADS 1, 31.14% had CAD-RADS 2, 16.12% had CAD-RADS 3, 20.88% had CAD-RADS 4A, 5.49% had CAD-RADS 4B, and 1.83% had CAD-RADS 5. In the first group (non-significant stenosis), there were 196 patients (71.8%), while the second group (significant stenosis) included 77 patients (28.2%). The median CAC Score in the first group was 24.5 (1–103.25), while in the second group, it was 271.5 (88–666.5), $p < 0.001$. A moderately strong positive correlation was found between the CAC Score and the presence of significant coronary artery stenosis ($\rho = 0.635$, $p < 0.001$). ROC curve analysis shows that the optimal cutoff value of the CAC Score for detecting significant stenosis was 282, with a sensitivity of 48.7%, specificity of 88.8%, and an AUC of 0.819.

Conclusion. The study identified a statistically significant correlation between the level of coronary calcification and the presence of significant stenosis. The CAC

Score is a reliable prognostic marker for significant coronary artery stenosis in patients with suspected coronary artery disease.

Keywords: coronary artery disease, coronary artery calcium score, CT coronary angiography, imaging modalities, significant coronary arteries stenosis.

Вступ

Ішемічна хвороба серця (ІХС) є провідною причиною смертності та інвалідності в усьому світі. Згідно з сучасними дослідженнями на сьогоднішній день близько 126 мільйонів осіб страждають від даного захворювання [1]. Окрім того, ІХС накладає великий економічний та суспільний тягар на системи охорони здоров'я розвинених країн [2].

КТ-коронарографія є швидким та неінвазивним методом діагностики патології коронарних артерій, що завдяки сучасним досягненням забезпечує високу чутливість та специфічність у виявленні атеросклеротичних бляшок та визначенні ступеню стенозу за умови належної якості зображення [3]. Окрім того, даний метод є первинним у діагностиці для пацієнтів з низьким та помірним ризиком значимого ураження коронарних артерій у пацієнтів з ІХС [4]. Для стандартизації оцінки результатів КТ-коронарографії розроблено систему CAD-RADS (Coronary Artery Disease – Reporting and Data System), яка ґрунтується на визначенні ступеню стенозу коронарних артерій. CAD-RADS включає п'ять основних категорій, які базуються на значимості ураження коронарних артерій: CAD-RADS 0: відсутність стенозу (0%), CAD-RADS 1: стеноз 1-24%, CAD-RADS 2: стеноз 25–49%, CAD-RADS 3: стеноз 50–69%, CAD-RADS 4A: стеноз 70–99% однієї або двох коронарних артерій, CAD-RADS 4B: стеноз більше 50% основного стовбуру лівої коронарної артерії або

стеноз більше 70% трьох коронарних артерій, CAD-RADS 5: оклюзія коронарної артерії (100%) [5].

Згідно з останніми дослідженнями, окрім КТ-коронарографії важливим інструментом для стратифікації серцево-судинного ризику у безсимптомних пацієнтів є визначення індексу коронарного кальцію за шкалою Agatston (CAC Score) [6]. Даний метод проводиться з ЕКГ-синхронізацією та без використання контрастної речовини, що надає йому економічної ефективності та широкої доступності [7]. Керуючись оновленою у 2022 році системою CAD-RADS 2.0, ступінь коронарокальцинозу поділяють на п'ять категорій: P0: CAC Score = 0 - відсутність коронарного кальцію, P1: CAC Score = 1-100, P2: CAC Score = 101-300, P3: CAC Score = 301-999, P4: CAC Score > 1000 [5]. Дослідження показали, що відсутність коронарокальцинозу при визначенні CAC Score (P0) зменшує ймовірність наявності значимого стенозу у коронарних артеріях (стеноз 50% або більше у основному стовбурі лівої коронарної артерії або стеноз 70% у одній з основних епікардіальних коронарних артерій), але його діагностична цінність є більшою у літніх пацієнтів порівняно з молодшими [8]. Оскільки CAC Score не є ізольованим методом діагностики через обмеженість отриманих даних, зберігається відкритим питання, чи може показник рівня коронарокальцинозу, визначеного за шкалою Agatston, допомогти у прогнозуванні наявності значимого стенозу коронарних артерій у пацієнтів з ІХС [9].

Мета

Оцінити взаємозв'язок та ступінь кореляції між рівнем CAC Score та наявністю значимого стенозу коронарних артерій за умови комбінації CAC Score та КТ-коронарографії.

Матеріали та методи

Ретроспективно було зібрані дані в ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України» серед 464 пацієнтів із типовими або атиповими симптомами стенокардії, які мали низький та помірний ризик ІХС протягом періоду з 01 вересня 2024 року по 15 січня 2025 року. Пацієнти пройшли ретельне клінічне обстеження та оцінку традиційних факторів ризику ІХС, разом із визначенням САС Score за протоколом КТ, який прийнятий у відділенні променевої діагностики. Вони також пройшли КТ-коронарографію для оцінки наявності стенозу та визначення його ступеню.

В подальшому ми поділили всіх пацієнтів з наявністю атеросклерозу коронарних артерій на дві групи: перша група (група I) – з наявністю незначимого стенозу; друга група (група II) – з наявністю значимого стенозу. Значимим стенозом вважали звуження просвіту на 50% або більше у основному стовбурі лівої коронарної артерії або стеноз 70% у одній з основних епікардіальних коронарних артерій.

Різні категорії CAD RADS, які поділені на групи I та II, з репрезентативними прикладами зображені на рис.1.

Критерії виключення для цього дослідження:

- Раніше встановлені стенти або коронарне шунтування.
- Низька якість зображень (артефакти та/або кальцифікація, яка ускладнює інтерпретацію).
- Відомі системні захворювання, що впливають на кальцифікацію (наприклад, хронічні захворювання нирок).
- Гострий коронарний синдром.

- Порушення ритму серця, які не дозволяли провести якісне обстеження.

Всі обстеження були виконані на апараті Canon Aquilion One Genesis Edition (Canon Medical Systems, Японія) із використанням ЕКГ-синхронізації.

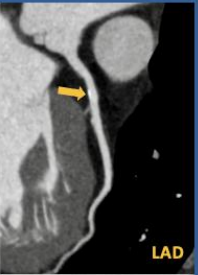
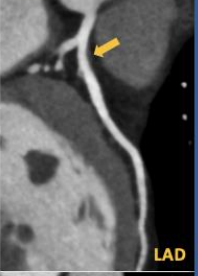
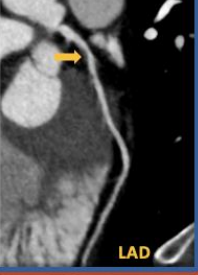
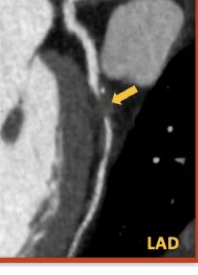
CAD-RADS	Ступінь стенозу	КТ-коронарографія
CAD-RADS 0	0%	
CAD-RADS 1	1-24%	
CAD-RADS 2	25-49%	
CAD-RADS 3	50-69%	
CAD-RADS 4	А: 70-99% стеноз в 1 або 2 артеріях В: >50% стеноз в основному стовбурі лівої коронарної артерії або >70% в 3 артеріях	
CAD-RADS 5	100%	

Рисунок 1. Різні категорії CAD RADS, поділені на групи I та II, з репрезентативними прикладами.

Примітка. Синім кольором виділена група I, до якої належать категорії з незначимим стенозом (CAD RADS 1-3), червоним кольором виділена група II, до якої належать категорії зі значимим стенозом (CAD RADS 4-5). LAD - (ПМШГ ЛКА – передня міжшлуночкова гілка лівої коронарної артерії).

Протокол КТ серця з метою визначення CAC Score

КТ дослідження для визначення CAC Score виконували у положенні пацієнта на спині. Локалізація серця здійснювалася за допомогою низькодозової, низькороздільної сканограми грудної клітки. Високороздільне сканування серця виконували від рівня біфуркації легеневої артерії та продовжували каудально до верхівки серця, щоб отримати повну візуалізацію серця за одне сканування. Завдяки швидкому часу обертання рентгенівської трубки та наявності широкого детектора (16 см), час затримки дихання був близько 5 секунд.

Далі отримували зрізи товщиною 0,5 мм. Для визначення зони коронарної кальцифікації використовували щонайменше чотири суміжні пікселі з визначення щільності ≥ 130 одиниць Хаунсфілда (HU). Загальний показник коронарного кальцію обчислювали за допомогою індексу Agatston, перемножуючи площу кожного кальцифікованої ділянки на коефіцієнт щільності та отримуючи загальне цифрове значення коронарокальцинозу [10].

Аналіз CAC Score проводили на робочій станції Vitrea Advanced (Canon Medical Systems, Японія). На рисунку 2 зображена методика вимірювання CAC Score.

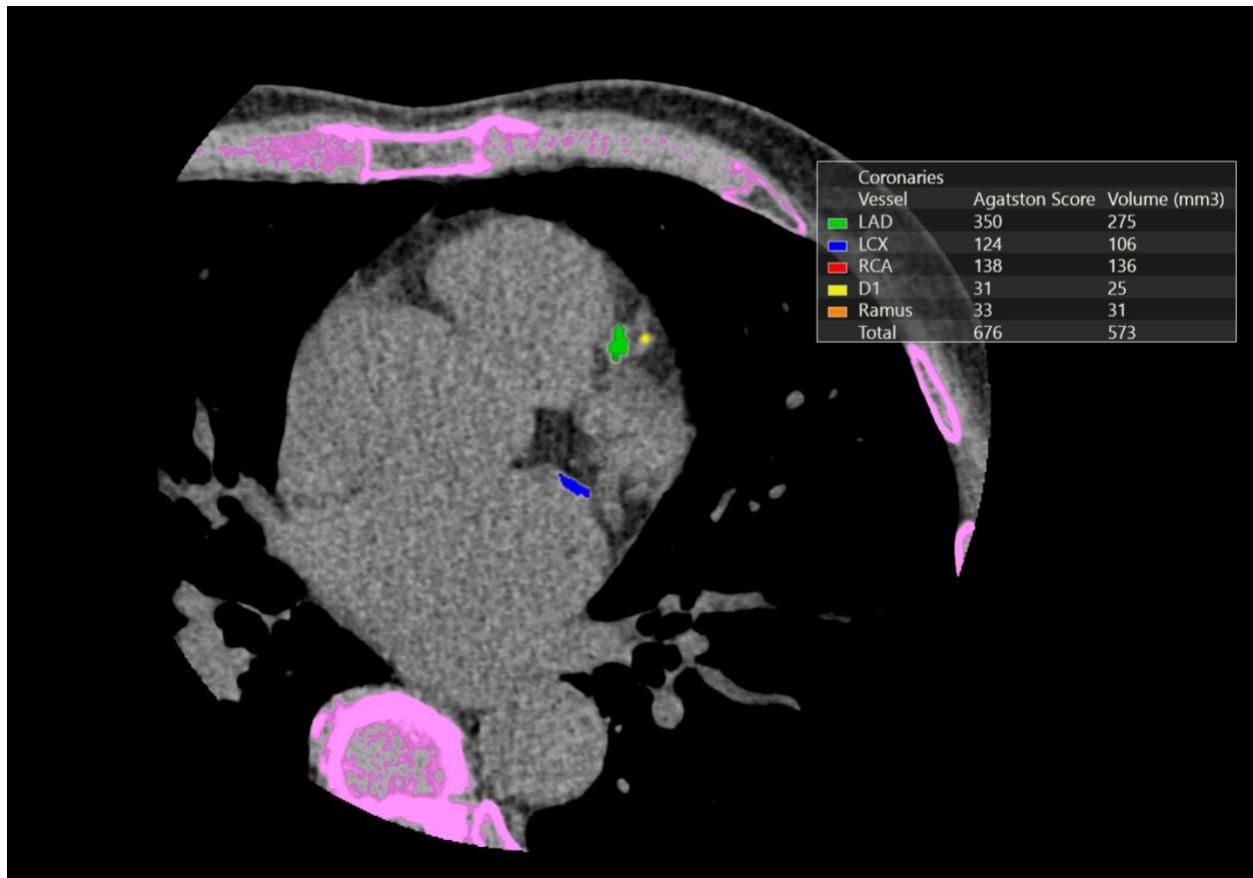


Рисунок 2. Чоловік, 71 рік, CAC Score = 676 (LAD = 350, LCX = 124, RCA = 138, D1 = 31, Ramus = 33). На зображенні з товщиною зрізу 0,5 мм візуалізуються кальциновані бляшки у проксимальному сегменті LAD (зображені зеленим кольором), проксимальному сегменті LCX (зображені синім кольором), D1 (зображені жовтим кольором).

Пацієнту одразу було виконано КТ-коронарографію, де виявлено значимі стенози у проксимальному сегменті LAD та проксимальному сегменті LCX.

Примітка. LAD (ПМШГ ЛКА) – передня міжшлуночкова гілка лівої коронарної артерії, LCX (ОГ ЛКА) – огинаяча гілка лівої коронарної артерії, RCA (ПКА) – права коронарна артерія, D1 - перша діагональна гілка, Ramus - проміжна гілка лівої коронарної артерії.

Протокол КТ-коронарографії

Всім без виключення пацієнтам ретельно здійснювався контроль частоти серцевих скорочень (ЧСС). За необхідністю, якщо ЧСС перевищувала 65 уд./хв., виконувалось внутрішньовенне введення метопрололу в дозі від 5 мг до 15 мг.

КТ-коронарографію проводили на апараті Canon Aquilion One Genesis Edition (Canon Medical Systems, Японія) із використанням ЕКГ-синхронізації

($640 \times 0,5$ мм, час обертання гентрі - 275 мс). Модуляцію дози забезпечували за допомогою ЕКГ-синхронізації, при якій максимальне опромінення припадало на 30%–80% інтервалу R-R.

Внутрішньовенно вводили йод-вмісну контрастну речовину у дозі 1 мл/кг маси тіла (препарат Томогексол 350, Фармак, Україна) зі швидкістю від 5 до 6 мл/с, після чого вводили від 60 до 90 мл фізіологічного розчину з такою ж швидкістю інфузії.

Надалі обробка КТ-зображень здійснювалася лікарями-рентгенологами із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення для тривимірної реконструкції і аналізу зображень за допомогою робочої станції Vitrea Advanced (Canon Medical Systems, Японія). Ступінь звуження просвіту оцінювали напівкількісно, шляхом візуальної оцінки, виражаючи ступінь звуження як відсоток зменшення діаметру судини порівняно з її нормальним просвітом.

Статистична обробка

Статистичний аналіз виконували за допомогою програмного пакету Statistica (версія 12.6).

Безперервні змінні представлені як середнє значення $\pm$ стандартне відхилення або медіана з міжквартильним інтервалом. Для порівняння груп використовували t-критерій Стюдента або тест Манна-Уїтні залежно від розподілу даних. Категоріальні змінні виражали як абсолютні значення та відсотки, їх аналізували за допомогою χ^2 -тесту.

Побудова ROC-кривих та розрахунок AUC (площі під кривою) використовувалися для оцінки прогностичної точності CAC Score щодо виявлення значимого стенозу коронарних артерій.

Рівень статистичної значущості приймали за $p < 0,05$.

Результати

У дослідження загалом увійшли 464 пацієнти із переважанням чоловіків ($n = 258, 55,6\%$), у яких була підозра на ІХС з наявністю типових або атипових симптомів. Середній вік пацієнтів склав $59 \pm 10,22$ років.

Кількість пацієнтів, у яких не було виявлено атеросклеротичного ураження коронарних артерій, становила 191 (41,2%).

Загальна кількість пацієнтів, у яких було виявлено хоча б одну атеросклеротичну бляшку (незалежно від того, викликає вона значимий чи незначимий стеноз коронарної артерії), становила 273 (58,8%), з них 81 жінка (29,7%) та 192 чоловіки (70,3%). Розподіл пацієнтів з атеросклеротичним ураженням коронарних артерій за віком був такий: <40 років: 8 пацієнтів; 41-50 років: 49 пацієнтів; 51-60 років: 88 пацієнтів; 61-70 років: 79 пацієнтів; >70 років: 49 пацієнтів. За категоріями CAD-RADS пацієнти розподілялись так: CAD-RADS 1: 24,54% ($n=67$ пацієнтів); CAD-RADS 2: 31,14% ($n=85$ пацієнтів); CAD-RADS 3: 16,12% ($n=44$ пацієнти); CAD-RADS 4-A: 20,88%

(n=57 пацієнтів); CAD-RADS 4-B: 5,49% (n=15 пацієнтів); CAD-RADS 5: 1,83% (n=5 пацієнтів).

Кількість пацієнтів у першій групі становила 196 (71,8%). У другій групі - 77 (28,2%).

У першій групі медіана індексу коронарного кальцію становила 24,5, а міжквартильний інтервал склав 1–103,25.

У другій групі медіана індексу коронарного кальцію становила 271,5, а міжквартильний інтервал склав 88–666,5.

Розподіл ступеня CAC Score за групами спостереження зображено на рис.3.

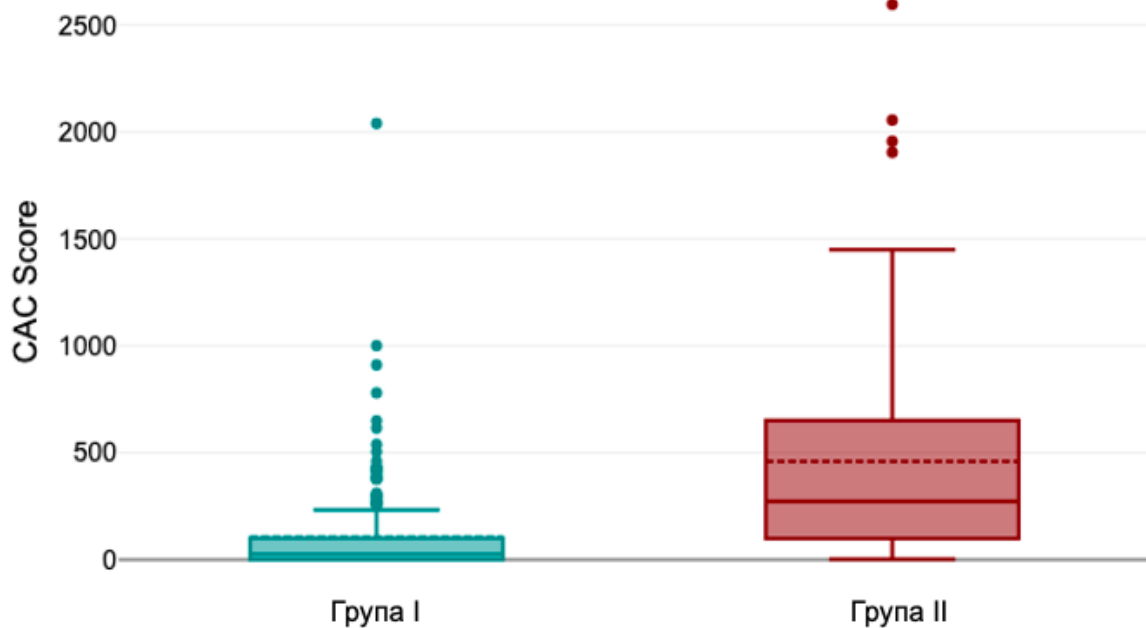


Рисунок 3. Розподіл ступеня CAC Score між групами спостереження I та II.

Порівняння рівня CAC Score між групами спостереження I та II зазначені в таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняння рівня CAC Score між першою та другою групами спостереження.

	I група	II група	p-Value
Медіана індексу коронарного кальцію за Agatston (25%,75%)	24,5 (1, 103.25)	271,5 (88,666.5)	p<0,001

Примітка. Указано медіану Me та міжквартильний інтервал (QI–QIII). Для порівняння використано тест Манна-Уїтні - відмінність у групах статистично значуща, $p < 0,05$.

Значення коефіцієнта кореляції Спірмана (ρ) становило 0,635, що свідчить про помірно сильну позитивну кореляцію.

Результати показали статистично значущий позитивний зв'язок між рівнем індексом коронарного кальцію за Agatston та ступенем ураження коронарних артерій ($p < 0,001$).

Відповідно до аналізу ROC кривої (рис.4) оптимальна гранична точка CAC Score для виявлення значимого стенозу була 282, яка відповідає чутливості 48,7%, специфічності 88,8%, позитивній прогностичній цінності (PPV): 63.1%, негативній прогностичній цінності (NPV): 81.5% і точності 77,5% (AUC = 0.819).

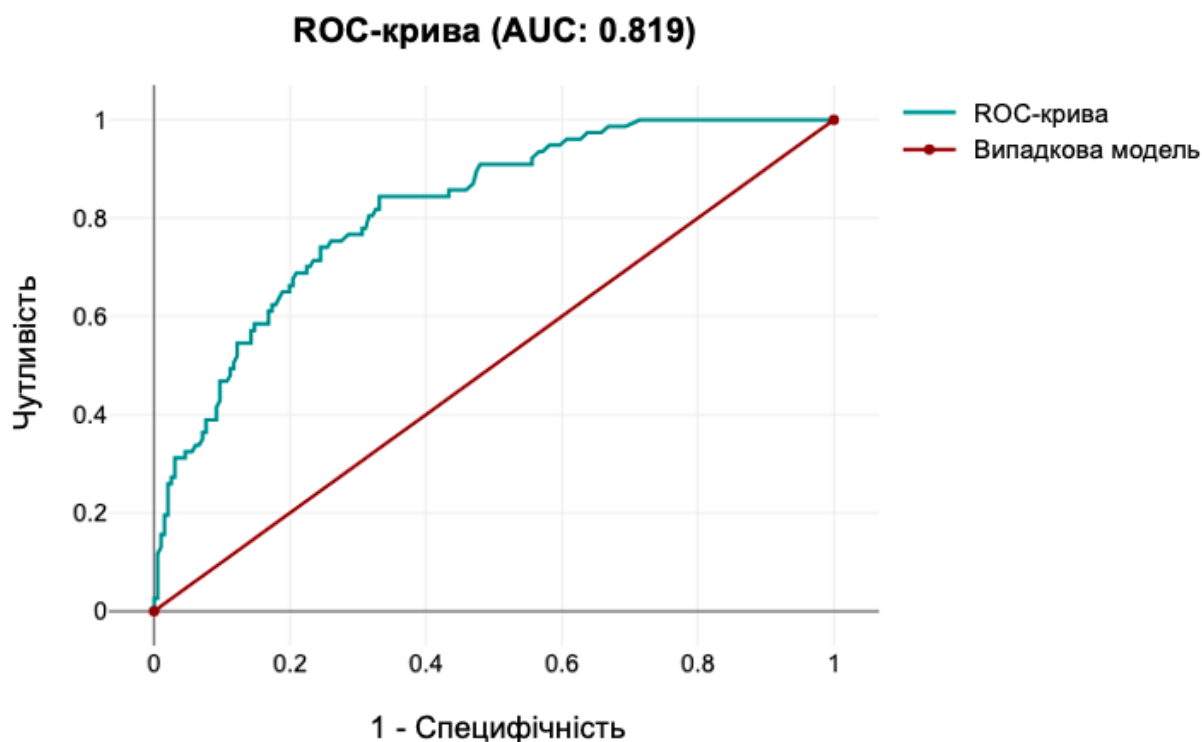


Рисунок 4. ROC крива чутливості та специфічності для виявлення значимого стенозу.

Примітка. ROC-крива - receiver operating characteristic, робоча характеристика приймача; AUC - area under ROC curve, площа під ROC-кривою.

Обговорення

У даному дослідженні проаналізовано показники CAC Score у пацієнтів з підозрою на ІХС та досліджено взаємозв'язок між рівнем коронарокальцинозу та наявністю значимого стенозу коронарних артерій.

У цій роботі ми використовували КТ-коронарографію для оцінки коронарокальцинозу та визначенні ступеня стенозу коронарних артерій.

Рівень коронарокальцинозу був статистично значимо більший у другій групі пацієнтів (271,5 (88,666.5), $p < 0,001$), ніж у першій групі пацієнтів (24,5 (1, 103.25), $p < 0,001$). Ми бачимо, що існує прямий, помірно сильний позитивний кореляційний зв'язок між рівнем коронарокальцинозу та наявністю значимого стенозу коронарних артерій (коефіцієнт кореляції Спірмана (ρ)=0,635, $p < 0,001$).

Отримані результати продемонстрували, що високі значення CAC Score, на рівні 282, забезпечували досить високу чутливість, специфічність, позитивну прогностичну цінність (PPV) та негативну прогностичну цінність (NPV) для виявлення значимого стенозу коронарних артерій (AUC=0,819).

Водночас відсутність коронарокальцинозу (CAC Score = 0) не виключає можливості наявності значимого стенозу коронарних артерій, особливо у пацієнтів молодого віку.

Дослідження de Agustin та співавторів продемонструвало, що при значенні індексу коронарного кальцинозу за Agatston ≥ 400 у пацієнтів із типовими стенокардичними симптомами специфічність і позитивна прогностична цінність (PPV) для виявлення коронарного стенозу $\geq 70\%$ становили 93,5% і 85,8% відповідно [11]. Виходячи з цих даних та даних нашого дослідження, можна рекомендувати всім пацієнтам з високим індексом коронарокальцинозу проводити інвазивну коронарографію та утриматись від проведення КТ-коронарографії.

Раніше було висловлено припущення, що оцінка індексу коронарного кальцію може покращити стратифікацію ризику при прогнозуванні 10-річної ймовірності серцево-судинних подій, доповнюючи традиційні фактори ризику

(такі як вік, стать, куріння, діабет, тощо). Два попередні дослідження продемонстрували, що включення CAC Score сприяло підвищенню точності прогнозування серцево-судинних подій. Зокрема, Erbel та співавтори відзначили покращення точності з 0,68 до 0,75 при додаванні індексу коронарокальцинозу до факторів ризику за Фрамінгемською шкалою та з 0,65 до 0,76 при його включенні до категорій АТР III [12]. Водночас Polonsky та інші зафіксували зростання точності прогнозування з 0,76 до 0,81 після врахування індексу коронарокальцинозу у Фрамінгемській моделі ризику [13].

Було встановлено, що CAC Score є надійним предиктором наявності значимого стенозу коронарних артерій, що підтверджується і нашими результатами.

Традиційні фактори ризику мають обмежену точність у прогнозуванні наявності значимого стенозу коронарних артерій. Додавання CAC Score суттєво підвищує прогностичну точність звичних факторів ризику щодо виявлення значимого стенозу. Враховуючи те, що індекс коронарокальцинозу забезпечує значно вищу чутливість у прогнозуванні ангіографічно підтвердженого стенозу та водночас підвищує специфічність КТ-коронарографії для встановлення аналогічного діагнозу, його визначення було включено до оновленої класифікації CAD-RADS 2.0. [5]. Відтепер оцінка CAC Score є обов'язковим компонентом КТ-коронарографії, що сприяє покращенню стратифікації ризику та оптимізації діагностичної тактики.

Обмеженнями цього дослідження були: 1) Це дослідження включало пацієнтів, які мали симптоми стенокардії та які мали покази для проведення КТ-коронарографії. Оскільки тільки пацієнти з симптомами ІХС проходили обстеження, існує ймовірність певних неточностей у результатах, зокрема

щодо загальної популяції пацієнтів із підозрою на коронарну патологію та пацієнтів з безбольовою формою ІХС; 2) Розмір вибірки у дослідженні був середній; 3) В нашому дослідженні ми не проводили детальний аналіз взаємозв'язку між CAC Score та різними категоріями CAD-RADS, натомість ми сконцентрувались на наявності або відсутності значимого стенозу коронарних артерій.

Висновки

Проведене дослідження показало, що існує взаємозв'язок та статистично значима кореляція між рівнем коронарного кальцинозу та наявністю значимого стенозу коронарних артерій при проведенні КТ-коронарографії. Отримані результати підтверджують, що рівень коронарного кальцинозу є надійним прогностичним маркером для виявлення значимого стенозу коронарних артерій у пацієнтів з підозрою на ІХС.

Конфлікт інтересів: відсутній.

Conflicts of interest: authors have no conflict of interest to declare.

Список літератури

1. Khan MA, Hashim MJ, Mustafa H, Baniyas MY, Al Suwaidi SKBM, AlKatheeri R, Alblooshi FMK, Almatrooshi MEAH, Alzaabi MEH, Al Darmaki RS, Lootah SNAH. Global Epidemiology of Ischemic Heart Disease: Results from the Global

Burden of Disease Study. *Cureus*. 2020 Jul 23;12(7):e9349. doi: 10.7759/cureus.9349.

2. Virani SS, Newby LK, Arnold SV, Bittner V, Brewer LC, Demeter SH, Dixon DL, Fearon WF, Hess B, Johnson HM, Kazi DS, Kolte D, Kumbhani DJ, LoFaso J, Mahtta D, Mark DB, Minissian M, Navar AM, Patel AR, Piano MR, Rodriguez F, Talbot AW, Taqueti VR, Thomas RJ, van Diepen S, Wiggins B, Williams MS; Peer Review Committee Members. 2023 AHA/ACC/ACCP/ASPC/NLA/PCNA Guideline for the Management of Patients With Chronic Coronary Disease: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2023 Aug 29;148(9):e9-e119. doi: 10.1161/CIR.0000000000001168. Epub 2023 Jul 20. Erratum in: *Circulation*. 2023 Sep 26;148(13):e148. doi: 10.1161/CIR.0000000000001183. Erratum in: *Circulation*. 2023 Dec 5;148(23):e186. doi: 10.1161/CIR.0000000000001195.

3. Abbara S, Blanke P, Maroules CD, Cheezum M, Choi AD, Han BK, Marwan M, Naoum C, Norgaard BL, Rubinshtein R, Schoenhagen P, Villines T, Leipsic J. SCCT guidelines for the performance and acquisition of coronary computed tomographic angiography: A report of the society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee: Endorsed by the North American Society for Cardiovascular Imaging (NASCI). *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2016 Nov-Dec;10(6):435-449. doi: 10.1016/j.jcct.2016.10.002.

4. Vrints C, Andreotti F, Koskinas KC, Rossello X, Adamo M, Ainslie J, Banning AP, Budaj A, Buechel RR, Chiariello GA, Chieffo A, Christodorescu RM, Deaton C, Doenst T, Jones HW, Kunadian V, Mehilli J, Milojevic M, Piek JJ, Pugliese F, Rubboli A, Semb AG, Senior R, Ten Berg JM, Van Belle E, Van Craenenbroeck EM, Vidal-Perez R, Winther S; ESC Scientific Document Group. 2024 ESC Guidelines

for the management of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J*. 2024 Sep 29;45(36):3415-3537. doi: 10.1093/eurheartj/ehae177.

5. Cury RC, Leipsic J, Abbara S, Achenbach S, Berman D, Bittencourt M, Budoff M, Chinnaiyan K, Choi AD, Ghoshhajra B, Jacobs J, Kowek L, Lesser J, Maroules C, Rubin GD, Rybicki FJ, Shaw LJ, Williams MC, Williamson E, White CS, Villines TC, Blankstein R. CAD-RADS™ 2.0 - 2022 Coronary Artery Disease - Reporting and Data System An Expert Consensus Document of the Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT), the American College of Cardiology (ACC), the American College of Radiology (ACR) and the North America Society of Cardiovascular Imaging (NASCI). *Radiol Cardiothorac Imaging*. 2022 Sep 22;4(5):e220183. doi: 10.1148/ryct.220183.

6. Greenland P, Blaha MJ, Budoff MJ, Erbel R, Watson KE. Coronary Calcium Score and Cardiovascular Risk. *J Am Coll Cardiol*. 2018 Jul 24;72(4):434-447. doi: 10.1016/j.jacc.2018.05.027.

7. Shreya D, Zamora DI, Patel GS, Grossmann I, Rodriguez K, Soni M, Joshi PK, Patel SC, Sange I. Coronary Artery Calcium Score - A Reliable Indicator of Coronary Artery Disease? *Cureus*. 2021 Dec 3;13(12):e20149. doi: 10.7759/cureus.20149

8. Mortensen MB, Gaur S, Frimmer A, Bøtker HE, Sørensen HT, Kragholm KH, Niels Peter SR, Steffensen FH, Jensen RV, Mæng M, Kanstrup H, Blaha MJ, Shaw LJ, Dzaye O, Leipsic J, Nørgaard BL, Jensen JM. Association of Age With the Diagnostic Value of Coronary Artery Calcium Score for Ruling Out Coronary Stenosis in Symptomatic Patients. *JAMA Cardiol*. 2022 Jan 1;7(1):36-44. doi: 10.1001/jamacardio.2021.4406.

9. Moradi M, Rafiei E, Rasti S, Haghbin H. Coronary artery calcification-does it predict the CAD-RADS category? *Emerg Radiol*. 2022 Dec;29(6):969-977. doi: 10.1007/s10140-022-02082-w. Epub 2022 Aug 4.

10. Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, Zusmer NR, Viamonte M Jr, Detrano R. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. J Am Coll Cardiol. 1990;15(4):827-832. doi:10.1016/0735-1097(90)90282-T.
11. de Agustin J. A., Marcos-Alberca P., Fernández-Golfín C., et al. Should computed tomography coronary angiography Be aborted when the calcium score exceeds a certain threshold in patients with chest pain? International Journal of Cardiology . 2013;167(5):2013–2017. doi: 10.1016/j.ijcard.2012.05.041.
12. Erbel R, Möhlenkamp S, Moebus S, et al. Coronary risk stratification, discrimination, and reclassification improvement based on quantification of subclinical coronary atherosclerosis: the Heinz Nixdorf Recall study. J Am Coll Cardiol. 2010;56(17):1397-1406. doi:10.1016/j.jacc.2010.06.030.
13. Polonsky TS, McClelland RL, Jorgensen NW, et al. Coronary Artery Calcium Score and Risk Classification for Coronary Heart Disease Prediction. JAMA. 2010;303(16):1610–1616. doi:10.1001/jama.2010.461

*E-mail: amosov.radiology@gmail.com

Information about the authors:

Ishchenko Mykhailo, MD, Radiologist, National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv.

Romaniuk Olha, MD, Radiologist, National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv.

Конт. Іщенко Михайло Сергійович, amosov.radiology@gmail.com,
0954563796