

[https://doi.org/10.63181/ujcvs.2025.33\(1\).19-26](https://doi.org/10.63181/ujcvs.2025.33(1).19-26)
УДК 616.12-005.4:616.13-004.6]-073.7

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>

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

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

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 атипovими 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 ($\rho = 0,635$, $p < 0,001$). 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: хронічний коронарний синдром, атеросклероз, фактори ризику, методи візуалізації, CAC Score, CAD-RADS.

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 [2,3].

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 [4,5]. Окрім того, даний метод є одним з первинних у діагностиці для

пацієнтів з помірним ризиком значимого ураження коронарних артерій у пацієнтів з ІХС [6,7]. 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%) [8].

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) [9,10]. Даний метод проводиться з ЕКГ-синхронізацією та без використання контрастної речовини, що надає йому економічної ефективності та широкої доступності [11]. 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 [8]. 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 [12]. 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 [13,14].

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 були зібрані дані в ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України» серед 464 пацієнтів із типовими або атипичними симптомами стенокардії, які мали низький та помірний ризик ІХС, у період з 1 вересня 2024 року по 15 січня 2025 року. Пацієнти пройшли ретельне клінічне обстеження та оцінку традиційних факторів ризику ІХС разом із визначенням CAC Score за протоколом КТ, який засто-

совується у відділенні променевої діагностики. Вони також пройшли КТ-коронарографію для оцінки наявності стенозу та визначення його ступеню.

В подальшому пацієнтів з атеросклерозом коронарних артерій було поділено 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 в основному стовбурі лівої коронарної артерії або стеноз 70% у одній з основних епікардіальних коронарних артерій.

Різні категорії CAD-RADS 2.0 [8], які поділяються на групи I та II, з репрезентативними прикладами зображені на Рисунку 1.

Пацієнтів, у яких за результатами КТ-коронарографії було виявлено значиме звуження коронарної артерії, відповідно до рекомендацій CAD-RADS 2.0, було скеровано на проведення інвазивної коронарографії для уточнення ступеня стенозу та визначення подальшої тактики лікування.

Критерії виключення для цього дослідження:

- Раніше встановлені стенти або коронарне шунтування – такі пацієнти були виключені, оскільки у них раніше вже було виявлено значиме звуження однієї з коронарних артерій, що могло вплинути на результати аналізу. Крім того, наявність металевих конструкцій (стенти, кліпси, тощо.) могла спричинити артефакти, що ускладнюють точну оцінку ступеня стенозу.
- Низька якість зображень – виключалися випадки, де через рухові артефакти, спричинені диханням, мимовільними рухами або важким станом пацієнта, було неможливо отримати якісні зображення для повноцінної інтерпретації.
- Відомі системні захворювання, що впливають на кальцифікацію – виключалися пацієнти із захворюваннями, що впливають на кальцифікацію коронарних артерій, зокрема з хронічною хворобою нирок III–V стадії, неконтрольованим цукровим діабетом і порушеннями обміну кальцію.
- Гострий коронарний синдром – такі пацієнти були виключені, оскільки їм показане проведення інвазивної коронарографії.
- Порушення ритму серця, які не дозволяли провести якісне обстеження – виключалися пацієнти з частою екстрасистолією або наявністю тахікардії понад 90 уд./хв, які неможливо було купувати в/в введенням бета-блокаторів.

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

Протокол КТ серця з метою визначення CAC Score

КТ дослідження для визначення CAC Score виконували у положенні пацієнта на спині. Локалізація серця

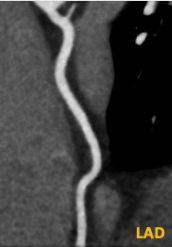

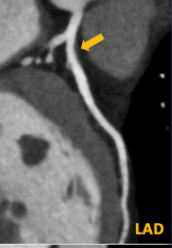
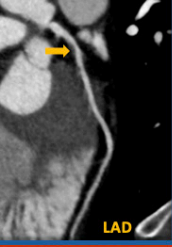

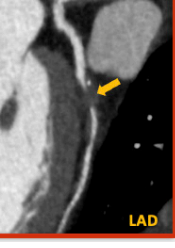
CAD-RADS	Ступінь стенозу	КТ-коронарографія
CAD-RADS 0	0%	
CAD-RADS 1	1-24%	
CAD-RADS 2	25-49%	
CAD-RADS 3	50-69%	
CAD-RADS 4	A: 70-99% стеноз в 1 або 2 артеріях B: >50% стеноз в основному стовбурі лівої коронарної артерії або >70% в 3 артеріях	
CAD-RADS 5	100%	

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 (ЛКА) – передня міжшлуночкова гілка лівої коронарної артерії.

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 кожної кальцифікованої ділянки на коефіцієнт щільності та отримуючи загальне цифрове значення коронарокальцинозу [15].

Аналіз CAC Score проводили на робочій станції «Vitrea Advanced» (Canon Medical Systems®, Японія).

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 × 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 йогексол 350) 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 Стьюдента або тест Манна-Уїтні залежно від розподілу даних. Категоріальні змінні виражали як абсолютні значення та відсотки, їх аналізу-

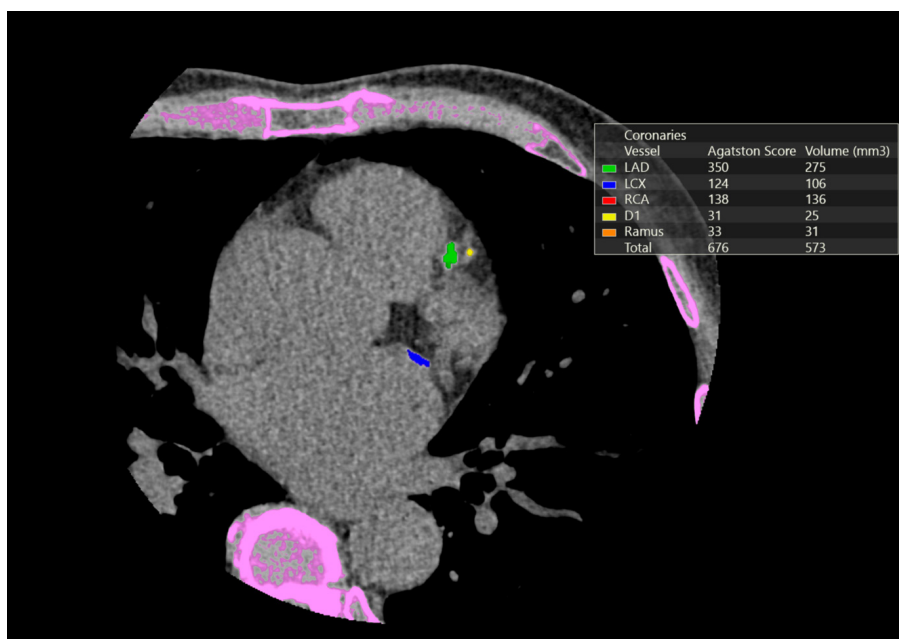


Рисунок 2. Методика вимірювання CAC Score. Чоловік, 71 рік, CAC Score = 676 (LAD = 350, LCX = 124, RCA = 138, D1 = 31, Ramus = 33). На зображенні з товщиною зрізу 0,5 мм візуалізуються кальціновані бляшки у проксимальному сегменті LAD (зображені зеленим кольором), проксимальному сегменті LCX (зображені синім кольором), D1 (зображені жовтим кольором). Пацієнту одразу було виконано КТ-коронарографію, де виявлено значимі стенози у проксимальному сегменті LAD та проксимальному сегменті LCX

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

вали 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 атипичних 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.

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

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 (Рисунок 4) оптимальна гранична точка CAC Score для виявлення значимого стенозу була 282, яка відповідає чутливості 48,7%, специфічності 88,8%,

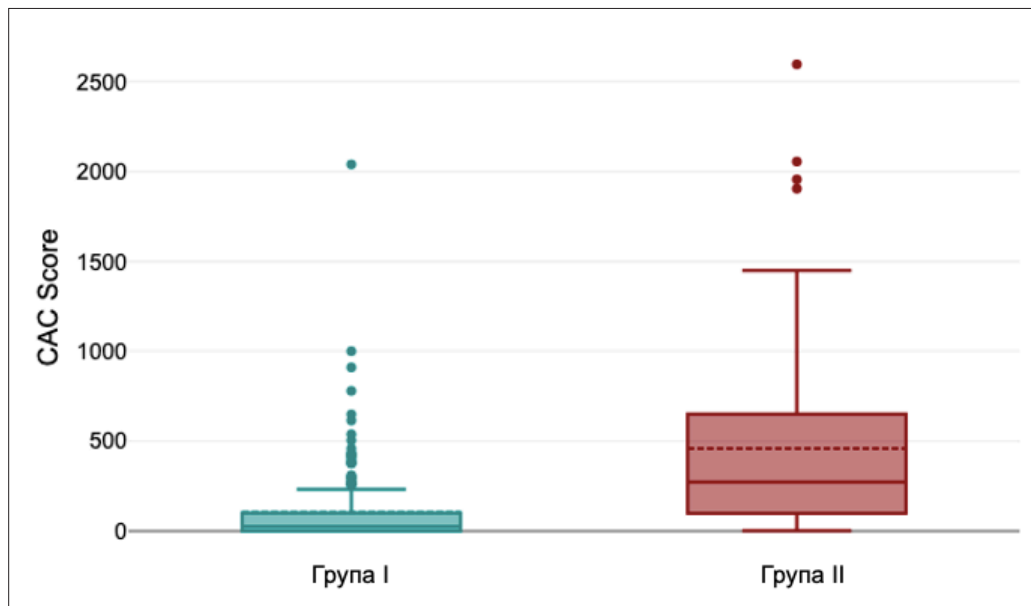


Рисунок 3. Розподіл ступеня CAC Score між групами спостереження I та II

позитивній прогностичній цінності (PPV): 63.1%, негативній прогностичній цінності (NPV): 81.5% і точності 77,5% (AUC = 0.819).

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 [16].

Дослідження de Agustin et al. (2013) 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 [17]. 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 et al. (2010) відзначили покращення точності з 0,68 до 0,75 при додаванні індексу коронарокальцино-

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)	$p < 0,001$

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

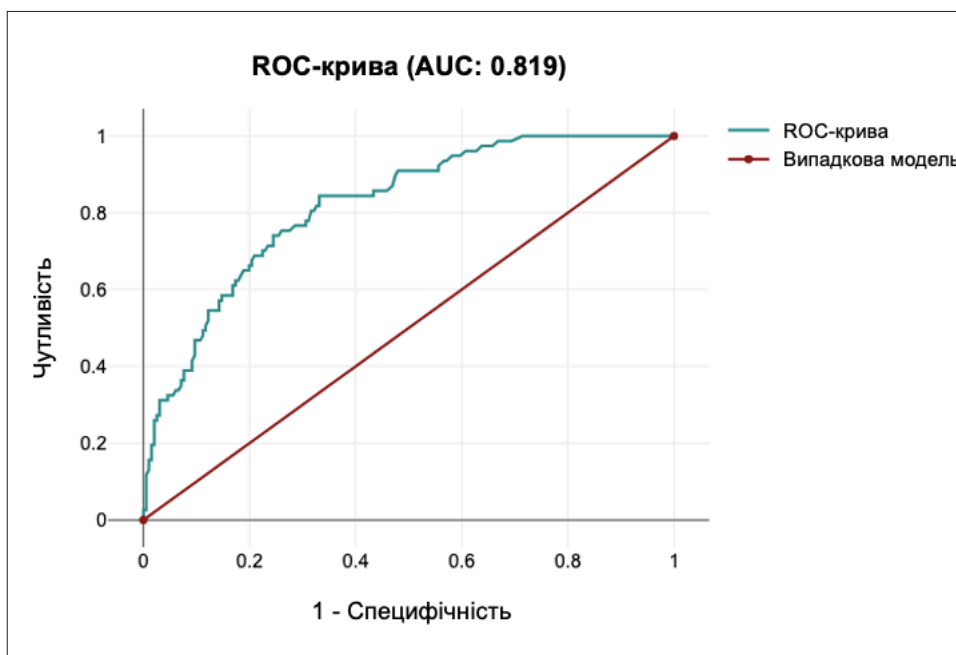


Рисунок 4. ROC крива чутливості та специфічності для виявлення значимого стенозу

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

зу до факторів ризику за Фрамінгемською шкалою та з 0,65 до 0,76 при його включенні до категорій ATP III [18]. Водночас Polonsky et al (2010) зафіксували зростання точності прогнозування з 0,76 до 0,81 після врахування індексу коронарокальцинозу у Фрамінгемській моделі ризику [19]. 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 [20]. Враховуючи те, що індекс коронарокальцинозу забезпечує значно вищу чутливість у прогнозуванні ангиографічно підтвердженого стенозу та водночас підвищує специфічність КТ-коронарографії для встановлення аналогічного діагнозу, його визначення було включено до оновленої класифікації CAD-RADS 2.0. [8]. 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 паці-

ентів із підозрою на коронарну патологію та пацієнтів з безболівою 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 сконцентрувалися на наявності або відсутності значимого стенозу коронарних артерій.

Практичні рекомендації для лікарів-рентгенологів, які займаються візуалізацією коронарних артерій за допомогою КТ: 1) Рекомендовано використовувати стандартизовані протоколи оцінки, зокрема CAD-RADS 2.0, які сприяють зниженню суб'єктивності при аналізі КТ-коронарографії; 2) Слід враховувати показники щільності та поширення коронарокальцинозу, а не лише загального індексу CAC-Score, що допомагає зменшити ризик переоцінки ступеня стенозу при вираженому кальцинозі; 3) Пропонується використовувати автоматизований та напівавтоматизований аналіз зображень, а також алгоритми ШІ, які мінімізують варіабельність оцінки та покращують відтворюваність результатів; 4) Слід адаптувати та оптимізувати параметри сканування, проводити правильну підготовку пацієнтів, що допоможе зменшити вплив рухових артефактів і покращити якість дослідження.

Висновки

1. Проведене дослідження показало, що існує взаємозв'язок та статистично значуща 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.

Перспективи подальших досліджень полягають у вдосконаленні методів оцінки ступеня стенозу при вираженому коронарному кальцинозі за допомогою КТ-коронарографії. Врахування щільності кальцинозу та його розповсюдженості може покращити точність прогнозування серцево-судинного ризику. Дослідження ролі мікрокальцифікацій та некоронарного кальцинозу (наприклад, клапанів серця, перикарду) дозволить виявляти додаткові предиктори серцево-судинних подій. Подальше впровадження алгоритмів штучного інтелекту та технологій з оптимізації променевого навантаження сприятиме підвищенню діагностичної ефективності КТ-коронарографії.

Конфлікт інтересів: відсутній.

Список використаних джерел

References

- Khan MA, Hashim MJ, Mustafa H, et al. Global Epidemiology of Ischemic Heart Disease: Results from the Global Burden of Disease Study. *Cureus*. 2020;12(7):e9349. <https://doi.org/10.7759/cureus.9349>
- Institute of Medicine (US) Committee on Standards for Systematic Reviews of Comparative Effectiveness Research. *Finding What Works in Health Care: Standards for Systematic Reviews* / Eden J, Levit L, Berg A, Morton S, eds. National Academies Press (US); 2011. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24983062/>
- Emery C, Torretton E, Briere JB, Evers T, Fagnani F. Economic burden of coronary artery disease or peripheral artery disease in patients at high risk of ischemic events in the French setting: a claims database analysis. *J Med Econ*. 2020 May;23(5):513-520. <https://doi.org/10.1080/13696998.2020.1715415>
- Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG, et al. Diagnostic Performance of 64-Multidetector Row Coronary Computed Tomographic Angiography for Evaluation of Coronary Artery Stenosis in Individuals Without Known Coronary Artery Disease. *Journal of the American College of Cardiology*. 2008;52(21):1724-1732. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.07.031>
- Ramjattan NA, Lala V, Kousa O, Shams P, Makaryus AN. Coronary CT Angiography. 2024 Jan 19. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan. PMID: 29262000. Bookshelf ID: NBK470279
- Haase R, Schlattmann P, Gueret P, Andreini D, Pontone G, Alkadhi H et al. Diagnosis of obstructive coronary artery disease using computed tomography angiography in patients with stable chest pain depending on clinical probability and in clinically important subgroups: meta-analysis of individual patient data *BMJ*. 2019;365:l1945. <https://doi.org/10.1136/bmj.l1945>
- Knuuti J, Ballo H, Juarez-Orozco LE, et al. The performance of non-invasive tests to rule-in and rule-out significant coronary artery stenosis in patients with stable angina: a meta-analysis focused on post-test disease probability. *European Heart Journal*. 2018;39(35):3322-3330. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy267>
- Cury RC, Leipsic J, Abbata S, et al. CAD-RADS™ 2.0 – 2022 Coronary Artery Disease-Reporting and Data System. *Journal of Cardiovascular Computed Tomography*. 2022;16(6):536-557. <https://doi.org/10.1016/j.jcct.2022.07.002>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.05.027>
- Kolesnyk MY. The role of coronary artery calcium estimation in the primary prevention strategy for cardiovascular diseases. *Zaporozhye Medical Journal*. 2023 Sep.28;25(5):447-54. <https://doi.org/10.14739/2310-1210.2023.5.285583>
- Shreya D, Zamora DI, Patel GS, et al. Coronary Artery Calcium Score – A Reliable Indicator of Coronary Artery Disease? *Cureus*. 2021;13(12). <https://doi.org/10.7759/cureus.20149>
- Martin Bødtker Mortensen, Gaur S, Attila Frimmer, et al. Association of Age With the Diagnostic Value of Coronary Artery Calcium Score for Ruling Out Coronary Stenosis in Symptomatic Patients. 2021;7(1):36-36. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2021.4406>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s10140-022-02082-w>. Epub 2022 Aug 4.
- Nykonenko AO, Makarenkov AL, Pidluzhnyi HS, Materukhin AM. The role and diagnostic value of assessing the degree of coronary arteries calcification for predicting the severity of coronary heart disease. *Pathologia*. 2021 May 18;18(1):39-43. <https://doi.org/10.14739/2310-1237.2021.1.228855>
- 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. [https://doi.org/10.1016/0735-1097\(90\)90282-T](https://doi.org/10.1016/0735-1097(90)90282-T)
- Senoner T, Plank F, Beyer C, et al. Does coronary calcium score zero reliably rule out coronary artery disease in low-to-intermediate risk patients? A coronary cta study. *Journal of Cardiovascular Computed Tomography*. 2020;14(2):155-161. <https://doi.org/10.1016/j.jcct.2019.09.009>
- de Agustin JA, Marcos-Alberca P, Fernández-Golfin 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. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2012.05.041>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.06.030>
19. 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. <https://doi.org/10.1001/jama.2010.461>
20. Mortensen MB, Dzaye O, Bødtker H, et al. Interplay of Risk Factors and Coronary Artery Calcium for CHD Risk in Young Patients. JACC Cardiovascular imaging. 2021;14(12):2387-2396. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2021.05.003>

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).

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.

Materials and Methods. 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.

Conclusions. 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: chronic coronary syndrome, atherosclerosis, risk factors, imaging modalities, CAC Score, CAD-RADS.

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

Стаття надійшла в редакцію / Received: 31.01.2025

Після доопрацювання / Revised: 02.03.2025

Прийнято до друку / Accepted: 13.03.2025