

УДК 616.127 + 616.132.2]-073.48

**S. Nakatani**

Осацький університет, Японія

## Альманах-2014: візуалізація серця і судин<sup>1</sup>

Огляди рубрики «Альманах», опубліковані в журналі «Heart» упродовж останніх двох років, аналізують та підсумовують публікації з певної специфічної тематики, акцентуючи увагу на останніх досягненнях. У фокусі цього альманаху – візуалізація серця та судин. Як журнал, розрахований на кардіологічний загал, «Heart» висвітлює цю проблематику в контексті впливу останніх досягнень на клінічну практику.

**Ключові слова:** міокард, вінцеві артерії, візуалізація.

### Міокардіальний стрейн (деформація)

Дослідження міокардіального стрейну (деформації) за допомогою ехокардіографії виявилося дієвим інструментом визначення функціонального стану міокарда і прогнозу низки серцево-судинних захворювань [8, 10, 43]. На сьогодні найбільш популярний показник, що характеризує систолічну функцію лівого шлуночка (ЛШ) та застосовується для прогнозування наслідків у пацієнтів з інфарктом міокарда і серцевою недостатністю (СН), – фракція викиду (ФВ). Однак існують певні технічні обмеження коректного вимірювання ФВ, як от складнощі в окресленні межі ендокарда та особливості геометрії ЛШ. Окрім того, порівняно з ФВ, більш надійним функціональним параметром є глобальний повздовжній стрейн (ГПС), який досліджується за допомогою технології 2D speckle tracking і дозволяє отримати більш корисну прогностичну інформацію в пацієнтів із СН [8, 10, 43].

Попередні дослідження були зосереджені переважно на пацієнтах із синусовим ритмом. Проте слід звернути увагу і на хворих з фібриляцією передсердь (ФП) та СН [49], зокрема і зі збереженою ФВ ЛШ. ФП погіршує клінічні наслідки при СН, і навпаки [18]. З огляду на це важливим також є вивчення функціонального стану міокарда в пацієнтів з ФП [51]. У дослідженні за участю 196 пацієнтів з ФП Н. Su та співавтори [44] застосували метод «індексного

серцевого скорочення» для заперечення проблеми варіабельності інтервалів RR [22, 25]. «Індексним» вважають серцеве скорочення, якому передують два приблизно однакових серцевих цикли. Тривалість двох інтервалів, які передують «індексному» скороченню, повинна становити принаймні 500 мс, при цьому різниця між ними не повинна перевищувати 60 мс. Н. Su та співавтори показали, що ГПС дозволяв краще, ніж ФВ і систолічна швидкість мітрального кільця, прогнозувати серцево-судинні події. У пацієнтів з величиною ГПС  $-12,5\%$  або менше було кращим виживання, вільне від серцево-судинних подій, на відміну від таких з ГПС  $> -12,5\%$ . Дослідження функціонального стану міокарда в пацієнтів з ФП часто базується на усередненні вимірювань у багатьох серцевих циклах, проте такий підхід громіздкий і затратний щодо часу [24]. Метод «індексного серцевого скорочення» є альтернативним для пацієнтів з ФП і може більш широко впроваджуватися у клінічну практику за умови підтвердження його валидності в інших дослідженнях.

Додатково до глобальної функції, визначення міокардіального стрейну може використовуватися для вивчення регіонарної функції міокарда. На відміну від міокардіальної швидкості, визначеної за допомогою тканинної доплерографії, величина міокардіального стрейну не залежить від поступальних рухів міокарда і рухів, обумовлених зв'язком із сусідніми сегментами. Таким чином, визначення регіонарного стрейну може мати клінічну користь, і з цього приводу

<sup>1</sup> Heart. – 2014. – Vol. 100. – P. 1661–1666.

з'явилися численні публікації, в яких регіонарну функцію міокарда оцінювали в пацієнтів з різноманітними серцево-судинними захворюваннями: ішемічною хворобою серця (ІХС), ураженням клапанів та кардіоміопатією [33]. Амілоїдоз серця – інфільтративна кардіоміопатія, яка прогресує і характеризується несприятливим прогнозом. Її діагностика дещо утруднена через те, що потовщення стінки шлуночків з їх діастолічною і, пізніше, систолічною дисфункцією, визначені за допомогою ехокардіографії, трапляються і за інших поширених захворювань [45]. Справді, результати нещодавно проведеного дослідження свідчать про те, що поширеність амілоїдозу серця може бути недооціненою, і цей стан іноді пропускають у клінічній практиці [14]. D. Phelan та співавтори [39] виявили унікальну особливість розподілу міокардіального стрейну при амілоїдозі серця. Вони дослідили 55 послідовно залучених пацієнтів з амілоїдозом серця, 15 – з гіпертрофічною кардіоміопатією та 15 – з аортальним стенозом (АС). Додатково до повздовжнього стрейну визначили показник відносного апікального стрейну, який розраховували як відношення апікального повздовжнього стрейну до середнього між базальним та середнім повздовжнім стрейном. Автори послідовно виявили патерн «апикального відновлення» повздовжньо-

го стрейну в пацієнтів з амілоїдозом серця, а також вищий відносний апікальний повздовжній стрейн ( $> 1,0$ ), що свідчить про більшу величину деформації верхівки порівняно з величинами базального і середнього шлуночкового стрейну (рис. 1).

Мультиваріантний логістичний регресійний аналіз, який охопив симптоми, стандартні ехокардіографічні показники та параметри електрокардіографії, виявив, що відносний апікальний повздовжній стрейн був єдиним значущим предиктором амілоїдозу серця. На сьогодні немає повного розуміння механізму «апикального відновлення». Автори припустили, що депозити амілоїду були виражені у верхівці порівняно з базальними і середніми відділами стінок ЛШ, про що свідчив менший ступінь гіпертрофії верхівки. Попередні дослідники, що вивчали деформацію міокарда за допомогою тканинної доплерографії, припускали наявність верхівково-базального градієнта повздовжнього стрейну [3, 21]. Існують також дані про регіонарні відмінності радіального стрейну при амілоїдозі серця [45].

Однак залишається нез'ясованим, чи є «апикальне відновлення» діагностичним критерієм амілоїдозу серця, тому необхідні подальші дослідження з вивчення чутливості та специфічності цієї знахідки. Більше того, вплив

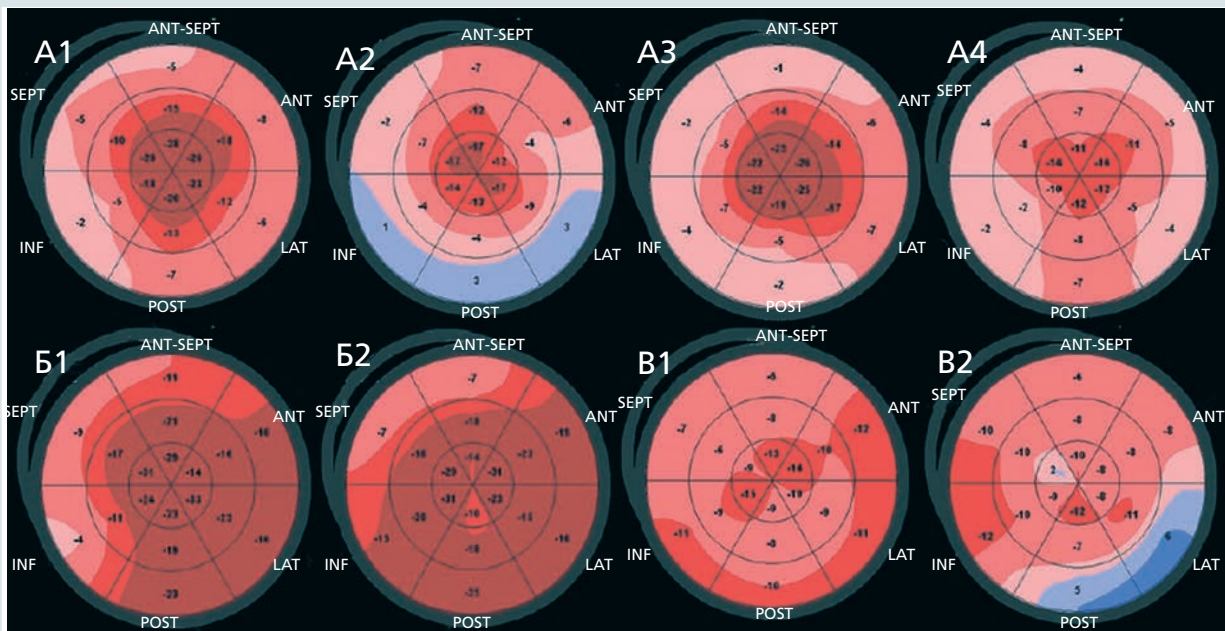


Рис. 1. Показові двовимірні патерни повздовжнього стрейну, визначеного за допомогою технології 2D speckle tracking (графіки за типом «бичачого ока»), у кожній підгрупі дослідження. Патерн «апикального відновлення» в пацієнтів з амілоїдозом серця (A1–A4). Ізольоване порушення септального повздовжнього стрейну при септальній гіпертрофічній кардіоміопатії (B1, B2) (цит. за [39]). ANT-SEPT – передньо-септальні сегменти; SEPT – нижньо-септальні сегменти; INF – нижні сегменти; ANT – передні сегменти; LAT – передньо-бічні сегменти; POST – нижньо-бічні сегменти

Таблиця 1

**Діагностичні можливості комп'ютерної томографії щодо виявлення анатомічних обструктивних стенозів в осіб без даних про ІХС в анамнезі [6]**

Дослідження	Чутливість	Специфічність	ППЦ	НПЦ
ACCURACY (n=230, стабільний біль у грудній клітці; немає даних про ІХС в анамнезі; немає вилучень за показниками ІК, ЧСС, ІМТ; поширеність ІХС 13 %)	94	83	48	99
W.V. Meijboom та співавт. (n=360, гострий і стабільний біль у грудній клітці; поширеність ІХС 68 %)	99	64	85	97
CorE64 (n=291, стабільний біль у грудній клітці; немає або є дані про ІХС в анамнезі; вилучення: ІК > 600; поширеність ІХС 56 %)	85	90	91	83
W.V. Meijboom та співавт. (n=415 (83), передтестова ймовірність ІХС 20–80 %)	95	91	71	99

ІХС – ішемічна хвороба серця; ІК – індекс кальцинозу ВА; ЧСС – частота скорочень серця; ІМТ – індекс маси тіла; ППЦ – позитивна прогностична цінність; НПЦ – негативна прогностична цінність.

стадії захворювання чи його типу (амілоїдоз, спричинений відкладанням легких ланцюгів імуноглобулінів (первинний, AL-амілоїдоз) або транстиретину) на цей феномен не вивчали. Тим не менше, наявність «апикального відновлення» мала би схилити до діагнозу амілоїдозу серця в пацієнтів з гіпертрофією ЛШ невідомого генезу і бути корисною для запобігання гіподіагностики цього захворювання [14].

## Комп'ютерна томографія вінцевих артерій

Контрастна комп'ютерна томографія вінцевих артерій (ККТВА) дозволяє отримати зображення вінцевих артерій (ВА) високої роздільної здатності, зокрема оцінити ступінь вираження і локалізацію значущих стенозів, а також характеристики атеросклеротичних бляшок. У зв'язку з високими діагностичними можливостями ККТВА її все більше використовують для заперечення наявності стенозів ВА (табл. 1) [3, 27, 30, 32]. Однак на сьогодні отримано обмаль даних щодо ступеня поширення та характеристик атеросклерозу ВА у безсимптомних пацієнтів з невираженими чи поодинокими чинниками ризику ІХС.

К. Kim та співавтори [20] виконали ККТВА у 2133 безсимптомних пацієнтів середнього віку, яких класифікували як осіб з низьким ризиком за рекомендаціями National Cholesterol Education Program (NCEP) [38]. Атеросклеротичні бляшки виявлено у 243 (11,4 %) обстежених. Серед них у 28 (1,3 %) пацієнтів були значущі стенози ВА, а у 18 (0,8 %) – значущі стенози ВА, спричинені некальцифікованими бляшками (НКБ). Більшість пацієнтів зі значущими стенозами мали односудинне ураження, і більшість уражень локалізувалися у передній низхідній

гілці ВА. Варто зазначити, що більшість осіб зі значущими стенозами, спричиненими НКБ, були молодого віку. Результати мультिवаріантного аналізу показали, що чоловіча стать і рівень холестерину ліпопротеїнів низької густини були незалежними предикторами значущого стенозу, спричиненого НКБ. У чотирьох осіб спостерігали серцево-судинні події в середньовіддалений період ((29,3±14,9) міс). Усі четверо пацієнтів мали атеросклеротичні бляшки, і троє – значущі стенози, спричинені НКБ. Це дослідження показало, що поширеність субклінічного атеросклерозу не можна вважати незначною навіть у безсимптомних пацієнтів з низьким ризиком, особливо серед молодих осіб. І хоча чинні рекомендації не позиціонують ККТВА як скринінговий метод у безсимптомних пацієнтів, потрібні подальші дослідження для з'ясування можливостей цієї технології щодо виявлення осіб з високим ризиком, що рекомендаціями NCEP класифікуються як з низьким ризиком.

На сьогодні проведено багато досліджень, які показали, що ККТВА може надати важливу прогностичну інформацію та бути інструментом стратифікації ризику в пацієнтів з підозрюваною ІХС [1, 16]. Однак більшість проведених досліджень фокусувалися на загальній популяції, при цьому даних про вікові та гендерні відмінності вкрай мало. Для вивчення цих відмінностей щодо поширеності ІХС 2432 пацієнтам з підозрюваною ІХС провели ККТВА у рамках багаточасового проспективного реєстрового дослідження [50]. Аналіз проводили у чотирьох підгрупах за статтю (чоловіки або жінки) та віком (< 60 або ≥ 60 років). Згідно з результатами ККТВА, у 991 (41 %) пацієнта не виявлено змін вінцевого русла, у 761 (31 %) ідентифіковано незначуще ураження ВА і в 680 (28 %) – значущі стенози. Впродовж динамічного спостереження

(медіана 819 днів) серцево-судинні події сталися у 59 (2,4 %) осіб незалежно від віку і статі. Результати ККТВА були предикторами для композитної кінцевої точки (нефатальний інфаркт міокарда та серцева смерть) у чоловіків обох вікових груп, а також у жінок віком  $\geq 60$  років. Однак у жінок віком  $< 60$  років показники ККТВА не були предикторами несприятливих серцево-судинних подій. Таким чином, ККТВА може бути корисною для діагностики ІХС, проте її прогностична цінність обмежена в жінок віком менше ніж 60 років.

### Оптична когерентна томографія

Оптичну когерентну томографію (ОКТ) інтенсивно вивчають упродовж останніх років як метод внутрішньокоронарної візуалізації у зв'язку з її високою осьовою роздільною здатністю, яка становить 12–18 мкм, порівняно з 150–200 мкм внутрішньосудинної ультрасонографії [4]. ОКТ корисна для візуалізації мікроструктур коронарної бляшки, зокрема мікросудин, а також стентів та змін неоінтими всередині них [4, 47].

Внутрішньобляшкову неоваскуляризацію (НВ), що відбувається на базі наявних *vasa vasorum*, позиціонують як важливий патогенетичний механізм прогресування атеросклерозу в більших судинах [34]. Однак на сьогодні досліджень НВ коронарних бляшок проведено небагато. J. Tian та співавтори [46] вивчали значущість НВ коронарних бляшок за допомогою ОКТ. Вони проаналізували 92 бляшки, з якими був пов'язаний розвиток гострого коронарного синдрому (ГКС), та 203 ГКС-незалежних бляшки у 92 пацієнтів з нестабільною стенокардією, а також 61 бляшку в 25 пацієнтів зі стабільною стенокардією. НВ позначалася як невеликий чорний дефект усередині бляшки, що мав діаметр 50–300 мкм і виявлявся на принаймні трьох послідовних кадрах при зворотному прокручуванні. Частота виявлення внутрішньобляшкової НВ становила близько 30 % і не відрізнялася серед ГКС-залежних і незалежних уражень у пацієнтів з нестабільною і стабільною стенокардією. Однак серед ГКС-залежних уражень у пацієнтів з нестабільною стенокардією бляшки з НВ мали тоншу фіброзну оболонку та більш масивне ліпідне ядро порівняно з такими без НВ; крім того, серед таких уражень з НВ частіше спостерігали фіброаденоми з тонкою оболонкою. Не виявлено значущих відмінностей щодо характеристик бляшок між ГКС-незалежними ураженнями в пацієнтів з нестабільною стенокардією та ураженнями при стабільній стенокардії. Автори встановили, що в пацієнтів з

нестабільною стенокардією ГКС-залежні ураження з НВ мали ознаки нестабільності порівняно з такими без НВ (рис. 2).

Патофізіологічна роль НВ у розвитку атеросклеротичної бляшки має подвійне значення, що залежить від стадії захворювання [48]. На ранніх етапах НВ сприяє доставці нутрієнтів та кисню у структури судинної стінки і захисту бляшки від ішемічного пошкодження. Однак на пізніх стадіях, в умовах дисбалансу між антиангіогенними та проангіогенними факторами, внутрішньобляшкова НВ стає більш незрілою, проникність новоутворених судин підвищується, що в цілому сприяє конверсії стабільної бляшки у нестабільну [48]. Саме тому внутрішньобляшкова НВ може посилювати дестабілізацію атеросклеротичних бляшок у пацієнтів з нестабільною стенокардією.

### Перфузія міокарда

Перфузію міокарда досліджували за допомогою однофотонної емісійної комп'ютерної томографії (ОФЕКТ), позитронної емісійної томографії, перфузійної магнітно-резонансної візуалізації (МРВ) та контрастної ехокардіографії. Серед них найбільш популярна ОФЕКТ, і цей метод, як повідомляли, має прийнятну діагностичну цінність для пацієнтів, у яких відзначено користь від реваскуляризації [15, 42]. Проте результати одного діагностичного тесту можуть диктувати необхідність виконання іншого, точнішого тесту. Після корекції за похибкою, пов'язаною зі скеруванням на виконання іншого тесту, ОФЕКТ характеризувалася лише чутливістю 65 % і специфічністю 67 % щодо виявлення пацієнтів із вираженими стенозами [31]. Більше того, є обмеження щодо просторової роздільної здатності та кількісного оцінювання. Багаторядна детекторна комп'ютерна томографія (БДКТ) характеризується кращою часовою та просторовою роздільною здатністю. В експериментальній моделі стенозу ВА в собак було показано, що БДКТ дозволяє вивчати міокардіальний кровоплин (МК) за допомогою деконволюції (зворотного згортання сигналів) [12]. Y. Nakauchi та співавтори [36] дослідили можливість цього методу щодо розрахунку міокардіальної перфузії в пацієнтів з гострим інфарктом міокарда. Вони виявили статистично значуще зниження тканинного кровоплину та об'єму крові в зоні інфаркту порівняно з неуразженим міокардом. Зона дефекту, визначена на карті тканинного об'єму крові з кольоровим кодуванням, добре корелювала з піковим рівнем креатинфосфокінази та балом дефекту за



ОФЕКТ. У пацієнтів, яким виконали БДКТ та, через кілька днів, МРВ, зниження тканинного кровоплину, визначеного за допомогою БДКТ, узгоджувалося з результатами МРВ. Це дослідження продемонструвало можливість визначення міокардіальної перфузії в рамках єдиного дослідження за допомогою комп'ютерної томографії (КТ), як здійснюється у клінічній практиці. Оскільки протокол сканування узгоджується з початковими ККТВА-зображеннями, є можливість дослідити перфузію міокарда та стенотичне ураження ВА в рамках єдиного обстеження.

ККТВА застосовують для візуалізації коронарної морфології. Однак гемодинамічну значущість виявлених стенозів ВА неможливо вивчити за допомогою КТ, що диктує необхідність додаткового проведення ОФЕКТ або МРВ з визначенням перфузії міокарда. Проте останні два методи недоцільні для дослідження морфології вінцевого русла. Це має велике клінічне значення, бо важливо не лише виявити локалізацію стенозу ВА, яка постачає певні сегменти міокарда, а й продемонструвати його ішемію, оскільки ревазуляризація сприяє зниженню смертності й поліпшує прогноз [40].

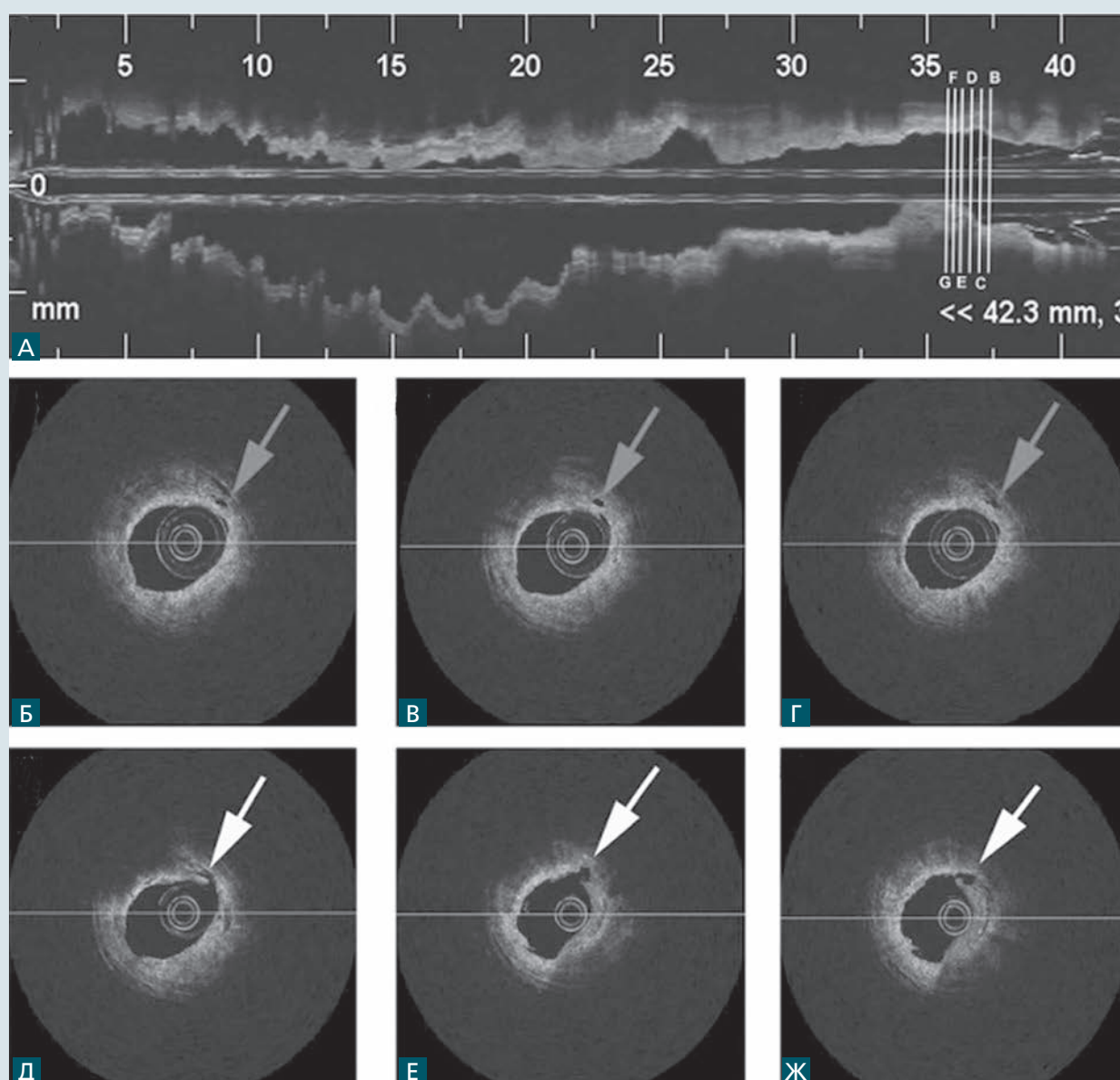


Рис. 2. Показові зображення розриву бляшок з неоваскуляризацією, отримані за допомогою оптичної когерентної томографії. Повздовжнє зображення (А) судини з локалізацією шести поперечних зображень (Б–Ж). Неоваскуляризація позначена сірими стрілками (Б–Г), розрив бляшки – білими стрілками (Д–Ж). Місце мінімального просвіту (Ж) [48]

Таблиця 2

**Методи дослідження функціонального стану вінцевого руслу за допомогою комп'ютерної томографії [6]**

Метод	Переваги	Недоліки
Танслюмінальні градієнти контрастування	Можливе проведення на ККТВА-сканах у спокої Сурогатне вимірювання вінцевого кровоплину	Сумнівна значущість коронарного контрастування у спокої Трудомісткість
Несприятливі ознаки атеросклеротичних бляшок	Можуть відображати пошкодження ендотелію Асоціюються з гіршим прогнозом та ішемією	Не дають можливості безпосередньо вивчати ішемію міокарда Трудомісткість Стрес-індукований стан не визначається
КТ-перфузія	Узгодженість з результатами стрес-тестування Вимірювання субендокардіальної та трансмуральної ішемії міокарда	Потребує додаткового випромінювання Потребує додаткового контрастування Оптимальна методика ще не визначена
ФРК-КТ	Діагностика ішемії, спричиненої певним ураженням Може виконуватися на основі даних традиційної ККТВА, тому не вимагає додаткового випромінювання або контрастування Валідність доведена у проспективних багатоцентрових дослідженнях	Потребує скерування даних ККТВА до зовнішньої лабораторії

М. Grief та співавтори [13] опублікували результати дослідження перфузії міокарда за допомогою КТ. Протокол візуалізації передбачав застосування швидкої КТ-системи з подвійним джерелом випромінювання і вивчення перфузії міокарда за допомогою аденозинового стрес-тесту. Дослідники застосовували техніку спеціальної параметричної деконволюції, і МК був розрахований на рівні максимального нахилу кривої згасання сигналу [2]. Гемодинамічно значущим стенозом вважали за рівня фракційного резерву кровоплину (ФРК)  $\leq 0,80$ , зареєстрованого за допомогою сенсора тиску на провіднику, або звуження просвіту  $> 90\%$ . За допомогою ККТВА виявили всі гемодинамічно значущі стенози (чутливість  $100\%$ ), у той час як специфічність становила  $43,8\%$ , а діагностична точність –  $72\%$ . Середній показник МК був знижений у сегментах, які постачалися вінцевими артеріями з гемодинамічно значущим стенозом. Чутливість, специфічність та діагностична точність КТ-візуалізації перфузії міокарда становили відповідно  $97$ ;  $65,6$  та  $81,5\%$ . Поєднання ККТВА та КТ-візуалізації перфузії міокарда не продемонструвало значущого покращання виявлення гемодинамічно значущих стенозів, порівняно лише з КТ-візуалізацією. Отже, КТ-візуалізація перфузії міокарда за допомогою КТ з подвійним джерелом випромінювання дає змогу виявляти гемодинамічно значущі стенози ВА з помірною діагностичною точністю. Цей метод дозволяє одночасно неінвазивно вивчати

морфологію та функціональний стан вінцевого русла.

На сьогодні розроблено кілька новітніх методів дослідження фізіологічних особливостей ВА за допомогою КТ (табл. 2) [32]. Відомо, що у напрямку з проксимального до дистального відділів ВА спостерігається поступове зниження контрастування. В одному з досліджень повідомлено про зниження танслюмінального градієнта контрастного послаблення, що узгоджувалося зі ступенем кровоплину за шкалою Thrombolysis in Myocardial Infarction (TIMI) [9]. Проте ця техніка залежить від багатьох чинників, зокрема ФВ ЛШ, величини болюсу контрасту, швидкості вінцевого кровоплину, а також об'єму і концентрації контрасту. Завдяки останнім досягненням прогнозування кровоплину та тиску у ВА і, відповідно, оцінювання ФРК щодо певного ураження (техніка ФРК-КТ) стало можливим при аналізі традиційних статичних КТ-зображень [19]. У багатоцентровому дослідженні аналізували 150 судин із проміжним стенозом у 252 пацієнтів. Показано, що ФРК-КТ – краща, ніж ККТВА, для діагностики ішемії, зумовленої певним ураженням [37]. Отже, цей метод перспективний для неінвазивного заперечення ішемії міокарда.

Поєднання ОФЕКТ/ККТВА продемонструвало адекватну діагностичну спроможність щодо виявлення значущого ураження ВА (рис. 3) [41].

Однак на сьогодні чітко не з'ясовано, чи є відмінності у виборі стратегії лікування при

застосуванні гібридної ОФЕКТ/ККТВА або ОФЕКТ та коронароангіографії. У проспективному дослідженні 107 пацієнтам зі стабільною стенокардією, в яких передтестова ймовірність ІХС була проміжною або високою [41], проводили стрес-ОФЕКТ (за допомогою фізичних навантажень чи фармакологічно), а потім – ККТВА. Коронароангіографію виконували впродовж 14 днів після ОФЕКТ/ККТВА. Гібридні знахідки категоризували як такі, що «узгоджуються», «не узгоджуються» або «нормальні». Такими, що «узгоджуються», вважали знахідки ішемічного ОФЕКТ-дефекту в зоні міокарда, яка постачається стенотично ураженою ВА. Такими, що «не узгоджуються», вважали знахідки ОФЕКТ-дефекту без значущого ураження ВА або неішемічні ОФЕКТ-знахідки при значущому стенозі. «Нормальними» вважали знахідки нормальної ОФЕКТ-перфузії за відсутності значущих стенозів ВА. Комісія експертів, до складу якої входили два інтервенційних кардіологи та один кардіоторакальний хірург, визначала частку узгодження щодо лікувальної тактики (без реваскуляризації, транскутанне коронарне втручання або коронарне шунтування) між застосуванням гібридної ОФЕКТ/ККТВА або ОФЕКТ та коронароангіографії. Частка узгодження за лікувальною тактикою в усіх пацієнтів щодо необхідності реваскуляризації становила 92 %. При цьому в пацієнтів зі знахідками під час гібридної ОФЕКТ/ККТВА, що «узгоджуються», «не узгоджуються» та «нормальними», цей показник становив відповідно 95; 84 та 100 %. Частка узгодження при стратифікації за методом реваскуляризації (транскутанне втручання чи коронарне шунтування) становила 72 % у пацієнтів, що «узгоджуються», і 79 % – «не

узгоджуються». Дослідження показало, що новий підхід, за якого використовують гібридну ОФЕКТ/ККТВА, а також традиційний з проведенням інвазивної коронароангіографії, можуть сприяти подібним рішенням щодо лікувальної тактики. Отже, пацієнтам з проміжною або високою претестовою ймовірністю можна було би коректно визначати доцільність реваскуляризації на основі результатів гібридної ОФЕКТ/ККТВА, хоча, при цьому, необхідно враховувати дозу випромінювання [5].

## Інші методи

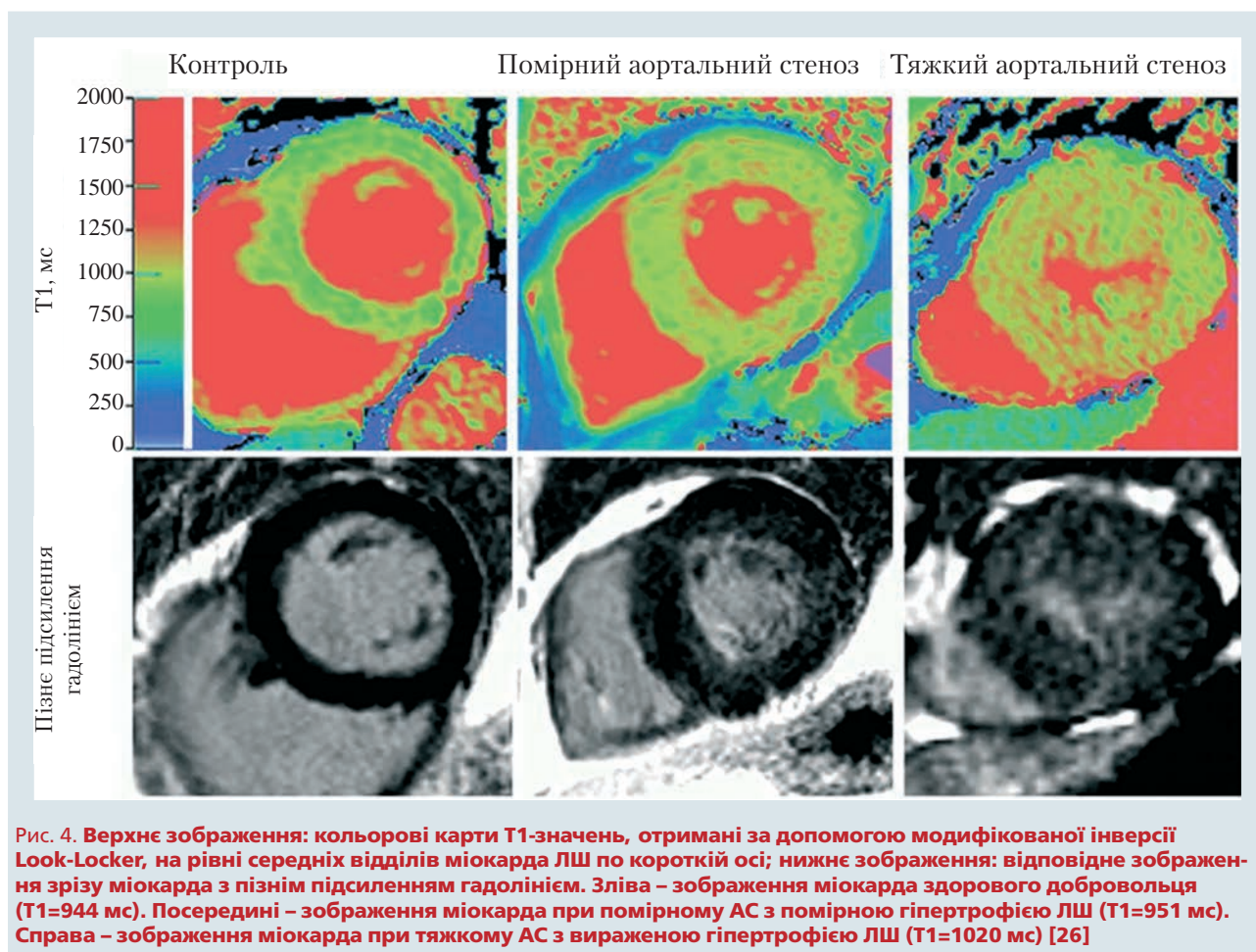
Міокардіофіброз формується за багатьох станів, зокрема артеріальної гіпертензії, ІХС та кардіоміопатій. Оскільки міокардіофіброз безпосередньо впливає на прогноз, існує потреба в неінвазивному дослідженні його наявності і ступеня вираження. На сьогодні з методів вивчення локального фіброзу застосовують контрастну МРВ [23]. З моменту впровадження в клінічну практику транскатетерної імплантації аортального клапана зріс інтерес до проблеми АС, за якої однією з детермінант прогнозу може бути міокардіофіброз, що формується в результаті тривалого перевантаження тиском. Т. Fairbairn та співавтори [11] продемонстрували зниження ступеня вираження міокардіофіброзу, визначеного за допомогою МРВ, через 6 місяців після транскатетерної імплантації аортального клапана, хоча такого не спостерігали в пацієнтів після хірургічної заміни аортального клапана.

Таким чином, МРВ з післяконтрастним пізнім підсиленням гадолінієм корисна, проте вимагає багато часу, проведення складних процедур вимірювання та не може використовуватися



**Рис. 3. Комп'ютерна томограма пацієнта віком 71 рік з типовими ангінозними скаргами, а також вираженим зворотним дефектом перфузії передньої стінки та верхівки за результатами ОФЕКТ. Стрес-ОФЕКТ (А). Коронароангіографія (КАГ) з адекватним оцінюванням вільного кровоплину була значно утруднена через виражену кальцифікацію ВА (індекс кальцинозу становив 2279), хоча була підозра на виражений стеноз проксимального сегмента передньої низхідної гілки (ПНГ) лівої ВА (Б). Значущий стеноз проксимального сегмента ПНГ верифіковано за результатами інвазивної КАГ (В). На підставі результатів гібридної ОФЕКТ/ККТВА та ОФЕКТ і КАГ комісія експертів прийняла рішення про проведення транскутанного коронарного втручання [5]**





при тяжкому ураженні нирок [29]. Значення Т1-показника на МРВ-зображеннях міокарда змінюються залежно від складу тканини [28]. S. Bull та співавтори [7] виявили, що безконтрастне МРВ Т1-картування дозволяє виявити фіброз міокарда в пацієнтів з АС (рис. 4). Вони продемонстрували значущу кореляцію між значенням Т1-показника МРВ-зображень і фіброзом міокарда у біоптатах. Цей метод може бути впроваджений як простий інструмент для неінвазивного, безконтрастного визначення дифузного фіброзу міокарда за інших серцево-судинних захворювань.

Нарешті, один рукопис присвячений проблемам ядерної кардіології [26]. Відомо, що симпатична іннервація серця відіграє важливу роль у патогенезі хронічної СН, її прогресуванні і має враховуватися при стратифікації ризику та прогнозуванні клінічних наслідків.

123I-метайодбензилгуанідин (123I-МЙБГ) є аналогом епінефрину, тому сцинтиграфія з використанням 123I-МЙБГ використовується для вивчення симпатичної активності міокарда. Кілька досліджень продемонстрували клінічну ефективність візуалізації міокарда за допомогою

123I-МЙБГ у пацієнтів із СН. Патологічне накопичення 123I-МЙБГ та посилення його вимивання тісно асоціюються з порушенням функціонального стану міокарда, зниженням ФВ ЛШ та погіршенням виживання [17, 35]. Для визначення прогностичної цінності сцинтиграфії міокарда за допомогою 123I-МЙБГ для прогнозування шлуночкових аритмій A. Marshall та співавтори провели проспективне дослідження за участю 27 пацієнтів із СН, яких було скеровано на встановлення імплантованого кардіовертера-дефібрилятора. У 10 пацієнтів упродовж у середньому 16 місяців динамічного спостереження виникали значущі епізоди аритмії. У цих пацієнтів були нижчими показники раннього та пізнього відношення «серця до межистіння», а також вищими показники дефекту за ОФЕКТ з 123I-МЙБГ, порівняно з пацієнтами без аритмічних подій. Показники раннього та пізнього відношення «серця до межистіння», а також дефекту дозволяли прогнозувати аритмії з чутливістю 60–78 % та специфічністю 77–88 %. Таким чином, візуалізація міокарда за допомогою 123I-МЙБГ при СН надає додаткову прогностичну інформацію щодо ризику аритмії в май-



бутньому, що може бути корисним для відбору пацієнтів на імплантацію кардіовертера-дефібрилятора.

**Конфлікт інтересів.** Немає.

## Література

- Aldrovandi A., Maffei E., Palumbo A. et al. Prognostic value of computed tomography coronary angiography in patients with suspected coronary artery disease: a 24-month follow-up study // *Eur. Radiol.*– 2009.– Vol. 19.– P. 1653–1660.
- Bamberg F., Klotz E., Flohr T. et al. Dynamic myocardial stress perfusion imaging using fast dual source CT with alternating table positions: initial experience // *Eur. Radiol.*– 2010.– Vol. 20.– P. 1168–1173.
- Bellavia D., Pellikka P.A., Abraham T.P. et al. Evidence of impaired left ventricular systolic function by Doppler myocardial imaging in patients with systemic amyloidosis and no evidence of cardiac involvement by standard two-dimensional and Doppler echocardiography // *Am. J. Cardiol.*– 2008.– Vol. 101.– P. 1039–1045.
- Bezerra H.G., Costa M.A., Guagliumi G. et al. Intracoronary optical coherence tomography: a comprehensive review. Clinical and research applications // *J. Am. Coll. Cardiol. Intv.*– 2009.– Vol. 2.– P. 1035–1046.
- Brix G., Nekolla E.A., Borowski M. et al. Radiation risk and protection of patients in clinical SPECT/CT // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.*– 2014.– Vol. 41(suppl 1).– P. S125–S136.
- Budoff M.J., Dowe D., Jollis J.G. 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: results from the prospective multicenter ACCURACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial // *J. Am. Coll. Cardiol.*– 2008.– Vol. 52.– P. 1724–1732.
- Bull S., White S.K., Piechnik S.K. et al. Human non-contrast T1 values and correlation with histology in diffuse fibrosis // *Heart.*– 2013.– Vol. 99.– P. 932–937.
- Cho G.Y., Marwick T.H., Kim H.S. et al. Global 2-dimensional strain as a new prognosticator in patients with heart failure // *J. Am. Coll. Cardiol.*– 2009.– Vol. 54.– P. 618–624.
- Choi J.H., Min J.K., Labounty T.M. et al. Intracoronary transmural attenuation gradient in coronary CT angiography for determining coronary artery stenosis // *JACC Cardiovasc. Imaging.*– 2011.– Vol. 4.– P. 1149–1157.
- Ersbøll M., Valeur N., Mogensen U.M. et al. Prediction of all-cause mortality and heart failure admissions from global left ventricular longitudinal strain in patients with acute myocardial infarction and preserved left ventricular ejection fraction // *J. Am. Coll. Cardiol.*– 2013.– Vol. 61.– P. 2365–2373.
- Fairbairn T.A., Steadman C.D., Mather A.N. et al. Assessment of valve haemodynamics, reverse ventricular remodeling and myocardial fibrosis following transcatheter aortic valve implantation compared to surgical aortic valve replacement: a cardiovascular magnetic resonance study // *Heart.*– 2013.– Vol. 99.– P. 1185–1191.
- George R.T., Jerosch-Herold M., Silva C. et al. Quantification of myocardial perfusion using dynamic 64-detector computed tomography // *Invest. Radiol.*– 2007.– Vol. 42.– P. 815–822.
- Greif M., von Ziegler F., Bamberg F. et al. CT stress perfusion imaging for detection of haemodynamically relevant coronary stenosis as defined by FFR // *Heart.*– 2013.– Vol. 99.– P. 1004–1011.
- Guan J., Mishra S., Falk R.H. et al. Current perspectives on cardiac amyloidosis // *Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol.*– 2012.– Vol. 302.– P. H544–552.
- Hachamovitch R., Rozanski A., Shaw L.J. et al. Impact of ischaemia and scar on the therapeutic benefit from myocardial revascularization vs. medical therapy among patients undergoing stress-rest myocardial perfusion scintigraphy // *Eur. Heart J.*– 2011.– Vol. 32.– P. 1012–1024.
- Hadamitzky M., Freissmuth B., Meyer T. et al. Prognostic value of coronary computed tomographic angiography for prediction of cardiac events in patients with suspected coronary artery disease // *JACC Cardiovasc. Imaging.*– 2009.– Vol. 2.– P. 404–411.
- Jacobson A.E., Senior R., Cerqueira M.D. et al. Myocardial iodine-123 meta-iodobenzylguanidine imaging and cardiac events in chronic heart failure. Results of the progressive ADMIRE-HF (AdreView myocardial imaging for risk evaluation in heart failure) study // *J. Am. Coll. Cardiol.*– 2010.– Vol. 55.– P. 2212–2221.
- Jang S.J., Kim M.S., Park H.J. et al. Impact of heart failure with normal ejection fraction on the occurrence of ischaemic stroke in patients with atrial fibrillation // *Heart.*– 2013.– Vol. 99.– P. 17–21.
- Kim H.J., Vignon-Clementel I.E., Coogan J.S. et al. Patient-specific modeling of blood flow and pressure in human coronary arteries // *Ann. Biomed. Eng.*– 2010.– Vol. 38.– P. 3195–3209.
- Kim K.J., Choi S.I., Lee M.S. et al. The prevalence and characteristics of coronary atherosclerosis in asymptomatic subjects classified as low risk based on traditional risk stratification algorithm: assessment with coronary CT angiography // *Heart.*– 2013.– Vol. 99.– P. 1113–1117.
- Koyama J., Falk R.H. Prognostic significance of strain Doppler imaging in light-chain amyloidosis // *JACC Cardiovasc. Imaging.*– 2010.– Vol. 3.– P. 333–342.
- Kusunose K., Yamada H., Nishio S., et al. Index-beat assessment of left ventricular systolic and diastolic function during atrial fibrillation using myocardial strain and strain rate // *J. Am. Soc. Echocardiogr.*– 2012.– Vol. 25.– P. 953–959.
- Kwong R.Y., Farzaneh-Far A. Measuring myocardial scar by CMR // *JACC Cardiovasc. Imaging.*– 2011.– Vol. 4.– P. 157–160.
- Lang R.M., Bierig M., Devereux R.B. et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology // *J. Am. Soc. Echocardiogr.*– 2005.– Vol. 18.– P. 1440–1463.
- Lee C.S., Lin T.H., Hsu P.C. et al. Measuring left ventricular peak longitudinal systolic strain from a single beat in atrial fibrillation: validation of the index beat method // *J. Am. Soc. Echocardiogr.*– 2012.– Vol. 25.– P. 945–952.
- Marshall A., Cheetham A., George R.S. et al. Cardiac iodine-123 metaiodobenzylguanidine imaging predicts ventricular arrhythmia in heart failure patients receiving an implantable cardioverter-defibrillator for primary prevention // *Heart.*– 2012.– Vol. 98.– P. 1359–1365.
- Meijboom W.B., Meijjs M.F., Schuijf J.D. et al. Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography: a prospective, multicenter, multivendor study // *J. Am. Coll. Cardiol.*– 2008.– Vol. 52.– P. 2135–2144.
- Messroghli D.R., Niendorf T., Scholtz-Menger J. et al. T1 mapping in patients with acute myocardial infarction // *J. Cardiovasc. Magn. Reson.*– 2003.– Vol. 5.– P. 353–359.
- Mewton N., Liu C.Y., Croisille P. et al. Assessment of myocardial fibrosis with cardiovascular magnetic resonance // *J. Am. Coll. Cardiol.*– 2011.– Vol. 57.– P. 891–903.
- Miller J.M., Rochitte C.E., Dewey M. et al. Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT // *N. Engl. J. Med.*– 2008.– Vol. 359.– P. 2324–2336.

Ухвалено етичною комісією.

Джерело та експертне рецензування: скеровували; рецензування зовнішніми експертами.

**Переклад к. мед. н. К.О. Михалева**

31. Miller T.D., Hodge D.O., Christian T.F. et al. Effects of adjustment for referral bias on the sensitivity and specificity of single photon emission computed tomography for the diagnosis of coronary artery disease // *Am. J. Med.*– 2002.– Vol. 112.– P. 290–297.
32. Min J.K., Castellanos J., Siegel R. New frontiers in CT angiography: physiologic assessment of coronary artery disease by multidetector CT // *Heart.*– 2013.– Vol. 99.– P. 661–668.
33. Mor-Avi V., Lang R.M., Badano L.P. et al. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications. Endorsed by the Japanese Society of Echocardiography // *J. Am. Soc. Echocardiogr.*– 2011.– Vol. 24.– P. 277–313.
34. Moreno P.R., Purushothaman K.R., Fuster V. et al. Plaque neovascularization is increased in ruptured atherosclerotic lesions of human aorta: implications for plaque vulnerability // *Circulation.*– 2004.– Vol. 110.– P. 2032–2038.
35. Nakata T., Nakajima K., Yamashina S. et al. A pooled analysis of multicenter cohort studies of I-123-mIBG cardiac sympathetic innervation imaging for assessment of long-term prognosis in chronic heart failure // *JACC Cardiovasc. Imaging.*– 2013.– Vol. 6.– P. 772–784.
36. Nakauchi Y., Iwanaga Y., Ikuta S. et al. Quantitative myocardial perfusion analysis using multi-row detector CT in acute myocardial infarction // *Heart.*– 2012.– Vol. 98.– P. 566–572.
37. Nakazato R., Park H.B., Berman D.S. et al. Noninvasive fractional flow reserve derived from computed tomography angiography for coronary lesions of intermediate stenosis severity. Results from the DeFACTO study // *Circ. Cardiovasc. Imaging.*– 2013.– Vol. 6.– P. 881–889.
38. Panel NCEPE. Third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (Adult Treatment Panel III) final report // *Circulation.*– 2002.– Vol. 106.– P. 3143–3421.
39. Phelan D., Collier P., Thavendiranathan P. et al. Relative apical sparing of longitudinal strain using two-dimensional speckle-tracking echocardiography in both sensitive and specific for the diagnosis of cardiac amyloidosis // *Heart.*– 2012.– Vol. 98.– P. 1442–1448.
40. Pijls N.H., Fearon W.F., Tonio P.A. et al. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention in patients with multivessel coronary artery disease: 2-year follow-up of the FAME (Fractional Flow Reserve Versus Angiography for Multivessel Evaluation) study // *J. Am. Coll. Cardiol.*– 2010.– Vol. 56.– P. 177–184.
41. Schaap J., de Groot J.A.H., Nieman K. et al. Hybrid myocardial perfusion SPECT/CT coronary angiography and invasive coronary angiography in patients with stable angina pectoris lead to similar treatment decisions // *Heart.*– 2013.– Vol. 99.– P. 188–194.
42. Shaw L.J., Berman D.S., Maron D.J. et al. Optimal medical therapy with or without percutaneous coronary intervention to reduce ischemic burden: results from the Clinical Outcomes Utilizing Revascularization and Aggressive Drug Evaluation (COURAGE) trial nuclear substudy // *Circulation.*– 2008.– Vol. 117.– P. 1283–1291.
43. Stanton T., Leano R., Marwick T.H. Prediction of all-cause mortality from global longitudinal speckle strain: comparison with ejection fraction and wall motion scoring // *Circ. Cardiovasc. Imaging.*– 2009.– Vol. 2.– P. 356–364.
44. Su H.M., Lin T.H., Hsu P.C. et al. Global left ventricular longitudinal systolic strain as a major predictor of cardiovascular events in patients with atrial fibrillation // *Heart.*– 2013.– Vol. 99.– P. 1588–1596.
45. Sun J.P., Stewart W.J., Yang X.S. et al. Differentiation of hypertrophic cardiomyopathy and cardiac amyloidosis from other causes of ventricular wall thickening by two-dimensional strain imaging echocardiography // *Am. J. Cardiol.*– 2009.– Vol. 103.– P. 411–415.
46. Tian J., Hou J., Xing L. et al. Significance of intraplaque neovascularization for vulnerability: optical coherence tomography study // *Heart.*– 2012.– Vol. 98.– P. 1504–1509.
47. Uemura S., Ishigami K.I., Soeda T. et al. Thin-cap fibroatheroma and microchannel findings in optical coherence tomography correlate with subsequent progression of coronary atheromatous plaques // *Eur. Heart J.*– 2012.– Vol. 33.– P. 78–85.
48. Virmani R., Kolodgie F.D., Burke A.P. et al. Atherosclerotic plaque progression and vulnerability to rupture: angiogenesis as a source of intraplaque hemorrhage // *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.*– 2005.– Vol. 25.– P. 2054–2061.
49. Wang T.J., Larson M.G., Levy D. et al. Temporal relations of atrial fibrillation and congestive heart failure and their joint influence on mortality: the Framingham Heart Study // *Circulation.*– 2003.– Vol. 107.– P. 2920–2925.
50. Yiu K.H., de Gaaf F.R., Schuijff J.D. et al. Age- and gender-specific differences in the prognostic value of CT coronary angiography // *Heart.*– 2012.– Vol. 98.– P. 232–237.
51. Zakeri R., Borlaug B.A., McNulty S.E. et al. Impact of atrial fibrillation on exercise capacity in heart failure with preserved ejection fraction. A RELAX trial ancillary study // *Circ. Heart Fail.*– 2014.– Vol. 7.– P. 123–130.

## S. Nakatani

Осакий университет, Япония

### Альманах-2014: визуализация сердца и сосудов

Обзоры рубрики «Альманах», опубликованные в журнале «Heart» на протяжении последних 2 лет, анализируют и подытоживают публикации по определенной специфической тематике, акцентируя внимание на последних достижениях в области исследуемой проблематики. В фокусе данного Альманаха – визуализация сердца и сосудов, и, как журнал, рассчитанный на кардиологическую общественность, «Heart» освещает эту проблематику в контексте влияния последних достижений на клиническую практику.

**Ключевые слова:** миокард, венечные артерии, визуализация.

## S. Nakatani

Department of Health Sciences, Osaka University Graduate School of Medicine, Japan

### Almanac 2014: cardiovascular imaging

The 'Almanac' Reviews provide an overview of articles on a specific topic published in Heart over the past 2 years, put in the context of advances in the field, including publications from several other journals. The focus of this Almanac article is Cardiovascular imaging – as a general cardiology journal, the imaging research in Heart tends to be clinically oriented and often will impact our clinical practice.

**Key words:** myocardium, coronary artery, imaging.