

<https://doi.org/10.30702/ujcvs/20.4112/032015-025/73.7>  
УДК 616.127-005.4-073.7

**Поташев С. В.**, канд. мед. наук, доцент, старший науковий співробітник відділу променевої діагностики, <https://orcid.org/0000-0002-2154-9276>

**Сало С. В.**, канд. мед. наук, завідувач відділення екстреної ендovasкулярної хірургії з рентгеноопераційною, <https://orcid.org/0000-0001-5456-1418>

**Гаврилишин А. Ю.**, лікар-хірург відділення екстреної ендovasкулярної хірургії з рентгеноопераційною, <https://orcid.org/0000-0002-2942-6190>

**Грубяк Л. М.**, старший науковий співробітник відділу хірургічного лікування інфекційного ендокардиту, <https://orcid.org/0000-0002-1550-3351>

**Уніцька О. М.**, лікар-кардіолог відділу екстреної та невідкладної кардіохірургії, <https://orcid.org/0000-0003-4588-3073>

**Федьків С. В.**, д-р мед. наук, завідувач відділу променевої діагностики, <https://orcid.org/0000-0002-2666-7028>  
ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ, Україна

## Спекл-трекінг поздовжньої деформації міокарда під час стрес-ехокардіографії з добутамінном у хворих з підозрою на ішемічну хворобу серця

### Резюме

Спекл-трекінг у В-режимі (СТЕ) забезпечує цінну інформацію відносно регіональних порушень скоротливості лівого шлуночка (ЛШ), а використання СТЕ при проведенні навантажувальних фармакологічних проб з добутамінном (ДСЕ) дозволяє набагато ефективніше діагностувати ішемію міокарда.

**Метою** дослідження було оцінювання застосування СТЕ під час ДСЕ у пацієнтів з підозрою на ішемічну хворобу серця (ІХС) та оцінювання діагностичної точності поздовжньої деформації міокарда порівняно з коронарною ангіографією (КАГ).

**Методи.** Ми проспективно обстежили 140 пацієнтів (84 (60 %) чоловіків) з підозрою на ІХС, які були направлені для верифікації діагнозу, оцінювання коронарного резерву та визначення показань до коронарних втручань. Усім виконано ДСЕ з оцінюванням поздовжнього стрейну за даними СТЕ.

**Результати.** Середня фракція викиду ЛШ становила  $54,4 \pm 15,8$  %. Усі пацієнти мали нормальні показники артеріального тиску та частоти серцевих скорочень на момент обстеження. Значущих порушень гемодинаміки протягом проведення ДСЕ не було. Загальна кількість ускладнень протягом ДСЕ досягала 15 (12,9 %) випадків у вигляді різних суправентрикулярних та шлуночкових порушень ритму низьких градацій, що мали переважно транзиторний характер та спонтанно припинялися в більшості випадків.

Було виявлено 116 (82,9 %) позитивних результатів ДСЕ, з яких 2 (1,7 %) випадки були хибнопозитивними. У 2 (8,3 %) пацієнтів з негативним результатом тесту за даними КАГ виявлено 1-судинне гемодинамічно незначуще (50–70 %) ураження з добре розвинутими колатераліями (хибнонегативні результати). Виконано 96 (82,3 %) втручань з ревазуляризації міокарда – 86 (89,6 %) ПТКА та 10 (10,4 %) А(М)КШ.

Чутливість та специфічність результатів ДСЕ з СТЕ щодо первинної діагностики ІХС за результатами КАГ, як «золотого стандарту» верифікації, становили 98,3 % та 91,7 % відповідно, з ідентичними позитивною та негативною предиктивною цінністю, дуже високою загальною точністю методу ( $AUC = 0,98$ ) та відношенням ризиків ( $OR = 627,0$ ,  $p < 0,0001$ ). Чутливість і специфічність ДСЕ з СТЕ відносно визначення показань до втручання становили 97,9 % та 91,7 % відповідно, з високою загальною точністю ( $AUC = 0,95$ ;  $OR = 564,0$ ,  $p < 0,0001$ ). Комбіноване оцінювання  $\Delta GLS$  та  $\Delta LLS$  щодо виявлення ішемії міокарда показало достовірно нижчу чутливість 86,2 % ( $p = 0,0002$ ) та специфічність 80,4 % ( $p = 0,0064$ ) при нижчій інтегральній точності методу ( $AUC 0,83$ ,  $p < 0,0001$ ).

**Висновки.** ДСЕ з СТЕ є безпечним оптимальним методом діагностики ішемії та оцінювання життєздатності й коронарного резерву у пацієнтів з підозрою на ІХС. Враховуючи нижчу точність оцінювання  $\Delta GLS$  та  $\Delta LLS$  порівняно з даними загального результату тесту ДСЕ з СТЕ, а також частий приріст стрейну в значній кількості пацієнтів з позитивною пробою при діагностиці ішемії та оцінюванні коронарного резерву, рекомендується інтегральне оцінювання загального результату тесту, а не динаміка значень стрейну.

**Ключові слова:** ішемічна хвороба серця, спекл-трекінг, стрес-ехокардіографія.

**Вступ.** Вчасна та невідкладна діагностика ішемічної хвороби серця (ІХС) та басейну ішемії відіграє ключову роль у веденні пацієнтів у рутинній кардіологічній практиці. Питання щодо необхідності реваскуляризації є основною дилемою, що постає як перед кардіологом, так і кардіохірургом, а достовірна верифікація ішемії та оцінювання життєздатності міокарда, особливо у пацієнтів з багатосудинним ураженням та ішемічною кардіоміопатією (ІКМП), визначає тактику ведення пацієнта та об'єми втручання. З іншого боку, швидка первинна діагностика ІХС також є важливою, особливо в умовах великих центрів зі значним плином пацієнтів.

Рутинна ехокардіографія (ЕхоКГ) в стані спокою є недостатньо надійним методом такого оцінювання, навіть у разі застосування тканинної доплерографії (ТД). Стрес-ЕхоКГ з добутамином (ДСЕ) сьогодні є визнаним та достатньо надійним неінвазивним методом з прийнятною діагностичною точністю. Втім, ДСЕ з візуальним оцінюванням порушень регіональної скоротливості лишається достатньо суб'єктивною, оскільки оцінювання багато в чому залежить від досвіду оператора при отриманні зображень та інтерпретації результатів фармакологічного навантаження [1, 3, 5, 9, 14].

Спекл-трекінг ЕхоКГ (СТЕ), або дослідження деформації міокарда в В-режимі, є порівняно новою методикою оцінювання глобальної та регіональної функції міокарда лівого (ЛШ) та правого (ПШ) шлуночків, що набуває значного поширення. Спекл-трекінг ЕхоКГ надає важливу інформацію про деформацію (стрейн) міокарда за рахунок його кількісного оцінювання з тією перевагою перед ТД, що не залежить від кута між ультразвуковим (УЗ) променем та вектором деформації міокарда під час скорочення [1–3, 5, 9, 14, 15]. Спекл-трекінг ЕхоКГ сьогодні доказово верифікована та використовується в діагностиці й оцінюванні ефективності лікування багатьох, зокрема некоронарогенних, уражень міокарда, оскільки має високу чутливість до виявлення доклінічної дисфункції міокарда навіть при нормальних результатах традиційної ЕхоКГ спокою у В-режимі [1–3, 15, 16]. Доведена висока точність STE в діагностиці конкретного басейну кровопостачання та її висока кореляція з даними коронарної ангіографії (КАГ) відносно рівня ураження при різних формах ІХС [4, 6, 11–13, 17], включаючи гострий коронарний синдром (ГКС) з або без елевації сегмента ST [4, 11].

Показники деформації міокарда за даними STE не так сильно залежать від «передавального» руху від сусідніх сегментів та «підтягування» сегментів, які рухаються патологічно, що часто призводить до хибної інтерпретації кінетики сегментів при якісному візуальному оцінюванні сегментарної скоротливості під час стрес-ЕхоКГ з візуальним оцінюванням. На сьогодні опубліковано достатньо велику кількість робіт, які

оцінюють клінічне застосування STE під час ДСЕ у різних груп пацієнтів з ІХС [7, 8, 10, 18, 19] та дають змогу розглядати STE в рамках ДСЕ як високонадійний метод діагностики ішемії та оцінювання життєздатності міокарда, але, як правило, вони описують порівняно невеликі когорти пацієнтів. У нашому центрі ми виконали вже близько 500 ДСЕ з STE в різних клінічних ситуаціях та можемо сказати, що за останні 2 роки вона стала рутинною практикою, хоча раніше доказових досліджень на цю тему в Україні, в тому числі в нашому центрі, не проводили.

**Метою** дослідження було оцінювання діагностичної цінності STE в стані спокою та при ДСЕ у пацієнтів під час первинної діагностики ІХС та оцінювання їх діагностичної точності як методу визначення показань до КАГ і реваскуляризації.

**Методи.** Ми проспективно обстежили 140 пацієнтів (84 (60 %) чоловіків та 56 (40 %) жінок) віком  $57,6 \pm 11,3$  року з підозрою на ІХС з метою верифікації діагнозу та визначення показань для коронарних втручань. Усім хворим виконано ДСЕ з оцінюванням поздовжньої деформації міокарда за даними STE. Критеріями виключення з дослідження були гемодинамічно значуща клапанна патологія та наявність імплантованого штучного водія ритму (ШВР), а також постійна форма фібриляції передсердь (ФП). Пацієнти з повною блокадою лівої ніжки пучка Гіса (ЛНПГ) включалися в дослідження, оскільки динаміка деформації під час фармакологічного стресу звичайно є очевидною навіть у тих сегментах, що скорочуються асинхронно. Протокол дослідження був схвалений етичною комісією Національного інституту серцево-судинної хірургії (НІССХ) імені М. М. Амосова НАМН України, всі пацієнти підписали інформовану згоду на проведення дослідження. Автори не мали конфлікту інтересів.

**Візуалізація.** Усі дослідження були проведені на УЗ-обладнанні Vivid E9 (General Electric, USA) датчиком M5S-D. Зображення для оцінювання деформації міокарда були отримані в положенні пацієнта на лівому боці з парастернальної та апікальних 4-, 2- і 3-камерних позицій (A4C, A2C та A3C відповідно) із записом відео в стані спокою, на кожному ступені фармакологічного навантаження добутамином та в реституції. Двовимірні відео в режимі сірої шкали записувалися з частотою оновлення кадрів 60–70 Hz з метою оптимізації якості спекл-трекінгу з їх наступним аналізом у режимі «off-line». Кількісне оцінювання поздовжньої деформації проводили на програмній платформі УЗ-апарату Vivid E9.

**Стрес-ЕхоКГ з добутамином.** ДСЕ проводили перед виконанням КАГ з метою первинної діагностики ішемії та оцінювання життєздатності міокарда й коронарного резерву в «зацікавлених» басейнах.

Нітрати відміняли за 48 год до проведення дослідження. Також на початку дослідження за 48 год від-

мінjali бета-адреноблокатори (БАБ), однак у процесі роботи та накопичення досвіду ми дійшли висновку, що для оцінювання ішемії, життєздатності та коронарного резерву за допомогою СТЕ відміна БАБ не є обов'язковою, оскільки, з одного боку, незважаючи на їх негативний хронотропний та інотропний ефект, БАБ не здатні вплинути на ішемічні або неішемічні зміни деформації міокарда за даними СТЕ під впливом добутаміну, а з іншого – різка відміна БАБ у хворих з доведеною ІХС, аритміями серця в анамнезі або артеріальною гіпертензією (АГ) є відносно протипоказаною.

ДСЕ проводили за стандартним протоколом [3, 7, 8, 18, 19]. Інфузію добутаміну здійснювали через внутрішньовенний доступ за допомогою інфузомату зі збільшенням фармакологічного навантаження в дозах (5)–10–20–30–40 мкг/кг/хв під контролем частоти серцевих скорочень (ЧСС) та артеріального тиску (АТ) з підвищенням дози кожні 3 хв з послідовним аналізом сегментарних змін стрейнів з автоматичною побудовою моделі ЛШ за типом «мішені» (bull's eye). Додавання атропіну з метою досягнення субмаксимальної ЧСС у пацієнтів з уже доведеною ІХС, в тому числі після ГКС, ми вважали недоцільним, оскільки за нашими даними СТЕ достатньо чутливо оцінює ішемічні зміни деформації міокарда навіть при недосягненні ЧСС.

У міру накопичення досвіду проведення досліджень ми також дійшли висновку, що для діагностики ішемії дослідження слід починати з дози добутаміну 10 мкг/кг/хв, оскільки дози 5 мкг/кг/хв для провокації ішемії в тих басейнах, в яких за даними СТЕ не реєструвалася в стані спокою, зазвичай є недостатньою.

Дослідження проводили в присутності анестезіолога з необхідним обладнанням на випадок можливих ускладнень (мішок Амбу, обладнання для інтубації, кардіовертер-дефібрилятор). На початку дослідження пацієнту виконували реєстрацію ЕКГ в 12 стандартних відведеннях, вимірювали АТ та проводили стандартну ЕхоКГ в стані спокою із записом вихідного («нативного») профілю деформації (bull's eye) та глобального поздовжнього стрейну (GLS), після чого патерн поздовжньої деформації визначався після 3 хв кожного ступеня фармакологічного навантаження та через 3 хв реституції. Нормалізація ЧСС досягалася протягом 3–5 хв після припинення інфузії та не потребувала додаткового призначення БАБ.

Критеріями припинення проби були:

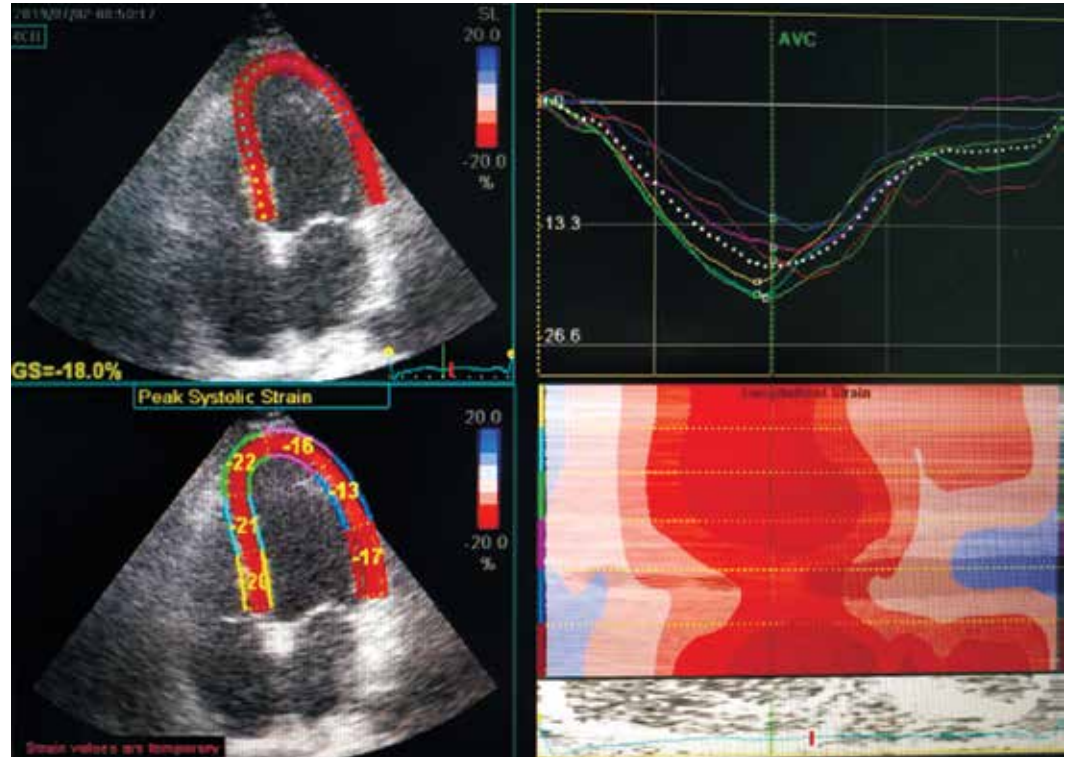
- досягнення субмаксимальної розрахункової ЧСС, яка визначалася за формулою  $[220 - \text{вік (років)}] \times 0,85$  [3];
- ознаки ішемії за даними падіння поздовжньої деформації в суміжних чотирьох та більше сегментах міокарда ЛШ або ПШ;
- розвиток більшого ангінозного нападу;
- ЕКГ-ознаки клінічно значущих аритмій: пароксизм фібриляції передсердь (ФП), «пробіжки» шлуноч-

кової тахікардії (ШТ), шлуночкові бігемінія, тригемінія чи поліморфні або часті, в тому числі парні, комплекси шлуночкової екстрасистоїї (ШЕС);

- більше 2 будь-яких інших небажаних явищ, включаючи часту суправентрикулярну екстрасистоїю (СВЕС) та брадикардію або зниження ЧСС відносно попередніх фаз фармакологічного навантаження;
- кінетика стінок ЛШ та ПШ оцінювалася виконавцями експертного рівня. Використовували 17-сегментарну модель ЛШ [1, 5]. Кінетика сегментів міокарда оцінювалася за конвенційною бальною шкалою нативно та на кожному ступені фармакологічного навантаження як нормокінез (1 бал), гіпокінез (2 бали), акінез (3 бали) або дискінез (4 бали). Будь-яка зміна кінетики в бік погіршення розцінювалася як прояв ішемії. Індекс локальної скоротливості (ІЛС) ЛШ розраховувався в стані спокою та на піковій стадії навантаження з розрахунком динаміки показника – градієнта  $\Delta$ ІЛС за формулою ІЛС при навантаженні мінус ІЛС в стані спокою.

**Спекл-трекінг ЕхоКГ.** Поздовжню деформацію (стрейн) оцінювали за допомогою СТЕ у В-режимі за стандартною методикою [1]. Кінець систоли ідентифікували за моментом закриття аортального клапана (АК). Оператор проводив відмежування ендокарда з автоматичним розрахунком поздовжнього стрейну. Адекватний трекінг верифікувався в режимі реального часу та коригувався за потреби шляхом мануальної корекції курсорів лінії ендокарда. Після завершення процесу трекінгу деформація міокарда автоматично відображалася програмою у вигляді значень поздовжнього стрейну для кожного сегмента й графіків деформації різних сегментів у часі (рисунок 1) та моделювання патерну деформації 17-сегментарної моделі ЛШ (bull's eye) (рисунок 2) після виконання трекінгу в усіх трьох апікальних позиціях (3-, 4- та 2-камерній). Оцінювання деформації ПШ з визначенням поздовжнього стрейну «вільної» стінки та правої частини міжшлуночкової перегородки (МШП) з розрахунком глобального та «вільного» стрейну ПШ з метою додаткової верифікації ішемії та коронарного резерву в басейні правої коронарної артерії (ПКА) проводили ідентично оцінюванню деформації сегментів ЛШ (рисунок 3).

Результати фармакологічного навантаження оцінювали в кожному окремо взятому басейні коронарного кровопостачання з визначенням динаміки поздовжнього стрейну в басейнах гілок передньої міжшлуночкової гілки (ПМШГ) лівої коронарної артерії (ЛКА), огинаючої гілки (ОГ) ЛКА та ПКА (рисунок 4). Розраховували абсолютне цифрове значення GLS в стані спокою та під час фармакологічного навантаження в динаміці на різних ступенях стресу з визначенням різниці приросту або зниження  $\Delta$ GLS, а також оцінювали життєздатність та коронарний резерв в усіх басейнах кровопостачання (таблиця 1).



**Рисунок 1.** Приклад побудови кривих деформації в часі в апікальній 4-камерній позиції (А4С) у пацієнта з пізніше підтвердженим помірним стенозуванням середнього сегмента ОГ ЛКА – зниження стрейну дистальних бокових сегментів

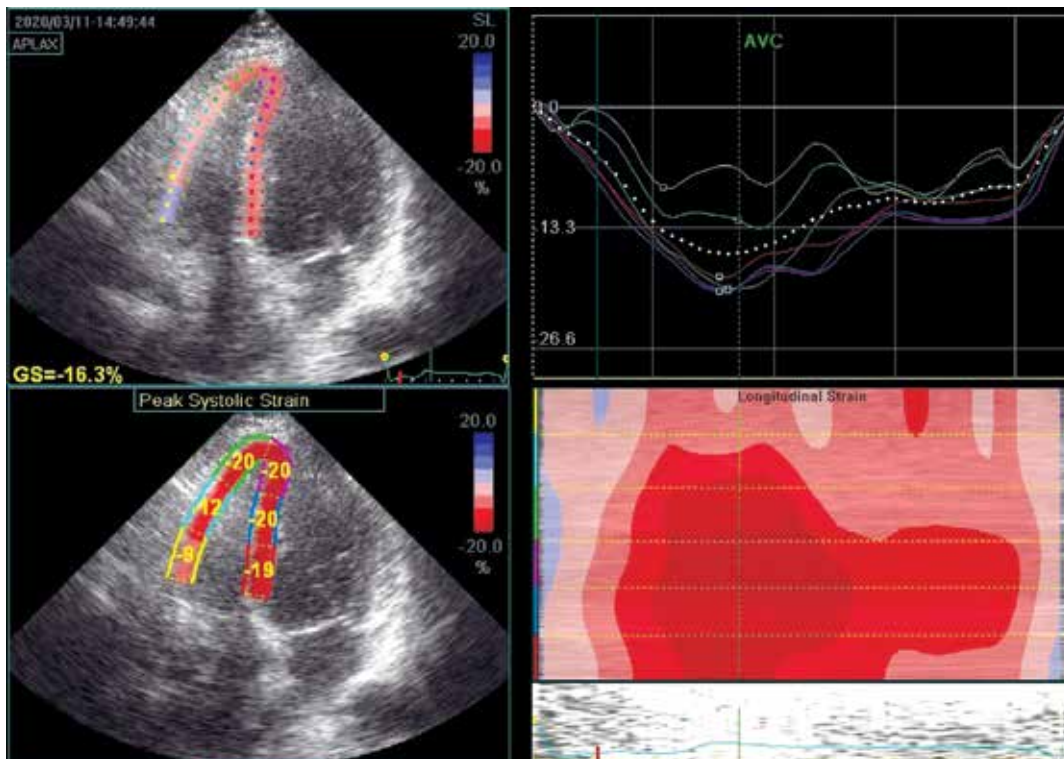
**Коронарна ангиографія.** Усім пацієнтам після ДСЕ з СТЕ виконували КАГ за стандартною методикою за Judkins. Зображення та відео оцінювали досвідчені оператори експертного рівня. Значущим вважалося ураження коронарних артерій зі стенозуванням > 70 % просвіту судини.

**Статистичний аналіз.** Аналіз даних виконували з використанням програмних пакетів SPSS 20.0 для Windows (SPSS Inc., Chicago). В усіх випадках значення розбіжностей  $p < 0,05$  свідчило про статистичну достовірність отриманих даних. Для визначення цінності методу визначали чутливість, специфічність, позитивну та негативну предиктивну цінність з розрахунком показника прогностичних можливостей дослідження «площа під графіком» (area under curve, AUC). Оцінювали варіабельність даних, отриманих одним та різними операторами, для чого випадково відбирали 10 пацієнтів з повторними вимірами на одних і тих самих записах з інтервалом 10–14 днів одним та двома різними виконавцями незалежно один від одного.

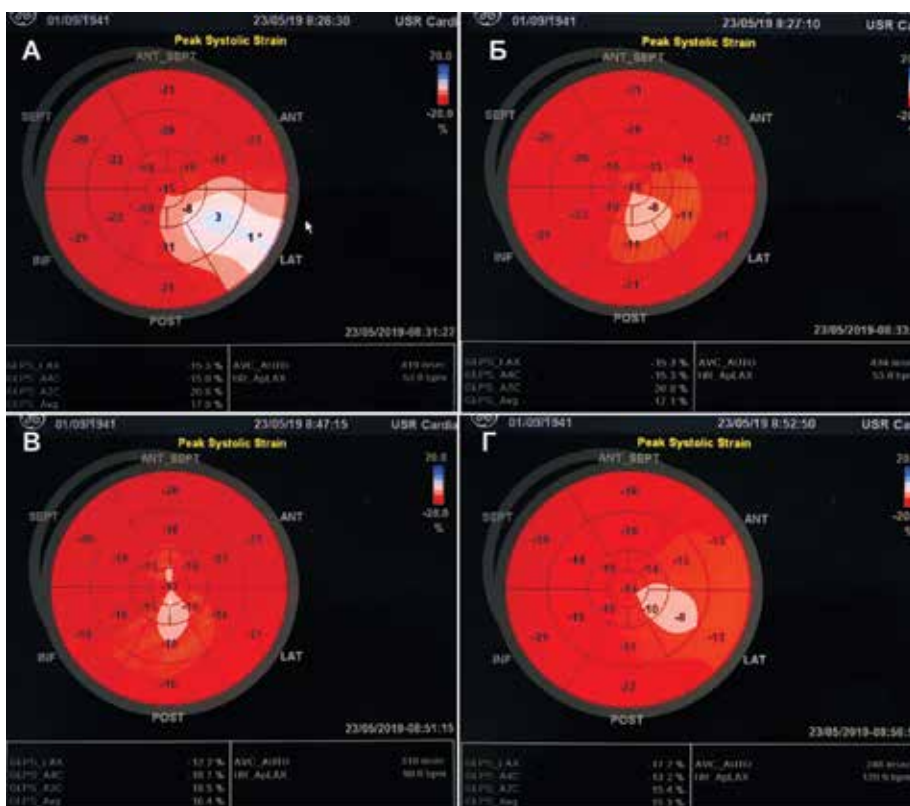
**Результати та обговорення.** Середній вік пацієнтів становив  $57,6 \pm 11,3$  року із середньою фракцією викиду (ФВ) ЛШ  $54,4 \pm 15,8$  %. Артеріальна гіпертензія з постійним прийманням антигіпертензивних препаратів в анамнезі спостерігалася у 118 (84,3 %) пацієнтів. У 38 (27,1 %) пацієнтів мав місце цукровий діабет (ЦД), тип II. Курили 56 (40 %) пацієнтів, а високий ризик ІХС за даними шкали SCORE був виявлений у 121 (86,4 %) пацієнта, обтяжений щодо



**Рисунок 2.** 17-сегментарна модель ЛШ (bull's eye): патерн помірної ішемії в басейні ОГ ЛКА – помірне зниження поздовжньої деформації задньобокових сегментів при збереженому глобальному стрейні (GLS = -19,5 %)



**Рисунок 3.** Приклад верифікації ішемії в басейні ПКА за допомогою оцінювання поздовжньої деформації ПШ – помірно виражене зниження поздовжнього стрейну базального та середнього «вільних» сегментів (GLS = -13,7%) при збереженому стрейні протягом всієї МШП (басейн ПМШП) (GLS = -19,7%)



**Рисунок 4.** Послідовна реєстрація патернів поздовжнього стрейну в 17-сегментарній моделі ЛШ «bull's eye» на виході в стані спокою та на дозах 10, 20 та 40 мг/кг/хв відповідно у пацієнта із стенокардією 2 функціонального класу в басейні дистальних гілок ПМШГ (підтверджено КАГ). На виході (А) реєструється виражене з локальною інверсією падіння деформації бокової стінки ЛШ. У дозі 10 мг/кг/хв (Б) має місце виражений приріст на початку скомпрометованих сегментів зі збереженням помірного падіння апікальних передньозадньобочкових сегментів (ішемія з достатнім коронарним резервом) без суттєвої динаміки стрейну на дозі 20 мг/кг/хв (В). Ураховуючи недотягнення субмаксимальної ЧСС (90 уд./хв), проба подовжена до максимального фармакологічного навантаження добутамином. Г: через 3 хв інфузії 40 мг/кг/хв реєструється виражене зниження стрейну всієї передньобочкової стінки та верхівки – помірно виражена ішемія («двофазна відповідь») без достатнього коронарного резерву в басейні ПМШГ. Пацієнту виконано стентування стентом з медикаментозним покриттям (DES)

Таблиця 1

Критерії оцінювання результатів динаміки СТЕ під час ДСЕ

Вихідні дані	Динаміка	Інтерпретація
Норма	Постійний приріст або стабільно високий/нормальний стрейн	Відсутність ішемії в даному басейні
Норма	Постійне падіння стрейну	Ішемія / низький коронарний резерв
Норма	Приріст на низьких дозах та падіння на вищих дозах	Ішемія («двофазна» відповідь) / недостатній коронарний резерв
Норма	Падіння на низьких дозах та приріст на вищих дозах	Ішемія з високим/достатнім коронарним резервом
Помірне зниження стрейну	Постійний приріст стрейну на всіх фазах навантаження	Вихідна помірною ішемією життєздатного міокарда з достатнім коронарним резервом
Виразене/тяжке зниження або інверсія стрейну	Приріст стрейну на різних рівнях навантаження	Вихідна тяжка ішемія життєздатного міокарда (гібернація), у тому числі в зоні постінфарктного рубця
Тяжке зниження або інверсія стрейну	Відсутність реакції на фармакологічне навантаження	Рубець / нежиттєздатний міокард

ІХС сімейний анамнез – у 127 (90,7 %) пацієнтів. У 10 (7,1 %) мали місце різні кориговані та некориговані вади серця в анамнезі: 2 (1,4 %) пацієнти після протезування мітрального клапана (МК) та АК з приводу ревматичних вад, 2 (1,4 %) пацієнти з протезованими АК з приводу вродженого двостулкового АК, 2 (1,4 %) пацієнти після пластик дефектів міжпередсердної та міжшлуночкової перегородок (без порушень гемодинаміки) та 4 (2,8 %) пацієнти з незначущими атеросклеротичними легкими аортальними вадами. У 22 (15,7 %) були зареєстровані різні аритмії в анамнезі: 14 (10 %) пацієнтів з пароксизмальною формою ФП, у тому числі 2 (1,4 %) після радіочастотної абляції (РЧА) без рецидивів, та 8 пацієнтів з різними формами СВЕС та ШЕС низьких градацій. Повна блокада ЛНПГ неуточненого генезу перед дослідженням була виявлена у 6 (4,3 %) пацієнтів. Два (1,4 %) пацієнти мали фенотип ДКМП неуточненого генезу на ЕхоКГ. Усі хворі мали нормальні показники АТ та ЧСС на момент обстеження (таблиця 2).

Гемодинаміка протягом проведення ДСЕ у пацієнтів значущо не страждала: максимальні цифри систолічного (САТ) та діастолічного АТ (ДАТ) на піковій фазі навантаження порівняно з вихідними даними становили  $158,2 \pm 9,4$  порівняно з  $129,8 \pm 10,5$  ( $p < 0,0001$ ) та  $88,4 \pm 6,2$  порівняно з  $82,6 \pm 11,7$  ( $p < 0,0001$ ) мм рт. ст. відповідно. Приріст ЧСС у середньому сягав  $47,4 \pm 14,9$  уд./хв ( $113,8 \pm 23,8$  порівняно з  $66,4 \pm 8,1$ ,  $p < 0,0001$ ). При цьому розрахункова субмаксимальна ЧСС була досягнута тільки у 72 (51,4 %) пацієнтів, що пояснюється так: 1) частина пацієнтів отримували БАБ з приводу АГ та/або серцевої недостатності; 2) ознаки ішемії розвивалися значно раніше досягнення ЧСС; 3) недосягненням максимального фармакологічного навантаження. Реституція АТ та ЧСС у всіх пацієнтів досягалася самостійно через 3–5 хв після припинення

інфузії добутаміну та не потребувала медикаментозної корекції. Достовірної різниці приросту САТ, ДАТ та ЧСС в групах пацієнтів з позитивними та негативними результатами проби зафіксовано не було.

Максимальна доза добутаміну становила  $26,6 \pm 10,3$  мкг/кг/хв, при цьому в більшості – 88 (62,9 %) – пацієнтів максимальна доза досягала 20 мкг/кг/хв. У 2 (1,4 %) проба була припинена вже на дозі 10 мкг/кг/хв унаслідок розвитку ознак вираженої ішемії за даними СТЕ (різке падіння деформації або інверсія стрейну), а у 50 (35,7 %) пацієнтів вдалося досягнути максимального ступеня навантаження добутаміном 40 мкг/кг/хв, переважно внаслідок високого коронар-

Таблиця 2

Демографічні дані обстежених пацієнтів

Характеристики	Усього (n = 140)
Чоловіків, n (%)	84 (60 %)
Жінок, n (%)	56 (40 %)
Вік, років	$57,6 \pm 11,3$
Артеріальна гіпертензія, n (%)	118 (84,3 %)
ЦД, тип II, n (%)	38 (27,1 %)
Тютюнокуріння, n (%)	56 (40 %)
ФВ ЛШ, %	$54,4 \pm 15,8$
САТ, мм рт. ст.	$129,8 \pm 10,5$
ДАТ, мм рт. ст.	$82,6 \pm 11,7$
ЧСС, уд./хв	$66,4 \pm 8,1$
Високий ризик ІХС, n (%)	121 (86,4 %)
Сімейний анамнез ІХС, n (%)	127 (90,7 %)
Клапанні та вроджені вади, в тому числі клапанне протезування в анамнезі, n (%)	10 (7,1 %)
Аритмії в анамнезі, n (%)	22 (15,7 %)
Повна блокада ЛНПГ, n (%)	6 (4,3 %)

Таблиця 3

Гемодинаміка при проведенні ДСЕ з СТЕ та доза фармакологічного навантаження в обстежених пацієнтів

Показники	У стані спокою	Стрес
САТ, мм рт. ст.	129,8 ± 10,5	158,2 ± 9,4, p < 0,0001
ДАТ, мм рт. ст.	82,6 ± 11,7	88,4 ± 6,2, p < 0,0001
ЧСС, уд./хв	66,4 ± 8,1	113,8 ± 23,8, p < 0,0001
Максимальна доза добутаміну, мкг/кг/хв	26,6 ± 10,3	
10 мкг/кг/хв, n (%)	2 (1,4 %)	
20 мкг/кг/хв, n (%)	88 (62,9 %)	
40 мкг/кг/хв, n (%)	50 (35,7 %)	

ного резерву (32 (22,9 %) пацієнти) або (18 (12,9 %) пацієнтів) негативного результату тесту.

У пацієнтів з негативним результатом ДСЕ будь-яких ускладнень у ході процедури зафіксовано не було.

У пацієнтів з позитивною пробою було зафіксовано всього 15 (12,9 %) ускладнень. Ангінорних нападів або пароксизмів ШТ зафіксовано не було. У 4 (3,5 %) пацієнтів на субмаксимальній та максимальній дозах добутаміну розвинувся пароксизм ФП, причому у 2 (1,72 %) випадках була проведена кардіоверсія, у 2 (1,72 %) – відбулося спонтанне відновлення синусового ритму протягом 10–15 хв після припинення інфузії добутаміну. У 6 (5,2 %) випадках мали місце поодинокі та групові ШЕС, а в 2 (1,72 %) – часті СВЕС, в обох випадках гемодинамічно незначущі, що спонтанно зникли через 5–10 хв після припинення інфузії. В 1 (0,86 %) пацієнта мало місце відносно зниження ЧСС без маніфестної брадикардії. У 2 (1,72 %) пацієнтів з АГ в анамнезі та гіпертрофією ЛШ на ЕхоКГ на субмаксимальній дозі добутаміну 20 мкг/кг/хв була виявлена раніше не діагностована гіпертрофічна кардіоміопатія (ГКМП) з розвитком тяжкої динамічної обструкції вихідного тракту ЛШ (ДР піковий 127 та 135 мм рт. ст.) (таблиці 3 та 4).

У 116 (82,9 %) пацієнтів проба була позитивною, у 24 (17,1 %) – негативною. У пацієнтів з позитивними результатами ДСЕ у 68 (58,6 %) пацієнтів ознаки ішемії були виявлені вже в стані спокою та подальшу пробу проводили з метою оцінювання життєздатності міокарда та коронарного резерву в «зацікавлених» басейнах. У 16 (13,8 %) пацієнтів ішемія з'являлася на мінімальній дозі 10 мкг/кг/хв, у 26 (22,4 %) ішемія була виявлена на помірному навантаженні 20 мкг/кг/хв, а у 6 (5,2 %) пацієнтів з високим коронарним резервом ознаки ішемії з'являлися тільки на дозі 40 мкг/кг/хв. Як було вказано вище, гемодинамічно незначущі транзи-

Таблиця 4

Особливості проведення та безпосередні результати ДСЕ з СТЕ обстежених пацієнтів

Результати та ускладнення	
Позитивна проба, n (%)	116 (82,9 %)
Негативна проба, n (%)	24 (17,1 %)
Діагностична доза ІХС за даними ДСЕ з СТЕ, мкг/кг/хв	
У стані спокою	68 (58,6 %)
10 мкг/кг/хв	16 (13,8 %)
20 мкг/кг/хв	26 (22,4 %)
40 мкг/кг/хв	6 (5,2 %)
Ускладнення, n (%)	15 (12,9 %)
Ангінорний біль, n (%)	0 (%)
ФП, n (%)	4 (3,5 %)
«Пробіжки» ШТ, n (%)	0 (%)
Часта або поліморфна ШЕС, n (%)	6 (5,2 %)
Часта СВЕС, n (%)	2 (1,72 %)
Брадикардія або відносно зниження ЧСС, n (%)	1 (0,86 %)
Раніше не діагностована ГКМП, n (%)	2 (1,72 %)

торні ускладнення були зафіксовані в групі позитивних результатів ДСЕ, з яких тільки 2 (1,72 %) випадки вимагали втручання – кардіоверсії пароксизму ФП (див. таблицю 4).

Динаміка GLS в загальній групі обстежених пацієнтів була недостовірною з незначущим зниженням глобального стрейну на 0,3 % (p = 0,51). У групі з позитивним результатом ДСЕ з СТЕ мало місце недостовірне загальне зниження стрейну на 0,9 % (p = 0,055), у той час як у групі з негативним результатом відзначено достовірний приріст стрейну –  $\Delta$ GLS = +2,7 (p = 0,015). Утім, також було виявлено, що незалежно від загального результату проби динаміка  $\Delta$ GLS могла бути як позитивною, так і негативною в обох групах. Так, у групі з позитивним результатом ДСЕ, у третини пацієнтів (n = 38 (32,8 %), p < 0,0001) мав місце достовірний приріст глобального стрейну ( $\Delta$ GLS = +2,7, p = 0,0032), хоча в двох третинах випадків глобальний стрейн достовірно знижувався ( $\Delta$ GLS = -2,7, p < 0,0001). У групі з негативним результатом ДСЕ у більшості пацієнтів (n = 22, 91,7 %, p < 0,0001) глобальний стрейн протягом фармакологічного навантаження зростав ( $\Delta$ GLS = +3,1, p = 0,011), а його незначне зниження в мінімальній частині обстежених (n = 2, 8,3 %, p < 0,0001) було недостовірним ( $\Delta$ GLS = -0,8, p = 0,09) (таблиця 5). При цьому кореляція між GLS на піковому стресі із загальним результатом тесту була хоч і достовірною, але слабкою (r = 0,43, p < 0,0001) (рисунк 5).

Коронарну ангіографію було виконано всім пацієнтам. У групі пацієнтів з негативним результатом (24 (17,1 %) пацієнти) було виявлено 2 (8,3 %) випадки

Таблиця 5

Динаміка GLS під час ДСЕ з СТЕ

Показник	У стані спокою	Піковий стрес
GLS у загальній групі (n = 140), %	-18,0 ± 3,5	-17,7 ± -4,0
ΔGLS, %		-0,3, p = 0,51
GLS у групі з позитивним результатом ДСЕ (n = 116), %	-17,9 ± 3,5	-17,0 ± 3,6
ΔGLS, %		-0,9, p = 0,055
GLS у групі з негативним результатом ДСЕ (n = 24), %	-18,7 ± 3,8	-21,4 ± 3,6
ΔGLS, %		2,7, p = 0,015
Група з позитивним результатом (n = 116)		
Приріст, n = 38 (32,8 %)		
GLS, %	-16,1 ± 3,5	-18,8 ± 4,2
ΔGLS, %		2,7, p = 0,0032
Падіння, n = 78 (67,2 %), p < 0,0001		
GLS, %	-18,7 ± 3,1	-16,0 ± 2,9
ΔGLS, %		-2,7, p < 0,0001
Група з негативним результатом (n = 24)		
Приріст, n = 22 (91,7 %)		
GLS, %	-18,5 ± 4,0	-21,6 ± 3,7
ΔGLS, %		3,1, p = 0,011
Падіння, n = 2 (8,3 %), p < 0,0001		
GLS, %	-20,3 ± 0,3	-19,5 ± 0,2
ΔGLS, %		-0,8, p = 0,09

1-судинного ураження – 1 (4,15 %) випадок гемодинамічно незначущого (50–60 %) ураження ПМШГ (у пацієнта з раніше не діагностованою ГКМП) та 1 (4,15 %) випадок гемодинамічно незначущого (50–70 %) ураження ПКА з добре розвинутими колатераліями в обох випадках (хибнонегативний результат проби). В обох випадках стентування не проводили. В усіх інших випадках негативної ДСЕ під час КАГ були діагностовані інтактні коронарні артерії.

У групі пацієнтів з позитивним результатом ДСЕ (116 (82,9 %) пацієнтів) було виявлено 2 (1,7 %) хибнопозитивних результати проби з інтактними коронарними артеріями – в обох випадках у пацієнтів з тривалим анамнезом АГ та вираженим гіпертензивним патерном на СТЕ, що ускладнював трактування результатів, а також вираженою звивистістю коронарних артерій. В інших випадках були виявлені різного ступеня та поширеності значущі атеросклеротичні звуження коронарних артерій (таблиця 6).

Таким чином, чутливість та специфічність результатів ДСЕ з СТЕ відносно первинної діагностики ІХС за підсумковими результатами КАГ, як «золотого стандарту» верифікації, становили 98,3 % та 91,7 % відповідно, з ідентичними позитивною та негативною про-

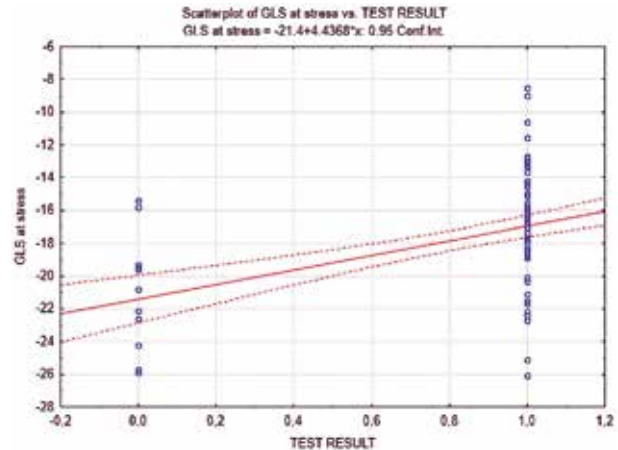


Рисунок 5. Кореляція між значенням глобального поздовжнього стрейну на висоті навантаження (GLS) та загальним результатом ДСЕ ( $r = 0,43$ ,  $p < 0,0001$ )

гностичною цінністю та з дуже високою загальною точністю методу (AUC = 0,98) і відношенням ризиків (OR = 627,0,  $p < 0,0001$ ).

Комбіноване оцінювання ΔGLS та ΔЛЛС відносно виявлення ішемії міокарда показало достовірно нижчі чутливість 86,2 % ( $p = 0,0002$ ) та специфічність 80,4 % ( $p = 0,0064$ ) порівняно з інтегральним оцінювання наявності маркерів ішемії, життєздатності та коронарного резерву при достовірно нижчій інтегральній точності методу (AUC 0,83,  $p < 0,0001$ ).

Враховуючи нижчу точність оцінювання ΔGLS та ΔЛЛС за даними літератури порівняно з даними загального результату тесту ДСЕ з СТЕ з урахуванням оцінювання життєздатності та коронарного резерву [3], а також продемонстровану можливість достовір-

Таблиця 6

Результати КАГ у групі обстежених пацієнтів

Характеристики	Група з негативним результатом, n = 24 (17,1 %)	Група з позитивним результатом, n = 116 (82,9 %)
1-судинне ураження, n (%)	2 (8,3 %)	56 (48,3 %)
2-судинне ураження, n (%)	0 (0 %)	38 (32,7 %)
3-судинне ураження, n (%)	0 (0 %)	22 (19,0 %)
Ураження стовбура ЛКА, n (%)	0 (0 %)	8 (6,9 %)
Ураження ПМШГ ЛКА, n (%)	1 (4,15 %)	84 (72,4 %)
Ураження ОГ ЛКА, n (%)	0 (0 %)	38 (32,8 %)
Ураження ПКА, n (%)	1 (4,15 %)	55 (47,4 %)



ного приросту стрейну протягом навантаження у значній кількості пацієнтів (32,8 %,  $p = 0,0032$ ) з явно позитивними результатами тесту, ми в нашій рутинній практиці більше не оцінюємо динаміку  $\Delta GLS$  та  $\Delta ILC$  в групах пацієнтів, а концентруємося на динаміці  $GLS$  у кожного окремо взятого пацієнта та на загальному результаті проби ДСЕ з урахуванням життєздатності міокарда та коронарного резерву в усіх коронарних басейнах за даними СТЕ. Таке рішення також підтверджується слабкою кореляцією  $GLS$  на піковому навантаженні із загальними результатами тесту ДСЕ з СТЕ ( $r = 0,43$ ,  $p < 0,0001$ ) та достовірно нижчими чутливістю й специфічністю комбінованого оцінювання  $\Delta GLS$  та  $\Delta ILC$  з достовірно нижчою точністю методу (AUC 0,83 порівняно з 0,98,  $p < 0,0001$ ) порівняно з інтегральним оцінюванням наявності маркерів ішемії, життєздатності та коронарного резерву.

За даними ДСЕ з СТЕ в групі хворих з позитивними результатами тесту переважна більшість пацієнтів (114 (98,3 %)) мали життєздатний міокард, з яких у 94 (81 %) був виявлений недостатній коронарний резерв, або значущі ураження з достатнім або високим коронарним резервом, або розвинутими колатералями за даними КАГ – у 22 (19 %) пацієнтів. За результатами ДСЕ та КАГ було виконано 96 (82,3 %) втручань з реваскуляризації міокарда, з яких 86 (89,6 %) ПТКА, в тому числі у 54 (56,3 %) пацієнтів 1-судинне та у 32 (33,3 %) пацієнтів – 2-судинне стентування. 10 (10,4 %) пацієнтам з багатосудинним ураженням було виконано хірургічне втручання А(М)КШ з добрими віддаленими результатами (таблиця 7).

Таким чином, загальний результат оцінювання ДСЕ з СТЕ у первинних пацієнтів без КАГ за критеріями позитивного або негативного тесту, оцінювання життєздатності та коронарного резерву в будь-якому зацікавленому басейні й відносно визначення показань до втручання та реваскуляризації за підсумковими результатами КАГ, як «золотого стандарту» верифікації, та проведених втручань показав, що чутливість ДСЕ з використанням СТЕ становить 97,9 %, а специфічність 91,7 % (AUC 0,95) з ідентичними позитивною та негативною предиктивною цінністю, причому відношення ризиків відносно необхідності реваскуляризації міокарда за даними ДСЕ з СТЕ було вкрай високим (OR = 564,0,  $p < 0,0001$ ).

Давно відомо, що кількісне й напівкількісне оцінювання двовимірного стрейну дає змогу набагато надійніше виявляти порушення кінетики стінок ЛШ та ПШ у пацієнтів з групи високого ризику в стані спокою [2, 4, 6, 9, 11, 14, 16]. Також на сьогодні достатньо добре доказово встановлено, що СТЕ є добрим методом візуалізації під час ЕхоКГ [1, 9, 14], особливо враховуючи той факт, що часто конвенційні параметри ЕхоКГ у первинних пацієнтів з підозрою на ІХС в групах норми та патології достовірно не розрізняються.

Таблиця 7

Результати ДСЕ з СТЕ та КАГ відносно реваскуляризації міокарда в обстежених пацієнтів

Характеристики	Усього (n = 140)
Позитивна проба за даними ДСЕ, n (%)	116 (82,9 %)
Життєздатний міокард, n (%)	114 (98,3 %)
Недостатній коронарний резерв, n (%)	94 (81 %)
Достатній або високий коронарний резерв, n (%)	22 (19 %)
Всього втручань за результатами ДСЕ, n (%)	96 (82,3 %)
ПТКА за результатами ДСЕ, n (%)	86 (89,6 %)
1-судинне стентування, n (%)	54 (56,3 %)
2-судинне стентування, n (%)	32 (33,3 %)
А(М)КШ за результатами ДСЕ, n (%)	10 (10,4 %)

Відомо, що двовимірний стрейн може кількісно визначитися на будь-якому ступені фармакологічного навантаження під час ДСЕ, що робить СТЕ дуже цінним інструментом діагностики ішемії та оцінювання життєздатності та коронарного резерву як в стані спокою, так і на найбільш ранніх ступенях навантаження, включаючи мінімальну [3, 7, 8, 10, 18, 19]. Так, було доведено, що виявлення тяжкої ішемії в різних коронарних басейнах у вигляді падіння поздовжньої деформації може відбуватися на найбільш ранніх фазах ДСЕ ще до виникнення візуальних порушень регіональної скоротливості, що робить СТЕ особливо цінним інструментом [3, 7, 8, 10, 18, 19], та повністю підтверджується даними нашого дослідження.

Низка досліджень вказує на те, що поздовжній стрейн має кращу діагностичну точність порівняно з оцінюванням циркулярного та радіального стрейну, а також не поступається в діагностичній точності візуальному оцінюванню порушень регіональної скоротливості при експертному оцінюванні в діагностиці ІХС [2, 5, 9, 16–19]. Поряд з тим фактом, що субендокардіальний шар міокарда є найчутливішим до мінімальної ішемії, а також з простотою та швидкістю виконання СТЕ під час ДСЕ, ми в нашій рутинній клінічній практиці вирішили використовувати тільки поздовжній стрейн як оптимальний параметр діагностики ішемії, що підтверджується результатами цього дослідження.

Наші дані підтверджують високу безпечність ДСЕ у пацієнтів із підозрою на ІХС, оскільки ми не зафіксували жодного клінічно значущого вираженого ускладнення, що потребувало б медикаментозного лікування або додаткових втручань (окрім 2 (1,72 %) випадків кардіоверсії пароксизму ФП), а ті нечасті аритмічні прояви ішемії (15 (12,9 %) випадків) у вигляді суправентрикулярних та шлуночкових порушень ритму, що мали місце, здебільшого мали транзиторний характер та спонтанно припинялися після припинення інфузії добутаміну без значущого впливу на гемодинаміку,

що дозволяє вважати ДСЕ найбільш безпечною навантажувальною пробою у пацієнтів з підозрою на ІХС.

Певний інтерес становлять собою описані випадки тяжкої динамічної обструкції виносного тракту ЛШ (ВТЛШ) у пацієнтів з раніше не діагностованою ГКМП під час ДСЕ, що має стати предметом окремого дослідження.

**Обмеження.** Ми не обмежували відбір пацієнтів за індексом маси тіла, включаючи всіх пацієнтів незалежно від соматотипу, в тому числі з ожирінням, що дало змогу уникнути переоцінки точності ДСЕ з СТЕ у пацієнтів тільки з оптимальною візуалізацією. Крім того, оскільки в цілі дослідження входило оцінювання життєдіяльності та коронарного резерву, при включенні в дослідження не було обмежень за ФВ ЛШ. Певне обмеження становили технічні складності проведення СТЕ при неоптимальній візуалізації, зокрема при високій ЧСС.

**Клінічні перспективи.** З огляду на те що параметри деформації міокарда, а саме глобальний та регіональний поздовжній стрейн, дозволяють діагностувати ішемію на ранніх стадіях, СТЕ в нашій клініці зайняла чільне місце у пацієнтів з підозрою на ІХС. Можливо, розробка відповідних програмних алгоритмів у майбутньому дозволить краще втілити цю методику в рутинну клінічну практику у пацієнтів з ІХС.

**Висновки.** Це дослідження дає змогу вважати ДСЕ з напівкількісним оцінюванням поздовжньої деформації міокарда під час СТЕ як методу візуалізації безпечним оптимальним методом діагностики ішемії та оцінювання життєздатності та коронарного резерву у пацієнтів з підозрою на ІХС. Враховуючи нижчу точність оцінювання  $\Delta$ GLS та  $\Delta$ ЛЛС за даними літератури та нашого дослідження порівняно з даними загального результату тесту ДСЕ з СТЕ з урахуванням оцінювання життєздатності та коронарного резерву, а також продемонстровану можливість достовірного приросту стрейну під час навантаження у значній кількості пацієнтів, автори рекомендують протягом ДСЕ з СТЕ не прицільне оцінювання динаміки  $\Delta$ GLS та  $\Delta$ ЛЛС, а динаміку GLS у кожного окремого пацієнта та оцінювання загального результату тесту з урахуванням життєздатності міокарда та коронарного резерву в усіх коронарних басейнах за даними СТЕ.

#### Список використаних джерел

#### References

1. Лазоришинець ВВ, Коваленко ВМ, Руденко АВ, Іванів ЮА, Бешляга ВМ, Поташев СВ та ін. Визначення загального стандарту для 2D-спекл-трекінг ехокардіографії. Кардіологія та кардіохірургія: безперервний професійний розвиток. 2019;2:105-129  
Lazoryshynets VV, Kovalenko VM, Rudenko AV, Ivaniv YA, Beshlyaga VM, Potashev SV, et al. [Definition for a Common Standard for 2D Speckle-Tracking Echocardiography]. Cardiology and cardiac surgery: continuous professional development. 2019;2:90-104. <https://doi.org/10.30702/ccs.201905.02.2DST105129>
2. Aggeli C, Felekos I, Tousoulis D, Gialafos E, Rapti A, Stefanadis C. Myocardial mechanics for the early detection of cardiac sarcoidosis. *Int J Cardiol.* 2013;168(5):4820-1. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2013.07.010>
3. Aggeli C, Lagoudakou S, Felekos I, Panagopoulou V, Kastellanos S, Toutouzas K, Roussakis G, et al. Two-dimensional speckle tracking for the assessment of coronary artery disease during dobutamine stress echo: clinical tool or merely research method. *Cardiovascular Ultrasound.* 2015 Oct 24;13:43. <https://doi.org/10.1186/s12947-015-0038-z>
4. Biering-Sørensen T, Jensen JS, Pedersen SH, Galatius S, Fritz-Hansen T, Bech J, et al. Regional Longitudinal Myocardial Deformation Provides Incremental Prognostic Information in Patients with ST-Segment Elevation Myocardial Infarction. *PLoS ONE.* 2016;11(6):e0158280. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158280>
5. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, Jacobs AK, Kaul S, Laskey WK, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart: a statement for healthcare professionals from the cardiac imaging committee of the council on clinical cardiology of the American Heart Association. *Circulation.* 2002;105:539-42. <https://doi.org/10.1161/hc0402.102975>
6. Choi JO, Cho SW, Song YB, Cho SJ, Song BG, Lee SC, et al. Longitudinal 2D strain at rest predicts the presence of left main and three vessel coronary artery disease in patients without regional wall motion abnormality. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10(5):695-701. <https://doi.org/10.1093/ejehocard/jep041>
7. Fujimoto H, Honma H, Ohno T, Mizuno K, Kumita S. Longitudinal Doppler strain measurement for assessment of damaged and/or hibernating myocardium by dobutamine stress echocardiography in patients with old myocardial infarction. *Journal of Cardiology.* 2010 May;55(3):309-16. <https://doi.org/10.1016/j.jjcc.2009.12.013>
8. Gong L, Li D, Chen J, Wang X, Xu T, Li W, et al. Assessment of myocardial viability in patients with acute myocardial infarction by two-dimensional speckle tracking echocardiography combined with low-dose dobutamine stress echocardiography. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2013;29(5):1017-28. <https://doi.org/10.1007/s10554-013-0185-y>
9. Huang SJ, Orde S. From speckle tracking echocardiography to torsion: research tool today, clinical practice tomorrow. *Curr Opin Crit Care.* 2013;19(3):250-7. <https://doi.org/10.1097/MCC.0b013e32836092b7>
10. Joyce E, Hoogslag GE, Al Amri I, Debonnaire P, Katsanos S, Bax JJ, et al. Quantitative Dobutamine Stress Echocardiography Using Speckle-Tracking Analysis versus Conventional Visual Analysis for Detection of Significant Coronary Artery Disease after ST-Segment Elevation Myocardial Infarction. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015;28(12):1379-89.e1. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2015.07.023>
11. Keddeas VW, Swelim SM, Selim GK. Role of 2D speckle tracking echocardiography in predicting acute coronary occlusion in patients with non ST-segment elevation myocardial

- infarction. The Egyptian Heart Journal. 2017;69(2):103-10. <https://doi.org/10.1016/j.ehj.2016.10.005>
12. Liang HY, Cauduro S, Pellikka P, Wang J, Urheim S, Yang EH, et al. Usefulness of two-dimensional speckle strain for evaluation of left ventricular diastolic deformation in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol*. 2006;98(12):1581-6. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2006.07.038>
  13. Montgomery DE, Puthumana JJ, Fox JM, Ogunyankin KO. Global longitudinal strain aids the detection of non-obstructive coronary artery disease in the resting echocardiogram. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2012;13(7):579-87. <https://doi.org/10.1093/ejehocardi/jer282>
  14. Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, Belohlavek M, Cardim NM, Derumeaux G, 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. *Eur J Echocardiogr*. 2011;12(3):167-205. <https://doi.org/10.1093/ejehocardi/jer021>
  15. Nesbitt GC, Mankad S, Oh JK. Strain imaging in echocardiography: methods and clinical applications. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2009;25 (Suppl 1):9-22. <https://doi.org/10.1007/s10554-008-9414-1>
  16. Popović ZB, Kwon DH, Mishra M, Buakhamsri A, Greenberg NL, Thamilarasan M, et al. Association between regional ventricular function and myocardial fibrosis in hypertrophic cardiomyopathy assessed by speckle tracking echocardiography and delayed hyperenhancement magnetic resonance imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2008;21(12):1299-305. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2008.09.011>
  17. Sarvari S, Haugaa KH, Zahid W, Bendz B, Aakhus S, Aaberge L, et al. Layer-specific quantification of myocardial deformation by strain echocardiography may reveal significant CAD in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2013;6(5):535-44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcmg.2013.01.009>
  18. Wierzbowska-Drabik K, Hamala P, Roszczyk N, Lipiec P, Plewka M, Krecki R, et al. Feasibility and correlation of standard 2D speckle tracking echocardiography and automated function imaging derived parameters of left ventricular function during dobutamine stress test. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2014;30(4):729-37. <https://doi.org/10.1007/s10554-014-0386-z>
  19. Yu Y, Villarraga HR, Saleh HK, Cha SS, Pellikka PA. Can ischemia and dyssynchrony be detected during early stages of dobutamine stress echocardiography by 2-dimensional speckle tracking echocardiography? *Int J Cardiovasc Imaging*. 2013;29(1):95-102. <https://doi.org/10.1007/s10554-012-0074-9>

## Longitudinal Strain by Speckle Tracking during Dobutamine Stress Echocardiography in Suspected Coronary Arteries Disease

Potashev S. V., Salo S. V., Gavrylyshyn A. Y., Hrubyak L. M., Unitska O. M., Fedkiv S. V.  
National Amosov Institute of Cardiovascular Surgery of NAMS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

### Abstract

**Background.** Speckle tracking echocardiography (STE) provides valuable information about global and regional myocardial function. STE during dobutamine stress echocardiography (DSE) enables more reliable ischemia diagnosis.

**The aim** of the study was to evaluate STE feasibility as a DSE visualization method and its accuracy compared to coronary angiography (CAG) in the patients with moderate-to-high coronary arteries disease (CAD) risk.

**Methods.** We prospectively examined 140 patients (84 [60.0%] men and 56 [40.0%] women) with suspected CAD in order to verify diagnosis and evaluate myocardial viability and coronary reserve.

**Results.** Mean left ventricular ejection fraction (LVEF) was  $54.4 \pm 15.8\%$ . All the patients had normal blood pressure (BP) and heart rate (HR) during the test. There were no significant hemodynamics alterations during the test. There were no significant complications during DSE with only 15 (12.9%) cases of different relatively low grade supraventricular and ventricular arrhythmia, mainly transitory without interventions. There were 116 (82.9%) positive DSE results, of which 2 (1.72%) were false-positive. In 2 (8.3%) patients with negative DSE results, CAG revealed 1-vessel insignificant (50–70%) lesions with developed collaterals (false-negative results). According to DSE and CAG results, 96 (82.3%) patients underwent revascularization interventions: 86 (89.6%) percutaneous coronary interventions (PCIs) and 10 (10.4%) coronary artery bypass grafting (CABG) surgery.

Sensitivity and specificity of DSE with STE for primary CAD diagnosis according to the “golden standard” CAG results were 98.3% and 91.7%, respectively, with identical positive and negative predictive values and very high overall accuracy of the method (AUC = 0.98; OR = 627.0,  $p < 0.0001$ ). Sensitivity and specificity of DSE with STE for defining indications for intervention and revascularization were 97.9% and 91.7%, respectively, with high overall accuracy (AUC = 0.95; OR = 564.0,  $p < 0.0001$ ). Combined quantification of  $\Delta$ GLS and  $\Delta$ WMSI for primary CAD diagnosis showed significantly lower sensitivity 86.2% ( $p = 0.0002$ ) and specificity 80.4% ( $p = 0.0064$ ) with significantly lower integral method accuracy (AUC 0.83,  $p < 0.0001$ ).

**Conclusions.** DSE with STE as a visualization method is a safe and optimal method for ischemia diagnosis and evaluation of myocardial viability and coronary reserve in patients with suspected CAD. Given the lower  $\Delta$ GLS and  $\Delta$ WMSI accuracy compared to integral DSE with STE result evaluation, as well as frequent GLS growth in significant number of patients with definite positive test result, authors recommend evaluating integral test result rather than strain value.

**Keywords:** coronary heart disease, speckle tracking, stress echo.

Стаття надійшла в редакцію 17.06.2020 р.