

# Неінвазивна діагностика ураження лівого передсердя: діагностичні можливості спекл-трекінг ехокардіографії (огляд літератури та власні спостереження)



**М. Ю. Колесник, М. В. Соколова**

Запорізький державний медичний університет  
Навчально-науковий медичний центр  
«Університетська клініка», Запоріжжя

Стан лівого передсердя (ЛП) відображує тяжкість серцево-судинного ремоделювання міокарда в цілому та свідчить про ступінь компенсації низки серцево-судинних захворювань. Трансторакальна ехокардіографія визначає лінійні та об'ємні параметри ЛП, проте має обмеження щодо ранньої діагностики ураження ЛП. Спекл-трекінг ехокардіографія — новий недоплерівський метод оцінки стану серця. Ця технологія не залежить від кута сканування, високої частоти кадрів та характеризується високою відтворюваністю результатів. Метод дає змогу аналізувати механічну функцію ЛП на нових концептуальних засадах. В огляді розглянуто принципи проведення спекл-трекінг ехокардіографії. Обговорено обмеження методу, зокрема проблема стандартизації та вибору вихідної точки для аналізу деформації ЛП — початок R-хвилі або пік R-хвилі ЕКГ. Наведено дані щодо параметрів деформації міокарда ЛП у нормі. На підставі власних спостережень та даних літератури розглянуто зміни деформаційних властивостей ЛП за таких патологічних станів, як артеріальна гіпертензія, мітральний стеноз, мітральна регургітація, фібриляція передсердь, діастолічна дисфункція лівого шлуночка та серцева недостатність зі збереженою фракцією викиду лівого шлуночка. За їх результатами визначено, що показники деформації і швидкості деформації ЛП — ранні та чутливі маркери ураження ЛП.

**Ключові слова:** ураження лівого передсердя, деформація, спекл-трекінг ехокардіографія.

Ліве передсердя (ЛП) часто називають «глікованим гемоглобіном» серця, оскільки стан ЛП відображує тяжкість ремоделювання міокарда в цілому та свідчить про ступінь компенсації низки серцево-судинних захворювань [27].

Трансторакальна ехокардіографія — найдоступніший метод оцінки ЛП. У рутинній клінічній практиці здебільшого обмежуються визначенням тільки лінійних розмірів ЛП, які вже добре вивчені й мають свою прогностичну цінність. Наприклад, за результатами дослідження AFFIRM, передньозадній діаметр ЛП понад 4,5 см асоціюється з висо-

кою ймовірністю частих рецидивів фібриляції передсердь (ФП), попри отримання антиаритмічної терапії [29]. Водночас ЛП має складну форму, тому нормальні лінійні розміри не унеможливають його дилатацію.

Індекс об'єму вважають інформативнішим показником розмірів ЛП [41]. Проте його збільшення може визначатися в нормі, зокрема у професійних спортсменів та при брадикардії [22]. Отже, діагностичні підходи до оцінки ЛП потребують удосконалення. Значні сподівання в цьому аспекті пов'язують з розвитком мультимодальної візуалізації, а також із появою таких ультразвукових технологій, як спекл-трекінг ехокардіографія і тривимірна ехокардіографія.

Цей огляд присвячено діагностичним можливостям спекл-трекінг ехокардіографії як методу оцінки стану ЛП при різних серцево-судинних захворюваннях за даними літератури та власними спостереженнями.

Стаття надійшла до редакції 12 липня 2017 р.

Колесник Михайло Юрійович, д. мед. н.,  
доцент кафедри сімейної медицини, терапії і кардіології  
факультету післядипломної освіти  
E-mail: zsmumk@gmail.com

© М. Ю. Колесник, М. В. Соколова, 2017

## Роль спекл-трекінг ехокардіографії в сучасному діагностичному процесі

Технологія «спекл-трекінг» ґрунтується на відстежуванні фрагментів сірошкального зображення міокарда, що мають унікальні акустичні властивості [42]. Вона дає змогу оцінювати рух певних сегментів міокарда у різні фази серцевого циклу з розрахунком таких параметрів, як зміщення, швидкість зміщення, деформація, швидкість деформації, ротація, скручування тощо. Новий недоплерівський режим позбавлений недоліків тканинної доплерографії, не залежить від кута сканування, високої частоти кадрів та характеризується високою відтворюваністю результатів. Найбільш вивчений показник методики, що довів свою діагностичну та прогностичну цінність у багатьох дослідженнях, — глобальна поздовжня деформація лівого шлуночка (ЛШ) [1, 14, 15, 35]. Терміном «деформація» визначають ступінь зміни довжини сегмента міокарда від початкового значення, котре вимірюється у відсотках. Глобальна поздовжня деформація становить собою середнє арифметичне деформації 16 або 17 сегментів ЛШ.

Сьогодні спекл-трекінг ехокардіографія перебуває на етапі переходу з площини наукових досліджень у клінічну практику. Зокрема, глобальну поздовжню деформацію внесено до базових показників стану ЛШ в останній версії рекомендацій з оцінки камер серця Європейської асоціації фахівців із серцево-судинної візуалізації [17]. Динамічне визначення цього параметра пропонують застосовувати для ранньої детекції кардіотоксичності при терапії онкологічних захворювань у консенсусному документі 2016 р. [45]. Інформативність параметрів деформації ЛП вивчено менше, хоча в перспективі вони можуть суттєво вдосконалити діагностичні підходи до оцінки стану цієї камери серця.

### Методика проведення спекл-трекінг ехокардіографії лівого передсердя

Спекл-трекінг ехокардіографія ЛП базується на класичному трансоракальному дослідженні. Дослідник має записати відеокліпи з високою частотою кадрів (60–90 за 1 секунду) в чотирикамерній та двокамерній апікальній позиції. Необхідна умова — наявність чіткого ЕКГ-сигналу з якісною диференціацією основних зубців, що синхронізується з ехокардіографічним зображенням. Апікальну позицію модифікують так, щоб ЛП відображалось з максимальними розмірами за довгою віссю. Деформацію аналізують за допомогою спеціалізованих програмних пакетів, інтегрованих до ультразвукових сканерів, або на окремих комп'ютерних робочих станціях. Першим етапом обробки отриманих зображень є обведення ендокарда ЛП, що ділить його на шість сегментів, з можливістю мануальної корекції контурів.

Наступний етап — автоматичний аналіз якості оконтурювання, за результатами якого вилучають сегменти з неадекватною візуалізацією. Кінцевим результатом стає побудова сегментарних кривих деформації, за якими розраховують показники деформації та швидкості деформації передсердь у різні фази серцевого циклу.

Власні клінічні спостереження з аналізом деформації ЛП, що наведені в цьому огляді, отримано на ультразвуковому сканері Vivid E9 XDClear Console 4D Expert 100 (General Electric, США) та оброблено на робочій станції Echopac (версія 113) з використанням пакета програм 2D Strain.

Механічну функцію ЛП можна розділити на три фази:

1) резервуарна, або фаза накопичення, котра реалізується в період систоли та ізоволіумічного розслаблення ЛШ і характеризується надходженням крові з легеневих вен; її починають реєструвати з моменту відкриття стулок аортального клапана до відкриття стулок мітрального клапана синхронно з ЕКГ (від початку сегмента ST до закінчення зубця T);

2) кондуїтна, або фаза протікання, яка пов'язана з надходженням крові з ЛП до ЛШ під час ранньої діастоли за рахунок градієнта тиску між порожнинами; її реєструють від моменту відкриття стулок мітрального клапана до закінчення періоду діастазису синхронно з ЕКГ (від закінчення зубця T до початку зубця P);

3) контрактильна фаза, або період власного скорочення (систоли) передсердя від початку зубця P до зубця R на ЕКГ, котра відображає активне надходження крові з ЛП у пізню діастолу ЛШ [37].

Деякі автори також виокремлюють четверту фазу (всмоктування), яка відображає протікання крові з легеневих вен і наповнення ЛП у ранню систолу ЛШ; її оцінюють від моменту закриття мітрального клапана до відкриття аортального клапана, що відповідає періоду від піку зубця R до закінчення зубця S на ЕКГ [40].

Деформацію ЛП можна аналізувати від початку зубця P або зубця R на ЕКГ. Ці два підходи змінюють орієнтацію кривих деформації відносно осі ординат та впливають на числові значення отриманих показників.

Найчастіше поздовжню деформацію розраховують у резервуарну та контрактильну фази, суму яких визначають як глобальну (тотальну) деформацію ЛП. Оскільки під час систоли передсердь довжина сегментів зменшується, деформація в контрактильну фазу має від'ємні значення, а в усі інші фази — додатні.

### Обмеження спекл-трекінг ехокардіографії лівого передсердя

Донедавна основним обмеженням методу вважали варіабельність нормативних значень показників деформації міокарда в різних виробників програм-

ного забезпечення через відмінності в алгоритмах проведення аналізу. Для подолання цього недоліку була створена робоча група Європейської асоціації фахівців із серцево-судинної візуалізації, яка розробила принципи стандартизації методики [42]. За результатами її роботи останні версії програмного забезпечення для проведення спекл-трекінг ехокардіографії ґрунтуються на спільних методологічних засадах, що підтверджено відповідними порівняльними дослідженнями [8, 36].

Подібної стандартизації потребує також методика аналізу деформації ЛП, що зумовлено кількома чинниками. По-перше, існують проблеми з оконтурюванням стінки ЛП у ділянці легеневи́х вен та вушка, де ці контури перериваються. По-друге, необхідно враховувати різний характер кривих деформації міжпередсердної перегородки та латеральної стінки ЛП, що зумовлено їхньою різною гістологічною структурою, особливо в ділянці овальної ямки, значною поширеністю аневризм та гіпермобільності міжпередсердної перегородки, а також впливом тиску правого передсердя. По-третє, при ФП існує проблема високої варіабельності частоти серцевих скорочень та неможливо проаналізувати деформацію, синхронізовану з R-хвилею.

Наразі предметом дискусій слугує вибір вихідної точки для аналізу деформації ЛП — початок R-хвилі або пік R-хвилі. У низці досліджень показники деформації ЛП, обчислені від зубця R, мали кращу кореляцію з відповідними параметрами, отриманими за допомогою тривимірної ехокардіографії [3, 21]. За результатами дослідження S. Hayashi та співавт., параметри деформації ЛП, синхронізовані з початком R-хвилі, демонструють статистично значуще кращу зіставність із золотим стандартом — магнітно-резонансною томографією [12].

Серед іншого необхідно відзначити відсутність консенсусу стосовно кількості позицій, в яких потрібно оцінювати деформацію, а також єдиної номенклатури сегментів ЛП.

### **Параметри деформації лівого передсердя в нормі**

Абсолютні значення показників деформації залежать від низки фізіологічних констант, варіанта ЕКГ-синхронізації (хвиля P або R), а також налаштувань ультразвукових сканерів та програмних пакетів для спекл-трекінг ехокардіографії. Під час обстеження 171 добровольця було визначено, що деформація ЛП статистично значуще більша в жінок, знижується з віком і залежить від параметрів систолічної та діастолічної функції ЛШ [19]. У цьому дослідженні аналіз проводили від початку R-хвилі. Деформація у фазу скорочення ЛП становила мінус 14,5%, у резервуарну фазу — 19,7%, а глобальна деформація дорівнювала 33,3%. R. M. Saraiva та співавт. при синхронізації з ЕКГ від R-хвилі у практично здорових осіб визначили, що

деформація в контрактильну фазу становила  $(-14,2 \pm 3,3)\%$ , у резервуарну —  $(21,4 \pm 6,7)\%$ , тоді як глобальна деформація дорівнювала  $(35,6 \pm 7,9)\%$  [34]. У разі вибору R-хвилі як вихідної точки для аналізу показники деформації статистично значуще вищі [30]. В одному з досліджень при використанні R-хвилі як референтної точки початку аналізу глобальна деформація ЛП становила  $(46,8 \pm 7,7)\%$  у практично здорових осіб [38]. F. Pathan та співавт. за результатами метааналізу результатів 40 досліджень із залученням понад 2,5 тис. учасників визначили такі нормативи показників деформації ЛП: середня деформація в контрактильну фазу — 17% (95% довірчий інтервал (ДІ) 16–19%), у резервуарну — 23% (95% ДІ 21–25%), глобальна деформація — 39% (95% ДІ 38–41%) [26]. До чинників, що зумовлюють гетерогенність результатів різних досліджень, за даними F. Pathan та співавт., належать частота серцевих скорочень та площа поверхні тіла [26].

На рис. 1, 2 представлено показники деформації ЛП у нормі, зареєстровані у 45-річного чоловіка у двох варіантах — синхронізовано з P- та R-хвилею. Перевага першого варіанта відстеження — його краща відповідність фізіології серцевого циклу. Спочатку передсердя скорочується (контрактильна фаза), тому криві деформації стають негативними. Потім починається резервуарна фаза, у ЛП накопичується кров із легеневи́х вен — криві стають позитивними. Закінчується цикл кондукційною фазою — за градієнтом тиску кров надходить з ЛП до ЛШ, криві досягають нульової позначки, після якої цикл повторюється. Перевага другого варіанта — універсальність використання як за нормального синусового ритму, так і за ФП.

## **Параметри деформації міокарда лівого передсердя на тлі патологічних станів**

### **Артеріальна гіпертензія**

У Рекомендаціях з артеріальної гіпертензії Європейського товариства кардіологів 2013 р. наведено збільшення індексу об'єму понад 34 мл/м<sup>2</sup> як єдиний ехокардіографічний критерій ураження ЛП [18]. Але наявність дилатації ЛП не належить до ранніх ознак патологічних змін і відображає зрив компенсаторних механізмів. Порушення деформаційних властивостей ЛП передують його дилатації. Такого висновку можна дійти за результатами дослідження M. Cameli та співавт. [5]. Дослідники встановили статистично значуще зниження деформації ЛП у резервуарну фазу, тоді як за лінійними та об'ємними параметрами ЛП пацієнти з артеріальною гіпертензією були зіставні з групою контролю. Порушення деформації ЛП в умовах підвищеного артеріального тиску за нормальних розмірів ЛП підтвердили й інші дослідники [20]. Про

інформативність параметрів деформації на ранніх стадіях ураження ЛП свідчить статистично значуще зниження деформації в резервуарну фазу навіть в осіб з гіпертензією «білого халата» [39].

На рис. 3 представлено аналіз деформації міокарда у 52-річної жінки з артеріальною гіпертензією та нормальними розмірами ЛП. Визначається зменшення деформації ЛП переважно в резервуарну фазу.

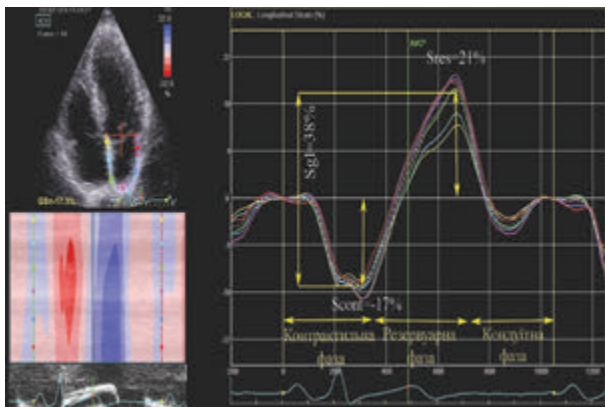
**Мітральний стеноз**

Стеноз мітрального клапана спричиняє значні зміни ЛП, характер яких можна дослідити за допомогою спекл-трекінг ехокардіографії. Так, P. Caso та співавт. встановили, що швидкість поздовжньої деформації ЛП слугує незалежним предиктором несприятливих подій протягом трирічного спостереження [7]. Група корейських дослідників за результатами зіставлення значущості деформації ЛП із виявами міокардіального фіброзу під час патогістологічного дослідження дійшла висновку, що глобальна деформація ЛП слугує маркером ступеня фіброзу міокарда цієї камери серця [13].

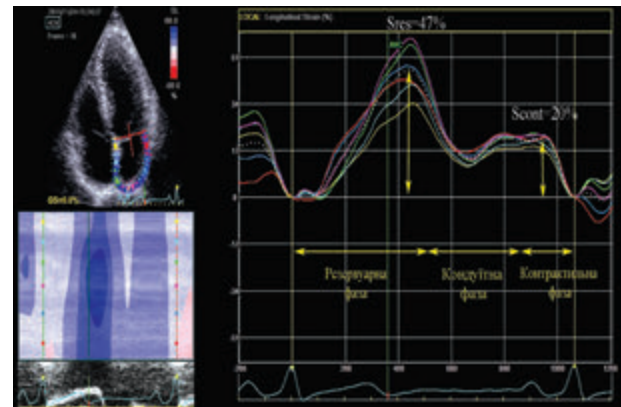
В іншому дослідженні визначено, що параметри деформації ЛП дають змогу прогнозувати успішність інтервенційних втручань на мітральному клапані, зокрема перкутанної комісуротомії [32].

На рис. 4 представлено дослідження поздовжньої деформації ЛП у 60-річної пацієнтки зі стенозом мітрального клапана ревматичної етіології помірного ступеня та симптомною серцевою недостатністю. Привертає увагу те, що в контрактильну фазу відбувається парадоксальна елонгація деяких сегментів ЛП (криві вище ізолінії). Патерн деформації ЛП характеризується значним зниженням деформації як у контрактильну, так і в резервуарну фазу. На рис. 5 і 6 представлено порівняння R-синхронізованих кривих деформації в пацієнтки зі стенозом мітрального клапана та декомпенсованою серцевою недостатністю в динаміці. Привертає увагу збільшення деформації ЛП майже у 2 рази після спонтанного відновлення синусового ритму та деконгестивної терапії.

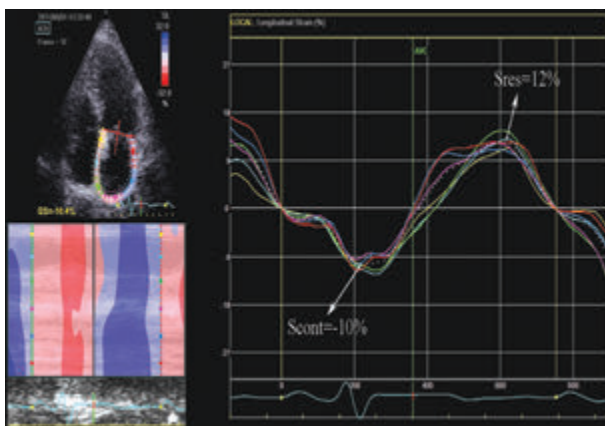
Деформаційні властивості ЛП змінюються також у разі інших клапанних вад, зокрема стенозу



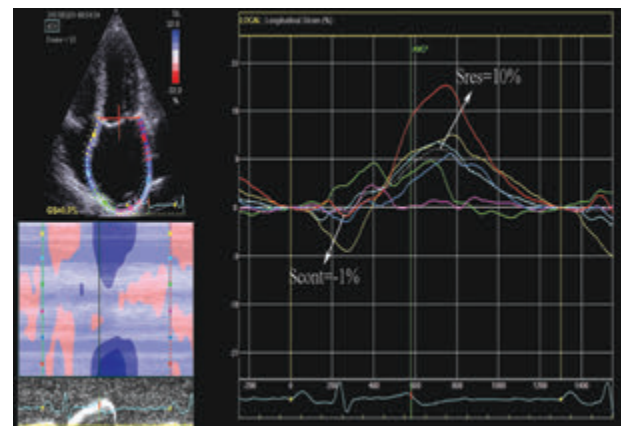
**Рис. 1.** Графік поздовжньої деформації ЛП у нормі під час аналізу від зубця Р ЕКГ. Scont — деформація в контрактильну фазу; Sres — деформація в резервуарну фазу; Sgl — глобальна деформація (власне спостереження)



**Рис. 2.** Графік поздовжньої деформації ЛП у нормі під час аналізу від зубця R ЕКГ (власне спостереження)



**Рис. 3.** Графік поздовжньої деформації ЛП (Р-синхронізація) у пацієнтки Д. з артеріальною гіпертензією (власне спостереження)



**Рис. 4.** Графік поздовжньої деформації ЛП (Р-синхронізація) у пацієнтки Л. з мітральним стенозом (власне спостереження)



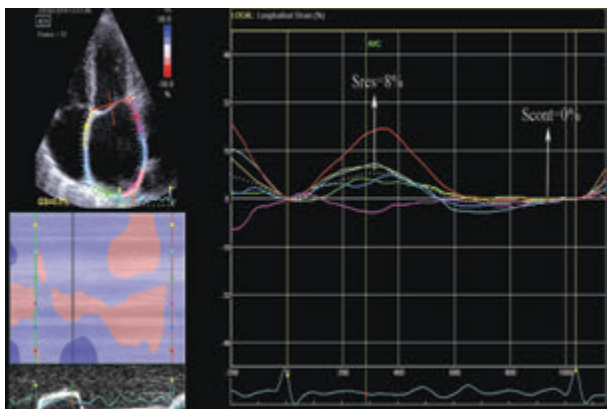
аортального клапана. Так, Е. Galli та співавт. довели, що глобальна поздовжня деформація ЛП менше 21% слугує незалежним предиктором несприятливих подій протягом року разом із функціональним класом серцевої недостатності та наявністю стенозів коронарних артерій. Дослідники дійшли висновку, що деформація ЛП – це інтегральний маркер стану лівих камер серця, який може бути інформативнішим, ніж традиційні ехокардіографічні показники [11].

**Мітральна регургітація**

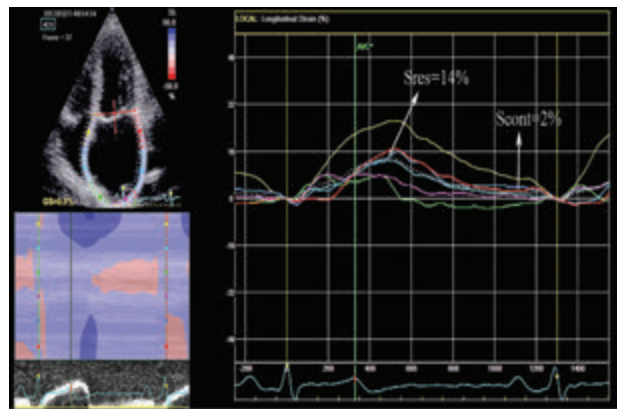
М. Sameli та співавт., котрі визначали стан деформації ЛП залежно від ступеня регургітації на мітральному клапані, встановили, що прогресування мітральної недостатності спричиняє поступове зниження деформації як у фазу накопичення, так й у фазу скорочення ЛП [4]. Визначення деформації ЛП може бути важливим параметром для встановлення оптимального терміну хірургічного втручання за недостатності мітрального клапана. Так, у шестирічному проспективному дослідженні з оцінювання виживаності хворих після реконструктивних операцій з приводу мітральної регургітації за даними традиційних ехокардіографічних критеріїв та показників деформації ЛП група дослідників на чолі з L. Ring довела, що виживаність пацієнтів статистично значуще нижча в разі глобальної деформації ЛП менше 24% незалежно від їхнього клінічного статусу перед операцією [31].

**Фібриляція передсердь**

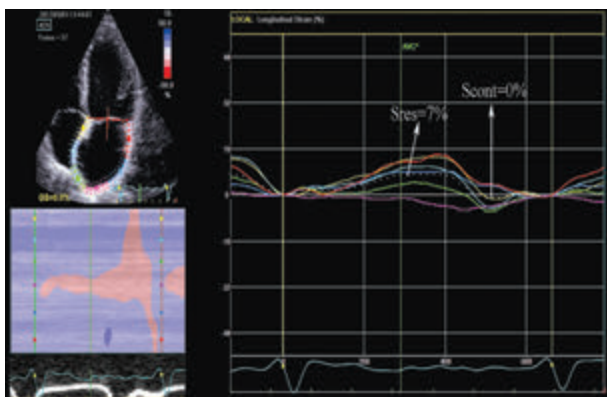
Ехокардіографічна оцінка стану серця в умовах порушень ритму має цілу низку обмежень. У 2016 р. вийшов у світ спільний консенсусний документ з мультимодальної візуалізації при ФП Європейської асоціації фахівців із серцево-судинної візуалізації та Європейської асоціації з порушень ритму серця [10]. Один із розділів цього документа присвячений можливостям спектрекінг ехокардіографії. Для оцінки деформації експерти пропонують досліджувати латеральну стінку ЛП, оскільки вона тісніше корелює зі ступе-



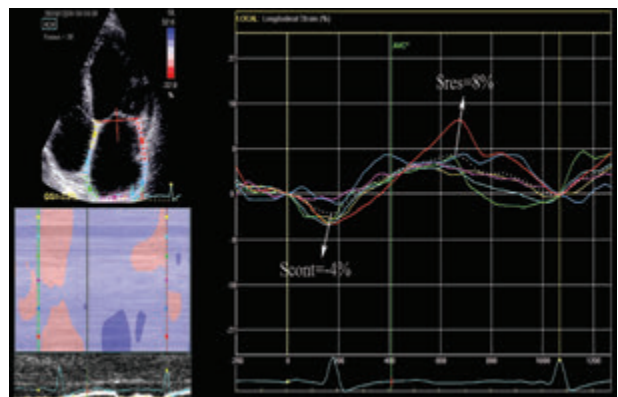
**Рис. 5.** Графік поздовжньої деформації ЛП (R-синхронізація) у пацієнтки П. з мітральним стенозом на тлі ФП (власне спостереження)



**Рис. 6.** Графік поздовжньої деформації ЛП у динаміці (R-синхронізація) у пацієнтки П. з мітральним стенозом після відновлення синусового ритму (власне спостереження)



**Рис. 7.** Графік поздовжньої деформації ЛП (R-синхронізація) у пацієнта Ч. із серцевою недостатністю, систолічною дисфункцією ЛШ та ФП (власне спостереження)



**Рис. 8.** Графік поздовжньої деформації ЛП (R-синхронізація) у пацієнтки А. із серцевою недостатністю та збереженою фракцією викиду ЛШ та ФП (власне спостереження)

нем міокардіального фіброзу, а відстежування руху стінки синхронізувати із зубцем R. Пікова глобальна деформація менше 30% указує на порушення резервуарної функції та свідчить про несприятливий прогноз. Указано на прогностичну роль деформації передсердь для оцінки ризику кардіоемболічного інсульту. За даними проспективного дослідження М. Obokata та співавт., котрі визначали глобальну деформацію ЛП у пацієнтів з гострим епізодом венозного тромбоемболізму на тлі пароксизмальної або персистентної форми ФП, деформація менше 15,4% дає змогу прогнозувати ризик системної емболії краще за загальноприйняту шкалу ризику інсульту CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc [24]. Для клінічної практики беззаперечний інтерес викликає можливість прогнозування рецидивів ФП шляхом оцінки деформації ЛП, інформативність показників котрої підтверджено в кількох дослідженнях у пацієнтів після катетерної абляції [25, 44]. Автори цих робіт указують на користь зазначеної методики для відбору пацієнтів-респондерів для катетерних втручань з приводу ФП. У дослідженні С. Costa та співавт. продемонстровано перспективність використання показників деформації ЛП для прийняття рішення щодо вибору між стратегіями лікування: відновлення синусового ритму за допомогою електричної кардіоверсії або дотримання контролю частоти серцевих скорочень [9].

На рис. 7 представлено патерн деформації ЛП у 39-річного пацієнта з ФП, фракцією викиду (ФВ) ЛШ 27% та клінічною картиною серцевої недостатності найшемічного генезу, на котрій визначається майже повна відсутність механічної активності ЛП.

#### Діастолічна дисфункція лівого шлуночка

У 2016 р. опубліковано оновлений алгоритм оцінки діастолічної функції ЛШ Європейської асоціації фахівців із серцево-судинної візуалізації та Американського товариства з ехокардіографії [22]. У цьому документі спекл-трекінг ехокардіографію ЛП розглядають як нову перспективну методику, що потребує активного вивчення. Так, К. Wakami встановлено зворотний кореляційний зв'язок між тиском наповнення ЛШ та деформацією ЛП [43]. М. Sameli та співавтори оцінювали інформативність глобальної деформації ЛП щодо виявлення пацієнтів з тиском наповнення ЛШ понад 12 мм рт.ст. у зіставленні з інвазивним вимірю-

ванням і довели найкращу діагностичну точність величини цього показника менше 18% (площа під кривою — 0,87) незалежно від значень ФВ ЛШ, тимчасом як відношення E/e' було інформативним лише у хворих зі збереженою ФВ ЛШ [6]. До того ж, за даними R. Narro та співавт., спекл-трекінг ехокардіографія дає змогу визначати не лише наявність, а й тяжкість діастолічних порушень [23].

#### Серцева недостатність зі збереженою фракцією викиду лівого шлуночка

Цей фенотип серцевої недостатності й досі залишається terra incognita сучасної кардіології. Незважаючи на значну кількість досліджень з цієї проблеми, на сьогодні бракує належної доказової бази для визначення стратегії ведення таких хворих [28]. Вочевидь, потребують удосконалення й діагностичні підходи до оцінки цього патологічного стану. З огляду на це значний інтерес викликає робота М. Curt та співавт., за даними котрих деформація ЛП — найінформативніший показник для відокремлення асимптомних хворих з діастолічною дисфункцією від пацієнтів із серцевою недостатністю та збереженою ФВ ЛШ [16]. В іншому дослідженні в пацієнтів з першою маніфестацією ознак недостатності кровообігу зниження деформації ЛП було єдиною інструментальною ознакою міокардіальної дисфункції [33]. Група німецьких дослідників на чолі з S.M. Aung визначила, що глобальна деформація ЛП у резервуарну фазу менше 17,5% може бути корисною в діагностиці серцевої недостатності зі збереженою ФВ [2].

На рис. 8 представлено аналіз деформації ЛП у 68-річної пацієнтки з маніфестною серцевою недостатністю та збереженою ФВ зі значним зниженням глобальної деформації в період як контрактильної, так і резервуарної фази.

Отже, нова діагностична технологія спекл-трекінг є перспективним методом, який дає змогу оцінювати камери серця, зокрема ЛП, на нових концептуальних засадах. Проведені дослідження вказують на її інформативність уже на ранніх стадіях серцево-судинних захворювань, коли рутинне обстеження не дає можливості виявляти патологічні зміни. Важлива передумова для широкого впровадження спекл-трекінг ехокардіографії ЛП — стандартизація аналізу. Прогностичну цінність параметрів деформації ЛП належить встановити в подальших дослідженнях.

*Конфлікту інтересів немає.*

*Участь авторів: концепція і дизайн дослідження, редагування тексту — М. К.; збір і обробка матеріалу — М. С.; написання тексту — М. К., М. С.*

#### Література

1. Дзяк Г. В., Колесник М. Ю. Особенности деформации и ротации миокарда у мужчин с артериальной гипертонией и разной степенью гипертрофии левого желудочка // Кардиология. — 2014. — № 6 (54). — С. 9—14.
2. Aung S. M., Güler A., Güler Y. Left atrial strain in heart failure with preserved ejection fraction // Herz. — 2017. — Vol. 42 (2). — P. 194—199.
3. Buechel R., Sommer G., Leibundgut G. et al. Assessment of left atrial functional parameters using a novel dedicated analysis tool for realtime three-dimensional echocardiography: Validation in com-

- parison to magnetic resonance imaging // *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* – 2013. – Vol. 29. – P. 601–608.
4. Cameli M., Lisi M., Giacomini E. et al. Chronic mitral regurgitation: left atrial deformation analysis by two-dimensional speckle tracking echocardiography // *Echocardiography.* – 2011. – Vol. 28 (3). – P. 327–334.
  5. Cameli M., Lisi M., Righini F. M. et al. Left atrial strain in patients with arterial hypertension // *Int. Cardiovasc. Forum J.* – 2013. – Vol. 1. – P. 31–36.
  6. Cameli M., Sparla S., Losito M. et al. Correlation of left atrial strain and doppler measurements with invasive measurement of left ventricular end-diastolic pressure in patients stratified for different values of ejection fraction // *Echocardiography.* – 2016. – Vol. 33 (3). – P. 398–405.
  7. Caso P., Ancona R., Salvo di G. et al. Atrial reservoir function by strain rate imaging in asymptomatic mitral stenosis: prognostic value at 3-year follow-up // *Eur. J. Echocardiogr.* – 2009. – Vol. 10 (6). – P. 753–759.
  8. Castel A. L., Menet A., Ennezat P. V. et al. Global longitudinal strain software upgrade: Implications for intervender consistency and longitudinal imaging studies // *Arch. Cardiovasc. Dis.* – 2016. – Vol. 109 (1). – P. 22–30.
  9. Costa C., González-Alujas T., Valente F. et al. Left atrial strain: a new predictor of thrombotic risk and successful electrical cardioversion // *Echo Res. Pract.* – 2016. – Vol. 3 (2). – P. 45–52.
  10. Donal E., Lip G. Y. H., Galderisi M. et al. EACVI/EHRA expert consensus document on the role of multi-modality imaging for the evaluation of patients with atrial fibrillation // *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* – 2016. – Vol. 17 (4). – P. 355–383.
  11. Galli E., Fournet M., Chabanne C. et al. Prognostic value of left atrial reservoir function in patients with severe aortic stenosis: a 2D speckle-tracking echocardiographic study // *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* – 2016. – Vol. 17. – P. 533–541.
  12. Hayashi S., Yamada H., Bando M. et al. Optimal analysis of left atrial strain by speckle tracking echocardiography: P-wave versus R-wave trigger // *Echocardiography.* – 2015. – Vol. 32 (8). – P. 1241–1249.
  13. Her A. Y., Choi E. Y., Shim C. Y. et al. Prediction of left atrial fibrosis with speckle tracking echocardiography in mitral valve disease: a comparative study with histopathology // *Korean Circ. J.* – 2012. – Vol. 42 (5). – P. 311–318.
  14. Kalam K., Otahal P., Marwick T. H. et al. Prognostic implications of global LV dysfunction: a systematic review and meta-analysis of global longitudinal strain and ejection fraction // *Heart.* – 2014. – Vol. 100 (21). – P. 1673–1680.
  15. Kolesnyk M. Y. Speckle tracking echocardiography in hypertensive males with glucose metabolism disorders // *Zaporozhye Medical Journal.* – 2014. – Vol. 6 (87). – P. 4–10.
  16. Kurt M., Wang J., Torre-Amione G. et al. Left atrial function in diastolic heart failure // *Circ. Cardiovasc. Imaging.* – 2009. – Vol. 2 (1). – P. 10–15.
  17. Lang R. M., Badano L. P., Mor-Avi V. et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging // *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* – 2015. – Vol. 16 (3). – P. 233–271.
  18. Mancia G., Fagard R., Narkiewicz K. et al. 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension: the Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC) // *J. Hypertens.* – 2013. – Vol. 31 (7). – P. 1281–1357.
  19. Miglioranza M. H., Badano L. P., Mihăilă S. et al. Physiologic determinants of left atrial longitudinal strain: a two-dimensional speckle-tracking and three-dimensional echocardiographic study in healthy volunteers // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* – 2016. – Vol. 29 (11). – P. 1023–1034.
  20. Miyoshi H., Oishi Y., Mizuguchi Y. et al. Association of left atrial reservoir function with left atrial structural remodeling related to left ventricular dysfunction in asymptomatic patients with hypertension: evaluation by two-dimensional speckle-tracking echocardiography // *Clin. Exp. Hypertens.* – 2015. – Vol. 37 (2). – P. 155–165.
  21. Mor-Avi V., Yodanis C., Jenkins C. et al. Real-time 3D echocardiographic quantification of left atrial volume: Multi-center study for validation with CMR // *JACC Cardiovasc. Imaging.* – 2012. – Vol. 5. – P. 769–777.
  22. Nagueh S. F., Smiseth O. A., Appleton C. P. et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* – 2016. – Vol. 29 (4). – P. 277–314.
  23. Nappo R., Degiovanni A., Bolzani V. et al. Quantitative assessment of atrial conduit function: a new index of diastolic dysfunction // *Clin. Res. Cardiol.* – 2016. – Vol. 105. – P. 17–28.
  24. Obokata M., Negishi K., Kurosawa K. et al. Left atrial strain provides incremental value for embolism risk stratification over CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc score and indicates prognostic impact in patients with atrial fibrillation // *Am. Soc. Echocardiogr.* – 2014. – Vol. 27. – P. 709–716.
  25. Parwani A. S., Morris D. A., Blaschke F. et al. Left atrial strain predicts recurrence of atrial arrhythmias after catheter ablation of persistent atrial fibrillation // *Open Heart.* – 2017. – Vol. 4. – e000572.
  26. Pathan F., D'Elia N., Nolan M. T. et al. Normal ranges of left atrial strain by speckle-tracking echocardiography: a systematic review and meta-analysis // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* – 2017. – Vol. 30 (1). – P. 59–70.
  27. Paul B. Left atrial volume – a new index in echocardiography // *JAPI.* – 2009. – Vol. 57. – P. 463–467.
  28. Ponikowski P., Voors A. A., Anker S. D. et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure // *Eur. J. Heart Fail.* – 2016. – Vol. 18 (8). – P. 891–975.
  29. Raitt M. H., Volgman A. S., Zoble R. G. et al. Prediction of the recurrence of atrial fibrillation after cardioversion in the Atrial Fibrillation Follow-up Investigation of Rhythm Management (AFFIRM) study // *Am. Heart J.* – 2006. – Vol. 151. – P. 390–396.
  30. Rimbasa R. C., Mihaila S., Vinereanu D. Sources of variation in assessing left atrial functions by 2D speckle-tracking echocardiography // *Heart Vessels.* – 2016. – Vol. 31 (3). – P. 370–381.
  31. Ring L., Rana B. S., Wells F. C. et al. Atrial function as a guide to timing of intervention in mitral valve prolapse with mitral regurgitation // *J. Am. Coll. Cardiol. Img.* – 2014. – Vol. 7. – P. 225–232.
  32. Rohani A., Kargar S., Fazlinejad A. et al. Acute effect of treatment of mitral stenosis on left atrium function // *Ann. Card. Anaesth.* – 2017. – Vol. 20 (1). – P. 42–44.
  33. Sanchis L., Gabrielli L., Andrea R. et al. Left atrial dysfunction relates to symptom onset in patients with heart failure and preserved left ventricular ejection fraction // *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* – 2015. – Vol. 16 (1). – P. 62–67.
  34. Saraiva R. M., Demirkol S., Buakhamsri S. et al. Left atrial strain measured by two-dimensional speckle tracking represents a new tool to evaluate left atrial function // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* – 2010. – Vol. 23 (2). – P. 172–180.
  35. Sengelov M., Jorgensen P. G., Jensen J. S. et al. Global longitudinal strain is a superior predictor of all-cause mortality in heart failure with reduced ejection fraction // *JACC Cardiovasc. Imaging.* – 2015. – Vol. 8 (12). – P. 1351–1359.
  36. Shiino K., Yamada A., Ischenko M. et al. Intervender consistency and reproducibility of left ventricular 2D global and regional strain with two different high-end ultrasound systems // *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* – 2017. – Vol. 18 (6). – P. 707–716.
  37. Sirbu C., Herbots L., D'hooge J. et al. Feasibility of strain and strain rate imaging for the assessment of regional left atrial deformation: a study in normal subjects // *Eur. J. Echocardiogr.* – 2006. – Vol. 7 (3). – P. 199–208.
  38. Sun J. P., Yang Y., Guo R. et al. Left atrial regional phasic strain, strain rate and velocity by speckle-tracking echocardiography: normal values and effects of aging in a large group of normal subjects // *Int. J. Cardiol.* – 2013. – Vol. 168 (4). – P. 3473–3479.
  39. Tadic M., Cuspidi C., Pencic B. et al. The influence of white-coat hypertension on left atrial phasic function // *Blood Press.* – 2017. – Vol. 26 (2). – P. 102–108.
  40. Todaro M. C., Choudhuri I., Belohlavek M. New echocardiographic techniques for evaluation of left atrial mechanics // *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* – 2012. – Vol. 13 (12). – P. 973–984.
  41. Tsang T. S., Abhayaratna W. P., Barnes M. E. et al. Prediction of cardiovascular outcomes with left atrial size: is volume superior to area or diameter? // *J. Am. Coll. Cardiol.* – 2006. – Vol. 47. – P. 1018–1023.
  42. Voigt J. U., Pedrizzetti G., Lysyansky P. et al. Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging // *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* – 2015. – Vol. 16. – P. 1–11.
  43. Wakami K., Ohte N., Asada K. J. et al. Correlation between left ventricular end-diastolic pressure and peak left atrial wall strain during left ventricular systole // *Am. Soc. Echocardiogr.* – 2009. – Vol. 22. – P. 847–851.

44. Yasuda R., Murata M., Roberts R. et al. Left atrial strain is a powerful predictor of atrial fibrillation recurrence after catheter ablation: study of a heterogeneous population with sinus rhythm or atrial fibrillation // Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging. — 2015. — Vol. 16. — P. 1008–1014.
45. Zamorano J. L., Lancellotti P., Rodriguez Muñoz D. et al. 2016 ESC

Position Paper on cancer treatments and cardiovascular toxicity developed under the auspices of the ESC Committee for Practice Guidelines: The Task Force for cancer treatments and cardiovascular toxicity of the European Society of Cardiology // Eur. Heart J. — 2016. — Vol. 37(36). — P. 2768–2801.

## Неинвазивная диагностика поражения левого предсердия: диагностические возможности спекл-трекинг эхокардиографии (обзор литературы и собственные наблюдения)

**М. Ю. Колесник, М. В. Соколова**

Запорожский государственный медицинский университет  
Учебно-научный медицинский центр «Университетская клиника», Запорожье

Состояние левого предсердия (ЛП) отображает тяжесть сердечно-сосудистого ремоделирования миокарда в целом и свидетельствует о степени компенсации ряда сердечно-сосудистых заболеваний. Трансторакальная эхокардиография определяет линейные и объемные параметры ЛП, но имеет ограничения в отношении ранней диагностики поражения ЛП. Спекл-трекинг эхокардиография — новый недоплерографический метод оценки состояния сердца. Эта технология не зависит от угла сканирования, высокой частоты кадров и характеризуется высокой воспроизводимостью результатов. Метод позволяет проводить анализ механической функции ЛП на новых концептуальных основах. В обзоре рассмотрены принципы проведения спекл-трекинг эхокардиографии. Обсуждены ограничения метода, в частности проблема стандартизации и выбора исходной точки для анализа деформации ЛП — начало Р-волны или пик R-волны ЭКГ. Представлены данные о параметрах деформации миокарда ЛП в норме. На основе собственных наблюдений и данных литературы рассмотрено изменение деформационных свойств ЛП при таких патологических состояниях, как артериальная гипертензия, митральный стеноз, митральная регургитация, фибрилляция предсердий, диастолическая дисфункция левого желудочка и сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса левого желудочка. По их результатам установлено, что показатели деформации и скорости деформации ЛП являются ранними и чувствительными маркерами поражения ЛП.

**Ключевые слова:** поражение левого предсердия, деформация, спекл-трекинг эхокардиография.

## Non-invasive diagnostic assessment of the left atrial damage: diagnostic limitations of speckle tracking echocardiography (review and own observations)

**M. Yu. Kolesnyk, M. V. Sokolova**

Zaporizhzhia State Medical University  
Educational and Scientific Medical Center «University Clinic», Zaporizhzhia

A condition of the left atrium (LA) reflects the severity of cardiovascular remodeling of the myocardium generally and indicates the degree of compensation a number of cardiovascular diseases. Transthoracic echocardiography determines linear and volumetric parameters of LA, but it has limitations in early diagnostics of the LA damage. Speckle tracking echocardiography is a new non-doppler method of heart state assessment. This technology does not depend on the scanning angle, high frame rate and is characterized by high reproducibility of the results. The method allows to analyze the mechanical function of LA on new conceptual bases. Principles of speckle tracking echocardiography are outlined in the review. Limitations of the method are discussed, in particular, the problem of standardization and the choice of the starting point for LA strain analysis — the beginning of the P-wave or the peak of R-wave of ECG. Data on the normal parameters of LA strain are presented. Based on our own observations and literature data the change of the deformation properties of LA are presented in such pathological conditions as arterial hypertension, mitral stenosis, mitral regurgitation, atrial fibrillation, left ventricular diastolic dysfunction and heart failure with preserved left ventricular ejection fraction. According to their results, it is established that the strain and strain rate of LA are early and sensitive markers of LA damage.

**Key words:** left atrial damage, strain, speckle tracking echocardiography.