

Роль спекл-трекінг ехокардіографії в пацієнтів з інфарктом міокарда

А. В. Кобець  *A-E, М. П. Копиця  A,E,F, Н. В. Титаренко  B,E, Ю. В. Родіонова  B,E

ДУ «Національний інститут терапії імені Л. Т. Малої НАМН України», м. Харків

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

У всьому світі у структурі захворюваності та смертності від неінфекційних захворювань найпоширенішими є серцево-судинні захворювання, серед них провідна роль належить інфаркту міокарда. Показники вдосконаленої сучасної перспективної ультразвукової методики – спекл-трекінг ехокардіографії – мають важливе значення для детекції та оцінювання серцево-судинних захворювань. Зміна значень маркерів може виявити ішемію, гіпертрофію, дистрофію та інфільтрацію міокарда, важкі системні захворювання, а також дає змогу оцінити кардіотоксичність дії препаратів тощо.

Ця сучасна технологія візуалізації суттєво доповнює та покращує діагностичні можливості трансторакальної ехокардіографії, дає змогу визначити ефективність роботи міокарда в усіх трьох площинах (повздожній, циркулярній і радіальній), в яких здійснюється рух міокарда, і загалом, і в кожному його сегменті протягом серцевого циклу, визначити обсяг ураження міокарда, диференціювати субендокардіальний і трансмуральний інфаркти міокарда, виявити його життєздатні та фіброзовані ділянки. За результатами досліджень, це підтверджується даними магнітної резонансної томографії. Крім того, цей метод допомагає виявити й оцінити механічну диссинхронію, а також прогнозувати ризик розвитку патологічного ремоделювання лівого шлуночка та загрозливих для життя несприятливих серцево-судинних подій (аритмій, появи чи декомпенсації серцевої недостатності, повторного інфаркту міокарда, розвитку інсульту, смерті тощо). Це дуже актуально та важливо в діагностиці гострого інфаркту міокарда для визначення хворих високого ризику.

Найбільш вивченими показниками цієї методики є повздожній, циркулярний і радіальний стрейн лівого шлуночка, механічна дисперсія та постсистолічне вкорочення. Показники цієї методики істотно доповнюють інші маркери трансторакальної ехокардіографії для стратифікації ризику розвитку серцево-судинних ускладнень, наприклад фракції викиду лівого шлуночка. Цінність маркерів спекл-трекінг ехокардіографії показана й ізольовано, й у разі комбінованого використання.

Ключові слова:

інфаркт міокарда, спекл-трекінг ехокардіографія, повздожній стрейн, циркулярний стрейн, радіальний стрейн, диссинхронія, стратифікація ризику.

Pathologia. 2021.
T. 18, № 1(51).
C. 117-124

*E-mail:
co.alla@ukr.net

Role of speckle tracking echocardiography in patients with myocardial infarction

A. V. Kobets, M. P. Kopytsia, N. V. Tytarenko, Yu. V. Rodionova

All over the world cardiovascular diseases are one of the main reason of morbidity and mortality in the structure of non-communicable diseases, and myocardial infarction has a leading role. Markers of modern advanced ultrasound techniques, speckle tracking echocardiography, play significant role in the detection and assessment of cardiovascular disease. Deviation of them can detect myocardial ischemia, hypertrophy, dystrophy and infiltration, severe systemic diseases, cardiotoxicity of the drugs, etc.

This technology significantly improves diagnostic capabilities of transthoracic echocardiography, it allows to assess myocardial function in all three planes (longitudinal, circumferential and radial), in which myocardium moves during cardiac cycle. Speckle tracking echocardiography can determine the volume of myocardial damage, differentiate subendocardial and transmural myocardial infarction, identify viable and fibrous areas of the myocardium, that is confirmed by the results of magnetic resonance imaging. Besides, this method helps to detect and assess mechanical dyssynchrony and also predict the risk of pathological left ventricular remodeling and life-threatening adverse cardiovascular events (arrhythmias, increasing of heart failure, recurrent myocardial infarction, stroke, death, etc.), that is important for patients with acute myocardial infarction to identify high-risk patients.

The most studied markers of this technique are longitudinal, circumferential and radial strain, mechanical dispersion and postsystolic shortening. Markers of this ultrasound technique significantly complete other markers of transthoracic echocardiography, such as left ventricular ejection fraction, to assess risk stratification of cardiovascular complications. The value of speckle-tracking echocardiography markers has been demonstrated alone or in combination with other markers.

Key words:

myocardial infarction, speckle tracking echocardiography, longitudinal strain, circumferential strain, radial strain, dyssynchrony, risk stratification.

Pathologia
2021; 18 (1), 117-124

Роль спекл-трекінг ехокардіографії у пацієнтів з інфарктом міокарда

А. В. Кобець, Н. П. Копиця, Н. В. Титаренко, Ю. В. Родіонова

Во всем мире в структуре заболеваемости и смертности от неинфекционных заболеваний наиболее распространены сердечно-сосудистые заболевания, среди которых ведущую роль играет инфаркт миокарда. Показатели усовершенствованной современной перспективной ультразвуковой методики – спекл-трекінг ехокардіографії – важны в детекции и оценке сердечно-сосудистых заболеваний. Изменение значений этих маркеров может показать ишемию, гипертрофию, дистрофию и инфильтрацию миокарда, тяжелые системные заболевания, а также оценить кардиотоксическое влияние препаратов и др.

Эта современная технология визуализации существенно дополняет и улучшает диагностические возможности трансторакальной эхокардіографії, позволяет оценить эффективность работы миокарда во всех трех плоскостях (продольной,

Ключевые слова: инфаркт миокарда, спекл-трекинг эхокардиография, продольный стрейн, циркулярный стрейн, радиальный стрейн, диссинхрония, стратификация риска.

Патология. 2021.
Т. 18, № 1(51).
С. 117-124

циркулярной и радиальной), в которых осуществляется движение миокарда как в целом, так и в каждом его сегменте в течение сердечного цикла, определить объем поражения миокарда, дифференцировать субэндокардиальный и трансмуральный инфаркты миокарда, дифференцировать жизнеспособные и фиброзированные участки миокарда. По результатам исследований, это подтверждается данными магнитной резонансной томографии. Кроме того, этот метод помогает выявить и оценить механическую диссинхронию, а также прогнозировать риск развития патологического ремоделирования левого желудочка и угрожающих жизни неблагоприятных сердечно-сосудистых событий (аритмий, появления или нарастания сердечной недостаточности, повторного инфаркта миокарда, развития инсульта, смерти и др.), что актуально и важно в диагностике острого инфаркта миокарда для выявления больных высокого риска.

Наиболее изученные показатели этой методики – продольный, циркулярный и радиальный стрейн левого желудочка, механическая дисперсия и постсистолическое укорочение. Показатели этой методики значительно дополняют другие маркеры трансторакальной эхокардиографии для стратификации риска развития сердечно-сосудистых осложнений, например фракции выброса левого желудочка. Ценность маркеров спекл-трекинг эхокардиографии продемонстрирована и изолированно, и при их комбинированном использовании.

За даними Європейського товариства кардіологів і ВООЗ, у структурі захворюваності та смертності від неінфекційних захворювань в Європі та світі [21,29,31] чільне місце посідають серцево-судинні захворювання. З-поміж них найпоширенішою патологією є ішемічна хвороба серця (ІХС). Провідну роль серед причин летальних кардіоваскулярних подій відіграє інфаркт міокарда (ІМ). За відомостями МОЗ України, щороку в Україні реєструють понад 50 тисяч випадків гострого ІМ. Згідно з даними щодо рівня смертності в Україні, госпітальна летальність залишається високою, у працездатному віці від ІМ та його ускладнень помирають 19,5 % пацієнтів, а протягом першого року після ІМ помирає кожен п'ятий хворий [1,3].

Одним із перспективних напрямів для визначення кількісної функції міокарда в пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями є вдосконалена, сучасніша та надійніша, ніж стандартна ехокардіографія, методика спекл-трекинг ехокардіографії (Speckle-tracking echocardiography) (СТЕ). Цей діагностичний метод заснований на аналізі так званих спеклів – унікального поєднання чорних і білих точок з індивідуальними властивостями, що зберігаються під час усієї фази серцевого циклу.

СТЕ дає змогу оцінити швидкість скорочень сегментів міокарда і параметри деформації (стрейну) міокарда у трьох площинах (повздожній, циркулярній і радіальній), в яких під час скорочення рухається лівий шлуночок (ЛШ). За допомогою цієї методики можна детально вивчити ефективність роботи міокарда загалом і регіонарну систолічну, діастолічну функції не тільки повздожніх, але й радіальних і циркулярних волокон (рис. 1).

Завдяки даним цієї технології візуалізації можна визначити ступінь ураження тканин міокарда, розмежувати субендокардіальний і трансмуральний ІМ, диференціювати пасивні (рухи рубцевої тканини) й активні (скорочення міокарда) рухи стінок ЛШ, виявити механічну диссинхронію, прогнозувати несприятливі серцево-судинні події (прогресування серцевої недостатності (СН), ремоделювання ЛШ, загрози для життя аритмії, ІМ, інсульт, смерть) [14,15,28,32]. Отже, дані цього методу діагностики можуть бути корисними й інформативними для пацієнтів з ІХС, особливо тих, хто мав ІМ.

У дослідженні J. Brown et al. [8] вивчали зміни величини глобального повздожнього стрейну (ГПС) – показника, що характеризує ступінь укорочення сегмента

міокарда в систолу щодо його кінцево-діастолічного розміру протягом серцевого циклу. Автори вважають, що ГПС можна вважати кількісним індексом оцінки глобальної функції ЛШ, індикатором ішемії, гіпертрофії, дистрофії та інфільтрації міокарда, реакції відторгнення міокарда, наявності важких системних захворювань, а також впливу кардіотоксичних препаратів.

Chan J. et al. [9] встановили, що при субендокардіальному ІМ відбувається зниження показників повздожнього стрейну (повздожньої деформації) та швидкості повздожньої деформації (стрейн рейта) при відносному збереженні показників радіального і циркулярного стрейну. При трансмуральному ІМ, крім зниження ГПС, виявили зниження значень радіального і циркулярного стрейну, і показників систолічного скручування, і діастолічного розкручування ЛШ. На думку дослідників, інтенсивність зниження показників стрейну може допомогти під час диференціальної діагностики трансмурального, субендокардіального ІМ й оцінювання поширеності ураження при ІМ, що підтверджено результатами магнітно-резонансної томографії (МРТ).

Sjoli et al. показали: під час оцінювання пікового систолічного, кінцево-діастолічного та глобального повздожнього стрейну можна диференціювати життєздатні й уражені ділянки міокарда, а також розрізнити субендокардіальний й трансмуральний інфаркти. При субендокардіальному некрозі більше змінюється значення повздожнього стрейну, а при трансмуральному некрозі – циркулярного стрейну. Визначення циркулярного стрейну в гострому періоді ІМ може допомогти виявити ділянки з трансмуральним некрозом краще, ніж за допомогою повздожнього стрейну, що може бути важливим під час оцінювання успішності ревааскуляризації після тромболітичної терапії [27].

Joseph G. et al. [19] визначили, що ГПС вірогідно корелює з розміром ІМ на ранніх стадіях захворювання в пацієнтів зі збереженою фракцією викиду (ФВ) ЛШ, що підтверджено результатами МРТ. Під час лінійного регресійного аналізу не встановили взаємозв'язок між розміром ІМ і ФВ ЛШ. На думку авторів, це підтверджує низьку чутливість ФВ ЛШ як маркера стратифікації ризику загрози для життя серцево-судинних подій.

Ismail A. M. et al. визначали показники СТЕ протягом 24 годин після реперфузійної терапії в пацієнтів з ІМ та елевацією сегмента ST. Дослідники показали, що ГПС – цінний клінічний інструмент визначення розміру ураження міокарда [18].

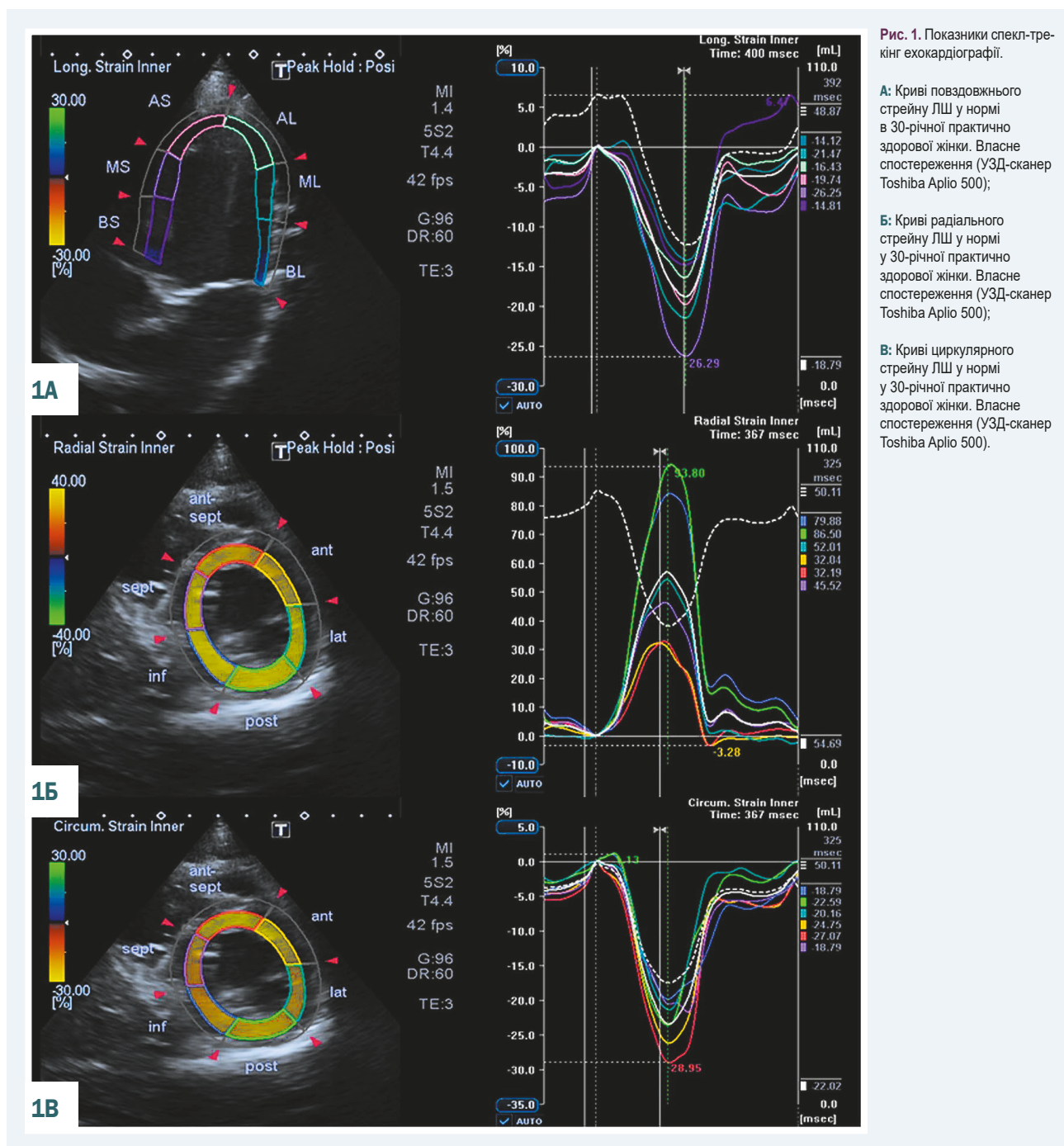


Рис. 1. Показники спекл-трекінг ехокардіографії.

A: Криві повздожнього стрейну ЛШ у нормі в 30-річній практично здорової жінки. Власне спостереження (УЗД-сканер Toshiba Aplio 500);

Б: Криві радіального стрейну ЛШ у нормі у 30-річній практично здорової жінки. Власне спостереження (УЗД-сканер Toshiba Aplio 500);

В: Криві циркулярного стрейну ЛШ у нормі у 30-річній практично здорової жінки. Власне спостереження (УЗД-сканер Toshiba Aplio 500).

Прогностичне значення повздожньої деформації (стрейну). Показники STE широко вивчають як прогностичні маркери загрозливих для життя серцево-судинних подій і для оптимізації виявлення пацієнтів високого ризику.

У дослідженні VALIANT [16] початкові показники повздожнього стрейну ЛШ, визначені в середньому на $5,0 \pm 2,5$ дня ІМ, мали прогностичне значення та асоціювалися з розвитком смерті, госпіталізації з приводу СН протягом 20 місяців. Зниження циркулярного стрейну в той самий період – незалежний предиктор розвитку дилатації ЛШ після ІМ.

У дослідженні показано: зниження величини повздожнього стрейну та швидкості стрейну ЛШ є

незалежним предиктором постінфарктної дилатації ЛШ, асоціюється з розвитком смерті та повторної госпіталізації внаслідок СН, перевершуючи за значенням ФВ ЛШ. У перші години після виникнення гострого ІМ показники циркулярного стрейну $>-11\%$ можна використовувати для виявлення пацієнтів із високим ризиком розвитку гострої СН під час стаціонарного лікування, несприятливого ремоделювання ЛШ згодом [16].

D'Andrea A. et al. також визначили, що зниження показника повздожнього стрейну в пацієнтів з ІМ без елевації сегмента ST на 3–14 день після ІМ свідчить про розвиток постінфарктної дилатації ЛШ через 6 місяців [10].

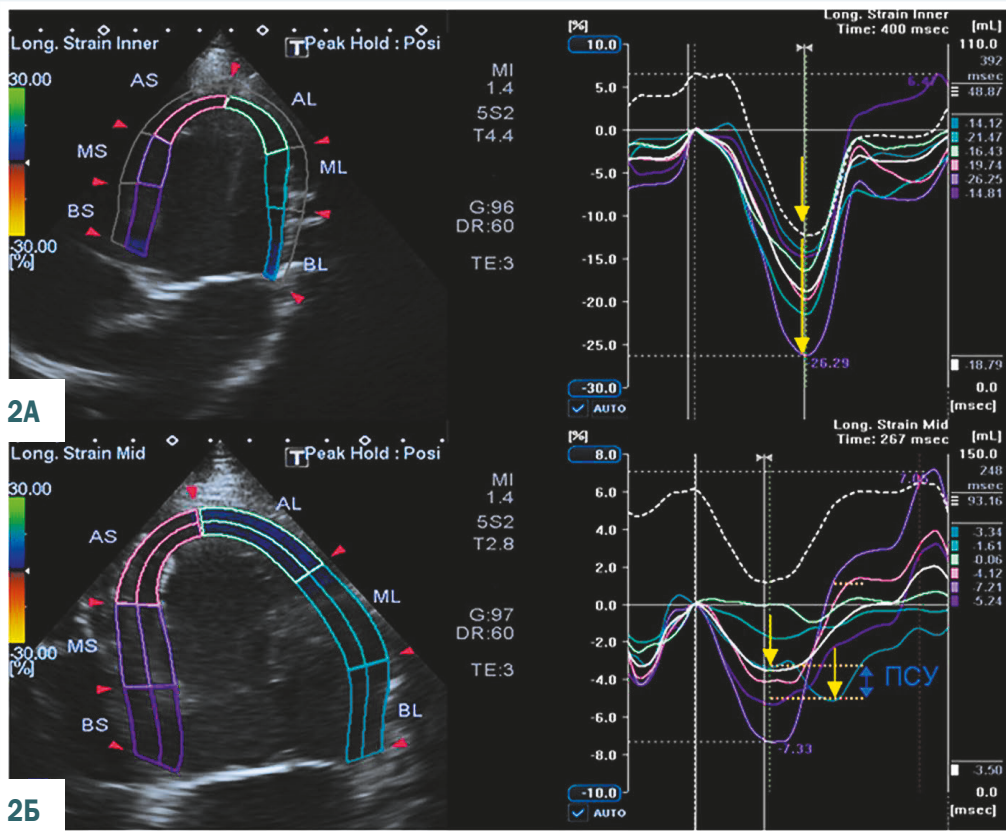


Рис. 2. Постсистоличне укорочення.

А: Криві позадвожного стрейну ЛШ у нормі в 30-річної практично здорової жінки. Власне спостереження (УЗД-сканер Toshiba-Aplio 500);

Б: Криві позадвожного стрейну в пацієнта з гострим інфарктом міокарда і постсистоличним укороченням, 3 день. Власне спостереження (УЗД-сканер Toshiba Aplio 500).

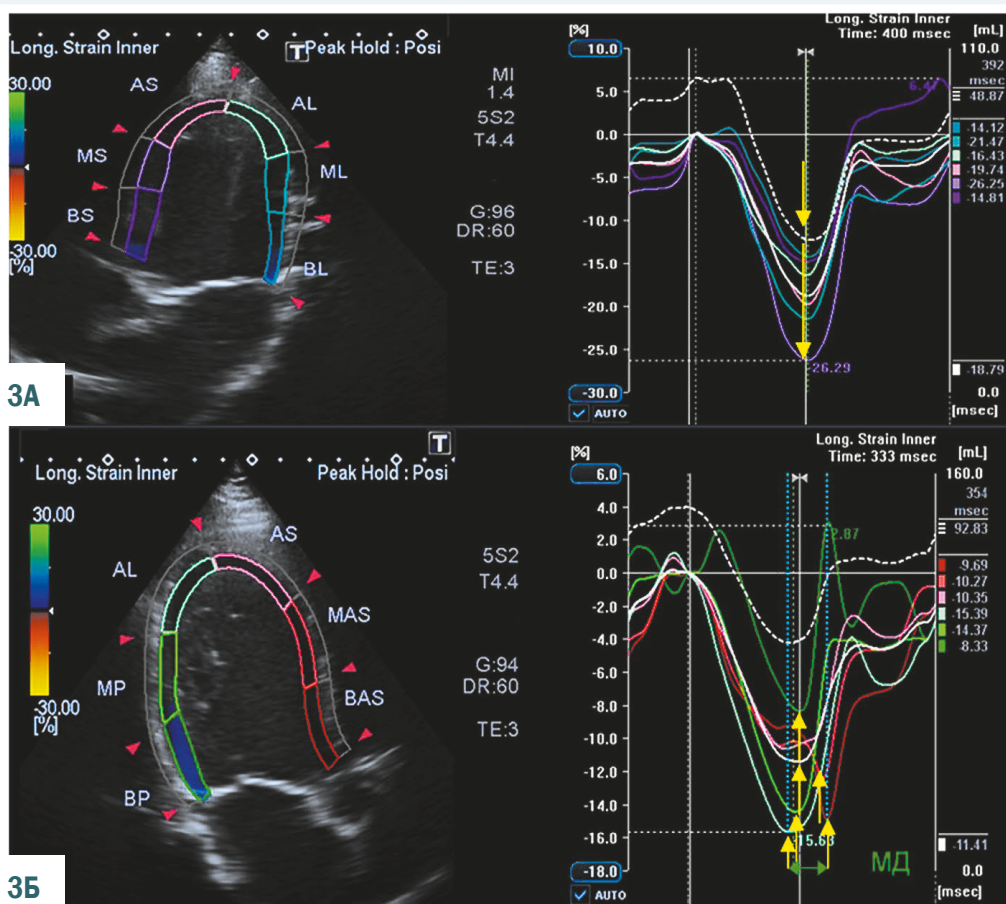


Рис. 3. Механічна дисперсія.

А: Криві позадвожного стрейну ЛШ у нормі у 30-річної практично здорової жінки. Власне спостереження (УЗД-сканер Toshiba Aplio 500);

Б: Криві позадвожного стрейну в пацієнта з гострим інфарктом міокарда та наявністю механічної дисперсії, 3 день. Власне спостереження (УЗД-сканер Toshiba Aplio 500).

Bastawy I. et al. виявили: зниження ГПС >12,5 % і торсії (скручування) ЛШ < 9,5° є прогностичними факторами несприятливого ремоделювання шлуночка в пацієнтів після переднього ІМ з елевацією сегмента ST поряд з індексом оцінки руху стінок ЛШ (WMSI) >1,8, ФВ ЛШ <40 %, КФК-МВ (СК-МВ) >500 У/л, класом тромбу >4 і загальним часом ішемії [5].

Huttin O. et al. виконали метааналіз досліджень і показали, що зниження ГПС у пацієнтів з ІМ корелює з несприятливим ремоделюванням ЛШ [17].

Park Y. H. et al. тестували пацієнтів із переднім ІМ, яким виконали черезшкірне коронарне втручання (ЧКВ) і/або тромболізис, оцінювали повздожній стрейн ЛШ. У пацієнтів, в яких виявляли ремоделювання ЛШ (дилатація ЛШ зі збільшенням КДО >15 %) під час динамічного спостереження протягом 18 місяців, визначали спочатку нижчі значення ГПС. Параметри деформації ЛШ – незалежні предиктори смерті або прогресування СН [24].

Vartdal T. et al. [30] показали, що деформація міокарда може бути важливим предиктором залишкових розмірів ІМ, а отже показником стратифікації ризику ускладнень у гострій стадії переднього ІМ при її визначенні через 1,5 години після ревааскуляризації. Мультифакторний аналіз показав, що ГПС ЛШ незалежно пов'язаний із розміром інфаркту, що підтверджено за допомогою МРТ. Крім того, виявили зворотний взаємозв'язок між сегментарним стрейном та поширеністю рубцевої тканини в окремих сегментах міокарда.

Пархоменко О. М. і співавт. [2] встановили, що в пацієнтів із гострим ІМ усі показники деформації, особливо величина повздожнього стрейну, вірогідно корелюють зі значенням ФВ ЛШ. Показники циркулярного стрейну – маркери ранньої дилатації ЛШ, а значення повздожнього стрейну більш чутливі та специфічні для виявлення пацієнтів із ризиком розвитку гострої серцевої недостатності (ГСН) упродовж стаціонарного етапу лікування.

У роботі A. Shetye et al. [26] наведені дані, що ГПС може бути предиктором несприятливих кардіальних подій (смертність від усіх причин, повторний ІМ, госпіталізація внаслідок ГСН, необхідність у ревааскуляризації, розвиток інсульту) або ремоделювання ЛШ у пацієнтів з ІМ та елевацією сегмента ST.

Biering-Sørensen T. et al. показали, що знижене значення повздожнього сегментарного стрейну в передньо-септальних і задній стінках ЛШ (але не глобальний повздожній стрейн) у пацієнтів з ІМ та елевацією сегмента ST – незалежний предиктор прогнозу розвитку летального результату, повторного ІМ або СН [6].

Olsen F. J. et al. виявили: істотне зниження систолічної функції серця та ГПС у пацієнтів після ІМ з елевацією сегмента ST може прогнозувати розвиток фібриляції передсердь та ішемічного інсульту в пацієнтів із гострим ІМ. Тільки ГПС був вірогідним прогностичним фактором після мультиваріабельного оцінювання порівняно з основними предикторами (вік, стать, наявність цукрового діабету, артеріальної гіпертензії, діастолічної дисфункції, значення ФВ ЛШ) із використанням Cox-регресії [23].

Dimitriu-Leen A. C. et al. [11] показали, що помірна та важка ішемія міокарда в пацієнтів з ІМ пов'язана зі зниженням ГПС незалежно від розміру інфаркту міокарда, віку, наявності цукрового діабету й артеріальної гіпертензії, що підтверджено даними спектральної МРТ.

Прогностичне значення постсистолічного укорочення. Ще один важливий показник СТЕ – постсистолічне укорочення (ПСУ) (рис. 2). Це показник сегментарного укорочення сегмента міокарда в діастолу після закриття аортального клапана, який може допомогти оцінити активне скорочення і життєздатність міокарда, є прогностичним фактором несприятливих серцево-судинних подій.

Eek C. et al. показали, що ПСУ може бути маркером прогнозування розвитку СН і відновлення систолічної функції після процедури ЧКВ у пацієнтів з ІМ без елевації сегмента ST первинно зі зниженою регіонарною міокардіальною систолічною функцією [12].

Brainin P. et al. встановили, що ПСУ – незалежний прогностичний фактор важких серцево-судинних ускладнень (прогресування СН, серцево-судинна смерть), якщо ПСУ виявлена в понад 2 сегментах міокарда ЛШ, а постсистолічний індекс (ПСІ) становить >20 % у пацієнтів із гострим коронарним синдромом після ЧКВ [7].

Прогностичне значення механічної дисперсії. Порушення електричної стабільності та механічна диссинхронія, що можуть виникати після ІМ, можуть спричинити порушення функції міокарда, викликавши зміну електричних властивостей у різних ділянках міокарда і дискордантність скорочень міокарда. Механічна диссинхронія може бути підтверджена завдяки СТЕ-показникам, що допомагають точно визначити тривалість скорочення сегментів міокарда, їхню гетерогенність і локальну міокардіальну функцію. Одним із показників СТЕ, який підтверджує наявність диссинхронії, є механічна дисперсія – девіація часу до пікового негативного стрейну в усіх міокардіальних сегментах (рис. 3).

Mollema S. A. et al. [22] з'ясували: наявність диссинхронії ЛШ має тісний взаємозв'язок зі ступенем дилатації ЛШ через пів року динамічного спостереження після ІМ. Диссинхронія сегментів лівого шлуночка понад 130 мс, що виявлена за допомогою СТЕ, – ранній предиктор ремоделювання ЛШ. Мультифакторний аналіз із використанням показників стандартної ехокардіографії, СТЕ, доплерографії показав: механічна диссинхронія – незалежний предиктор серцево-судинних подій у пацієнтів після ІМ.

Ersboll M. et al. [13] вивчали ГПС і механічну дисперсію для вимірювання розміру ІМ і як прогностичні фактори раптової серцевої смерті, загрозливих для життя аритмій. ГПС, механічна дисперсія – незалежні предиктори розвитку раптової серцевої смерті/шлуночкових аритмій у пацієнтів з ІМ, доповнюють фактори ризику розвитку несприятливих серцево-судинних ускладнень.

Naugaa K. et al. [15] оцінювали показники СТЕ (механічну дисперсію, ГПС) як чутливіші, ніж ФВ ЛШ прогностичні фактори смертності та шлуночкових аритмій для поліпшення стратифікації ризику раптової серцевої смерті. Автори показали, що за допомогою

механічної дисперсії, котра показує електромеханічні зміни в ураженому міокарді, і ГПС можна прогнозувати шлуночкові аритмії. Дослідники [14,15] показали, що значення ФВ ЛШ і ГПС знижені, механічна дисперсія перевищувала 47 мс, постсистолічний індекс стрейну підвищений у пацієнтів з аритмічними ускладненнями надалі. Збільшення механічної дисперсії понад 75 мс – предиктор розвитку загрозливих для життя аритмій. ГПС виявився чутливішим прогностичним фактором аритмій, ніж ФВ ЛШ незалежно від рівня останньої. Встановили, що механічна дисперсія – сильний і незалежний прогностичний фактор загрозливих для життя аритмій та смерті в пацієнтів зі зниженою ФВ ЛШ, як і в пацієнтів зі збереженою ФВ ЛШ. Комбінація ГПС і механічної дисперсії мала прогностичне значення виявлення загрозливих для життя аритмій і смерті. З-поміж усіх показників тільки механічна дисперсія вірогідно прогнозувала аритмічні ускладнення ($p < 0,001$), а інші чинники – тільки в разі мультифакторного застосування разом із механічною дисперсією ($p < 0,001$).

Perry R. et al. також показали кореляцію між ФВ ЛШ, ГПС і механічною дисперсією, виявивши взаємозв'язок між розвитком аритмій, інших несприятливих серцево-судинних подій (госпіталізація внаслідок декомпенсації СН, смерть) і відхиленням цих ехокардіографічних показників у пацієнтів, які мали ІМ [25].

Kawakami et al. підтвердили, що механічна дисперсія – потужний маркер прогнозування шлуночкових аритмій, має важливе прогностичне значення порівняно з ФВ ЛШ і ГПС у пацієнтів після ІМ [20].

Abou R. et al. з'ясували, що в пацієнтів з ІМ та елевацією сегмента ST, яким виконали ЧКВ, подовження часу механічної дисперсії понад 54 мс асоціюється з гіршим прогнозом і підвищенням рівня смертності [4].

Висновки

Показники спекл-трекінг ехокардіографії можуть бути цінними й актуальними в пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, особливо у хворих після інфаркту міокарда, для оцінювання функції міокарда, диференціювання субендокардіального і трансмурального інфарктів міокарда, виявлення фіброзних ділянок міокарда, а також як прогностичні маркери загрозливих для життя аритмій, серцевої недостатності та смерті.

Конфлікт інтересів: відсутній.

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

Надійшла до редакції / Received: 01.02.2021

Після доопрацювання / Revised: 23.02.2021

Прийнято до друку / Accepted: 24.02.2021

Відомості про авторів:

Кобець А. В., молодший науковий співробітник відділу профілактики та лікування невідкладних станів, ДУ «Національний інститут терапії імені Л. Т. Малої НАМН України», м. Харків.
ORCID ID: [0000-0001-6090-689X](https://orcid.org/0000-0001-6090-689X)

Копица М. П., д-р мед. наук, професор, зав. відділу профілактики та лікування невідкладних станів, ДУ «Національний інститут терапії імені Л. Т. Малої НАМН України», м. Харків.

ORCID ID: [0000-0003-4779-7347](https://orcid.org/0000-0003-4779-7347)

Титаренко Н. В., канд. мед. наук, науковий співробітник відділу профілактики та лікування невідкладних станів, ДУ «Національний інститут терапії імені Л. Т. Малої НАМН України», м. Харків.

ORCID ID: [0000-0002-9339-9262](https://orcid.org/0000-0002-9339-9262)

Родіонова Ю. В., канд. мед. наук, науковий співробітник відділу профілактики та лікування невідкладних станів, ДУ «Національний інститут терапії імені Л. Т. Малої НАМН України», м. Харків.

ORCID ID: [0000-0001-8438-9401](https://orcid.org/0000-0001-8438-9401)

Information about authors:

Kobets A. V., Junior Researcher of the Department of Prevention and Treatment of Emergency Conditions, GI "L. T. Malaya Therapy National Institute of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kharkiv.

Kopytsia M. P., MD, PhD, DSc, Professor, Head of the Department of Prevention and Treatment of Emergency Conditions, GI "L. T. Malaya Therapy National Institute of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kharkiv.

Tytarenko N. V., MD, PhD, Researcher of the Department of Prevention and Treatment of Emergency Conditions, GI "L. T. Malaya Therapy National Institute of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kharkiv.

Rodionova Yu. V., MD, PhD, Researcher of the Department of Prevention and Treatment of Emergency Conditions, GI "L. T. Malaya Therapy National Institute of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kharkiv.

Сведения об авторах:

Кобець А. В., младший научный сотрудник отдела профилактики и лечения неотложных состояний, ГУ «Национальный институт терапии имени Л. Т. Малой НАМН Украины», г. Харьков.

Копица Н. П., д-р мед. наук, профессор, зав. отделом профилактики и лечения неотложных состояний, ГУ «Национальный институт терапии имени Л. Т. Малой НАМН Украины», г. Харьков.

Титаренко Н. В., канд. мед. наук, научный сотрудник отдела профилактики и лечения неотложных состояний, ГУ «Национальный институт терапии имени Л. Т. Малой НАМН Украины», г. Харьков.

Родионова Ю. В., канд. мед. наук, научный сотрудник отдела профилактики и лечения неотложных состояний, ГУ «Национальный институт терапии имени Л. Т. Малой НАМН Украины», г. Харьков.

Список літератури

- Соколов М. Ю. Реестр перкутаных коронарных вмешательств. Изменения за 2015-2018 гг. – случайный всплеск активности или системные преобразования? *Серце і судини*. 2019. № 3. С. 12-33. <http://doi.org/10.30978/HV2019-3-12>
- Новый маркер раннего ремоделирования сердца у больных с острым инфарктом миокарда с элевацией сегмента ST / А. Н. Пархоменко, Я. М. Лутай, А. А. Стелура, О. И. Иркин. *Медицина неотложных состояний*. 2014. № 3. С. 11-18.
- Проблеми здоров'я і тривалості життя в сучасних умовах: посібник. За ред. В. М. Коваленка, В. М. Корнацького. ННЦ «Інститут кардіології імені М. Д. Стражеска». Київ: Гордон, 2017. С. 300.
- Correlates and Long-Term Implications of Left Ventricular Mechanical Dispersion by Two-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography in Patients with ST-Segment Elevation Myocardial Infarction / R. Abou, L. Goedemans, P. van der Bijl et al. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2020. Vol. 33, Iss. 8. P. 964-972. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2020.03.010>
- Speckle tracking imaging as a predictor of left ventricular remodeling 6 months after first anterior ST elevation myocardial infarction in patients managed by primary percutaneous coronary intervention / I. Bastawy, M. Ismail, H. Hanna, W. El Kilany. *The Egyptian Heart Journal*. 2018. Vol. 70, Iss. 4. P. 343-352. <https://doi.org/10.1016/j.ehj.2018.06.006>
- Regional Longitudinal Myocardial Deformation Provides Incremental Prognostic Information in Patients with ST-Segment Elevation Myocardial Infarction / T. Biering-Sørensen, J. S. Jensen, S. H. Pedersen et al. *PLoS one*. 2016. Vol. 11, Iss. 6. e0158280. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158280>

- [7] Post-systolic shortening predicts heart failure following acute coronary syndrome / P. Brainin, K. G. Skaarup, A. Z. Iversen et al. *International journal of cardiology*. 2019. Vol. 276. P. 191-197. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.11.106>
- [8] Brown J., Jenkins C., Marwick T. H. Use of myocardial strain to assess global left ventricular function: a comparison with cardiac magnetic resonance and 3-dimensional echocardiography. *American heart journal*. 2009. Vol. 157, Iss. 1. P. 102.e1-102.e1025. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2008.08.032>
- [9] Differentiation of Subendocardial and Transmural Infarction Using Two-Dimensional Strain Rate Imaging to Assess Short-Axis and Long-Axis Myocardial Function / J. Chan, L. Hanekom, C. Wong et al. *Journal of the American College of Cardiology*. 2006. Vol. 48, Iss. 10. P. 2026-2033. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2006.07.050>
- [10] Global longitudinal speckle-tracking strain is predictive of left ventricular remodeling after coronary angioplasty in patients with recent non-st elevation myocardial infarction / A. D'Andrea, R. Cocchia, P. Caso et al. *International Journal of Cardiology*. 2011. Vol. 153, Iss. 2. P. 185-191. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2010.08.025>
- [11] Influence of Myocardial Ischemia Extent on Left Ventricular Global Longitudinal Strain in Patients After ST-Segment Elevation Myocardial Infarction / A. Dimitriu-Leen, A. Scholte, S. Katsanos et al. *The American Journal of Cardiology*. 2017. Vol. 119, Iss. 1. P. 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2016.08.091>
- [12] Postsystolic shortening is a strong predictor of recovery of systolic function in patients with non-ST-elevation myocardial infarction / C. Eek, B. Grenne, H. Brunvand et al. *European Journal of Echocardiography*. 2011. Vol. 12, Iss. 7. P. 483-489. <https://doi.org/10.1093/ejehcard/jer055>
- [13] 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 / M. Ersbøll, N. Valeur, U. Mogensen et al. *Journal of the American College of Cardiology*. 2013. Vol. 61, Iss. 23. P. 2365-2373. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.02.061>
- [14] Strain Echocardiography Improves Risk Prediction of Ventricular Arrhythmias After Myocardial Infarction / K. H. Haugaa, B. L. Grenne, C. H. Eek et al. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2013. Vol. 6, Iss. 8. P. 841-850. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2013.03.005>
- [15] Mechanical Dispersion Assessed by Myocardial Strain in Patients After Myocardial Infarction for Risk Prediction of Ventricular Arrhythmia / K. H. Haugaa, M. K. Smedsrud, T. Steen et al. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2010. Vol. 3, Iss. 3. P. 247-256. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2009.11.012>
- [16] Longitudinal and Circumferential Strain Rate, Left Ventricular Remodeling, and Prognosis After Myocardial Infarction / C. Hung, A. Verma, H. Uno et al. *Journal of the American College of Cardiology*. 2010. Vol. 56, Iss. 22. P. 1812-1822. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.06.044>
- [17] Prediction of Left Ventricular Remodeling after a Myocardial Infarction: Role of Myocardial Deformation: A Systematic Review and Meta-Analysis / O. Huttin, S. Coiro, C. Seltou-Suty et al. *PloS one*. 2016. Vol. 11, Iss. 12. P. e0168349. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168349>
- [18] Longitudinal strain in patients with STEMI using speckle tracking echocardiography. Correlation with peak infarction mass and ejection fraction / A. Ismail, W. Samy, R. Aly et al. *The Egyptian Journal of Critical Care Medicine*. 2015. Vol. 3, Iss. 2-3. P. 45-53. <https://doi.org/10.1016/j.ejccm.2015.10.002>
- [19] Echocardiographic global longitudinal strain is associated with infarct size assessed by cardiac magnetic resonance in acute myocardial infarction / G. Joseph, T. Zaremba, M. Johansen et al. *Echo Research and Practice*. 2019. Vol. 6, Iss. 4. P. 81-89. <https://doi.org/10.1530/ERP-19-0026>
- [20] Prediction of Ventricular Arrhythmias With Left Ventricular Mechanical Dispersion / H. Kawakami, N. Nerlekar, K. Haugaa et al. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2020. Vol. 13, Iss. 2. P. 562-572. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2019.03.025>
- [21] Cardiovascular mortality attributable to dietary risk factors in 51 countries in the WHO European Region from 1990 to 2016: a systematic analysis of the Global Burden of Disease Study / T. Meier, K. Gräfe, F. Senn et al. *European journal of epidemiology*. 2019. Vol. 34, Iss. 1. P. 37-55. <https://doi.org/10.1007/s10654-018-0473-x>
- [22] Left ventricular dyssynchrony acutely after myocardial infarction predicts left ventricular remodeling / S. A. Mollema, S. S. Liem, M. S. Suffoletto et al. *Journal of the American College of Cardiology*. 2007. Vol. 50, Iss. 16. P. 1532-1540. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2007.07.025>
- [23] Global longitudinal strain predicts incident atrial fibrillation and stroke occurrence after acute myocardial infarction / F. J. Olsen, S. Pedersen, J. S. Jensen, T. Biering-Sørensen. *Medicine*. 2016. Vol. 95, Iss. 44. P. e5338. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000005338>
- [24] Prognostic value of longitudinal strain after primary reperfusion therapy in patients with anterior-wall acute myocardial infarction / Y. Park, S. Kang, J. Song et al. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2008. Vol. 21, Iss. 3. P. 262-267. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2007.08.026>
- [25] Global longitudinal strain and mechanical dispersion improves risk stratification of malignant ventricular arrhythmias and major adverse cardiac events over ejection fraction alone / R. Perry, S. Patil, M. Horsfall et al. *Journal of the American College of Cardiology*. 2018. Vol. 71, Suppl. 11. P. A1663.
- [26] Global myocardial strain assessment by different imaging modalities to predict outcomes after ST-elevation myocardial infarction: A systematic review / A. Shetye, S. A. Nazir, I. B. Squire, G. P. McCann. *World journal of cardiology*. 2015. Vol. 7, Iss. 12. P. 948-960. <https://doi.org/10.4330/wjc.v7.i12.948>
- [27] Diagnostic capability and reproducibility of strain by Doppler and by Speckle Tracking in patients with acute myocardial infarction / B. Sjolvi, S. Orn, B. Grenne et al. *JACC Cardiovascular imaging*. 2009. Vol. 2, Iss. 1. P. 24-33. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2008.10.007>
- [28] Myocardial strain imaging: how useful is it in clinical decision making? / O. A. Smiseth, H. Torp, A. Opdahl et al. *European heart journal*. 2016. Vol. 37, Iss. 15. P. 1196-1207. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv529>
- [29] European Society of Cardiology: Cardiovascular Disease Statistics 2019 / A. Timmis, N. Townsend, C. Gale et al. *European Heart Journal*. 2020. Vol. 41, Iss. 1. P. 12-85. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz859>
- [30] Early prediction of infarct size by strain Doppler echocardiography after coronary reperfusion / T. Vartdal, H. Brunvand, E. Pettersen et al. *Journal of the American College of Cardiology*. 2007. Vol. 49, Iss. 16. P. 1715-1721. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2006.12.047>
- [31] Heart Disease and Stroke Statistics-2020 Update: A Report From the American Heart Association / S. S. Virani, A. Alonso, E. J. Benjamin et al. *Circulation*. 2020. Vol. 141, Iss. 9. P. e139-e596. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000757>
- [32] Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging / J. U. Voigt, G. Pedrizzetti, P. Lysyansky et al. *European heart journal cardiovascular imaging*. 2015. Vol. 16, Iss. 1. P. 1-11. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeu184>

References

- [1] Sokolov, M. Yu. (2019). Reestr perkutannykh koronarnykh vmeshatel'stv. Izmneniya za 2015-2018 gg. – sluchainyi vsplesk aktivnosti ili sistemnye preobrazovaniya? [Register of percutaneous coronary interventions. Are changes for 2015-2018 a casual splash of activities or system transformations?]. *Sertse i sudyny*, (3), 12-33. [in Russian]. <http://doi.org/10.30978/HV2019-3-12>
- [2] Parkhomenko, A. N., Lutai, Ya. M., Stepura, A. A., & Irkin, O. I. (2014). Novyi marker rannego remodelirovaniya serdtsa u bol'nykh s ostrym infarktom miokarda s elevatsiei segmenta ST [New marker of early heart remodeling in patients with acute myocardial infarction with ST segment elevation]. *Meditsina neotloznykh sostoyanii*, (3), 11-18. [in Russian].
- [3] Kovalenko, V. M., & Kornatskiy, V. M. (Eds.). (2017). *Problemy zdorovia i tryvalosti zhyttia v suchasnykh umovakh* [Problems of health and life expectancy in modern conditions]. Kyiv: Gordon. [in Ukrainian].
- [4] Abou, R., Goedemans, L., van der Bijl, P., Fortuni, F., Prihadi, E. A., Mertens, B., Schali, M. J., Ajmone Marsan, N., Baj, J. J., & Delgado, V. (2020). Correlates and Long-Term Implications of Left Ventricular Mechanical Dispersion by Two-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography in Patients with ST-Segment Elevation Myocardial Infarction. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 33(8), 964-972. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2020.03.010>
- [5] Bastawy, I., Ismail, M., Hanna, H. F., & El Kilany, W. (2018). Speckle tracking imaging as a predictor of left ventricular remodeling 6 months after first anterior ST elevation myocardial infarction in patients managed by primary percutaneous coronary intervention. *The Egyptian heart journal*, 70(4), 343-352. <https://doi.org/10.1016/j.ehj.2018.06.006>
- [6] Biering-Sørensen, T., Jensen, J. S., Pedersen, S. H., Galatius, S., Fritz-Hansen, T., Bech, J., Olsen, F. J., & Mogelvang, R. (2016). Regional Longitudinal Myocardial Deformation Provides Incremental Prognostic Information in Patients with ST-Segment Elevation Myocardial Infarction. *PloS one*, 11(6), e0158280. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158280>
- [7] Brainin, P., Skaarup, K. G., Iversen, A. Z., Jørgensen, P. G., Platz, E., Jensen, J. S., & Biering-Sørensen, T. (2019). Post-systolic shortening predicts heart failure following acute coronary syndrome. *International journal of cardiology*, 276, 191-197. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.11.106>
- [8] Brown, J., Jenkins, C., & Marwick, T. H. (2009). Use of myocardial strain to assess global left ventricular function: a comparison with cardiac magnetic resonance and 3-dimensional echocardiography. *American heart journal*, 157(1), 102.e1-102.e1025. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2008.08.032>

- [9] Chan, J., Hanekom, L., Wong, C., Leano, R., Cho, G. Y., & Marwick, T. H. (2006). Differentiation of subendocardial and transmural infarction using two-dimensional strain rate imaging to assess short-axis and long-axis myocardial function. *Journal of the American College of Cardiology*, 48(10), 2026-2033. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2006.07.050>
- [10] D'Andrea, A., Cocchia, R., Caso, P., Riegler, L., Scarafie, R., Salerno, G., Golia, E., Di Salvo, G., Calabrò, P., Bigazzi, M. C., Liccardo, B., Esposito, N., Cuomo, S., Bossone, E., Russo, M. G., & Calabrò, R. (2011). Global longitudinal speckle-tracking strain is predictive of left ventricular remodeling after coronary angioplasty in patients with recent non-ST elevation myocardial infarction. *International journal of cardiology*, 153(2), 185-191. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2010.08.025>
- [11] Dimitriu-Leen, A. C., Scholte, A. J., Katsanos, S., Hoogslag, G. E., van Rosendaal, A. R., van Zwet, E. W., Bax, J. J., & Delgado, V. (2017). Influence of Myocardial Ischemia Extent on Left Ventricular Global Longitudinal Strain in Patients After ST-Segment Elevation Myocardial Infarction. *The American journal of cardiology*, 119(1), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2016.08.091>
- [12] Eek, C., Grenne, B., Brunvand, H., Aakhus, S., Endresen, K., Smiseth, O. A., Edvardsen, T., & Skulstad, H. (2011). Postsystolic shortening is a strong predictor of recovery of systolic function in patients with non-ST-elevation myocardial infarction. *European journal of echocardiography*, 12(7), 483-489. [https://doi.org/10.1093/ejehocardiography/12\(7\).483-489](https://doi.org/10.1093/ejehocardiography/12(7).483-489)
- [13] Ersbøll, M., Valeur, N., Mogensen, U. M., Andersen, M. J., Møller, J. E., Velazquez, E. J., Hassager, C., Søgaard, P., & Køber, L. (2013). 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. *Journal of the American College of Cardiology*, 61(23), 2365-2373. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.02.061>
- [14] Haugaa, K. H., Grenne, B. L., Eek, C. H., Ersbøll, M., Valeur, N., Svendsen, J. H., Florian, A., Sjøli, B., Brunvand, H., Køber, L., Voigt, J. U., Desmet, W., Smiseth, O. A., & Edvardsen, T. (2013). Strain echocardiography improves risk prediction of ventricular arrhythmias after myocardial infarction. *JACC. Cardiovascular imaging*, 6(8), 841-850. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2013.03.005>
- [15] Haugaa, K. H., Smedsrud, M. K., Steen, T., Kongsgaard, E., Løennechen, J. P., Skjaerpe, T., Voigt, J. U., Willems, R., Smith, G., Smiseth, O. A., Amlie, J. P., & Edvardsen, T. (2010). Mechanical dispersion assessed by myocardial strain in patients after myocardial infarction for risk prediction of ventricular arrhythmia. *JACC. Cardiovascular imaging*, 3(3), 247-256. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2009.11.012>
- [16] Hung, C. L., Verma, A., Uno, H., Shin, S. H., Bourgoun, M., Hassanein, A. H., McMurray, J. J., Velazquez, E. J., Køber, L., Pfeffer, M. A., Solomon, S. D., & VALIANT investigators (2010). Longitudinal and circumferential strain rate, left ventricular remodeling, and prognosis after myocardial infarction. *Journal of the American College of Cardiology*, 56(22), 1812-1822. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.06.044>
- [17] Huttin, O., Coiro, S., Selton-Suty, C., Juillière, Y., Donal, E., Magne, J., Sadoul, N., Zannad, F., Rossignol, P., & Girerd, N. (2016). Prediction of Left Ventricular Remodeling after a Myocardial Infarction: Role of Myocardial Deformation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS one*, 11(12), e0168349. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168349>
- [18] Ismail, A. M., Samy, W., Aly, R., Fawzy, S., & Hussein, K. (2015). Longitudinal strain in patients with STEMI using speckle tracking echocardiography. Correlation with peak infarction mass and ejection fraction. *The Egyptian Journal of Critical Care Medicine*, 3(2-3), 45-53. <https://doi.org/10.1016/j.ejccm.2015.10.002>
- [19] Joseph, G., Zaremba, T., Johansen, M. B., Ekeloef, S., Heiberg, E., Engblom, H., Jensen, S. E., & Søgaard, P. (2019). Echocardiographic global longitudinal strain is associated with infarct size assessed by cardiac magnetic resonance in acute myocardial infarction. *Echo research and practice*, 6(4), 81-89. <https://doi.org/10.1530/ERP-19-0026>
- [20] Kawakami, H., Nerlekar, N., Haugaa, K. H., Edvardsen, T., & Marwick, T. H. (2020). Prediction of Ventricular Arrhythmias With Left Ventricular Mechanical Dispersion: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JACC. Cardiovascular imaging*, 13(2 Pt 2), 562-572. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2019.03.025>
- [21] Meier, T., Gräfe, K., Senn, F., Sur, P., Stangl, G. I., Dawczynski, C., März, W., Kleber, M. E., & Lorkowski, S. (2019). Cardiovascular mortality attributable to dietary risk factors in 51 countries in the WHO European Region from 1990 to 2016: a systematic analysis of the Global Burden of Disease Study. *European journal of epidemiology*, 34(1), 37-55. <https://doi.org/10.1007/s10654-018-0473-x>
- [22] Mollema, S. A., Liem, S. S., Suffoletto, M. S., Bleeker, G. B., van der Hoeven, B. L., van de Veire, N. R., Boersma, E., Holman, E. R., van der Wall, E. E., Schalij, M. J., Gorcsan, J., 3rd, & Bax, J. J. (2007). Left ventricular dyssynchrony acutely after myocardial infarction predicts left ventricular remodeling. *Journal of the American College of Cardiology*, 50(16), 1532-1540. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2007.07.025>
- [23] Olsen, F. J., Pedersen, S., Jensen, J. S., & Biering-Sørensen, T. (2016). Global longitudinal strain predicts incident atrial fibrillation and stroke occurrence after acute myocardial infarction. *Medicine*, 95(44), e5338. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000005338>
- [24] Park, Y. H., Kang, S. J., Song, J. K., Lee, E. Y., Song, J. M., Kang, D. H., Kim, Y. H., Lee, C. W., Hong, M. K., Kim, J. J., Park, S. W., & Park, S. J. (2008). Prognostic value of longitudinal strain after primary reperfusion therapy in patients with anterior-wall acute myocardial infarction. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 21(3), 262-267. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2007.08.026>
- [25] Perry, R., Patil, S., Horsfall, M., Marx, C., Chew, D., Joseph, M., Ganesan, A., McGavigan, A., Nucifora, G., & Selvanayagam, J. (2018). Global longitudinal strain and mechanical dispersion improves risk stratification of malignant ventricular arrhythmias and major adverse cardiac events over ejection fraction alone. *Journal of the American College of Cardiology*, 71(11 Supplement), A1663.
- [26] Shetye, A., Nazir, S. A., Squire, I. B., & McCann, G. P. (2015). Global myocardial strain assessment by different imaging modalities to predict outcomes after ST-elevation myocardial infarction: A systematic review. *World journal of cardiology*, 7(12), 948-960. <https://doi.org/10.4330/wjc.v7.i12.948>
- [27] Sjøli, B., Ørn, S., Grenne, B., Ihlen, H., Edvardsen, T., & Brunvand, H. (2009). Diagnostic capability and reproducibility of strain by Doppler and by speckle tracking in patients with acute myocardial infarction. *JACC. Cardiovascular imaging*, 2(1), 24-33. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2008.10.007>
- [28] Smiseth, O. A., Torp, H., Opdahl, A., Haugaa, K. H., & Urheim, S. (2016). Myocardial strain imaging: how useful is it in clinical decision making? *European heart journal*, 37(15), 1196-1207. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv529>
- [29] Timmis, A., Townsend, N., Gale, C. P., Torbica, A., Lettino, M., Petersen, S. E., Mossialos, E. A., Maggioni, A. P., Kazakiewicz, D., May, H. T., De Smedt, D., Flather, M., Zuhke, L., Beltrame, J. F., Huculeci, R., Tavazzi, L., Hindricks, G., Bax, J., Casadei, B., Achenbach, S., ... European Society of Cardiology (2020). European Society of Cardiology: Cardiovascular Disease Statistics 2019. *European heart journal*, 41(1), 12-85. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz859>
- [30] Vartdal, T., Brunvand, H., Pettersen, E., Smith, H. J., Lyseggen, E., Helle-Valle, T., Skulstad, H., Ihlen, H., & Edvardsen, T. (2007). Early prediction of infarct size by strain Doppler echocardiography after coronary reperfusion. *Journal of the American College of Cardiology*, 49(16), 1715-1721. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2006.12.047>
- [31] Virani, S. S., Alonso, A., Benjamin, E. J., Bittencourt, M. S., Callaway, C. W., Carson, A. P., Chamberlain, A. M., Chang, A. R., Cheng, S., Delling, F. N., Djousse, L., Elkind, M., Ferguson, J. F., Fornage, M., Khan, S. S., Kissela, B. M., Knutson, K. L., Kwan, T. W., Lackland, D. T., Lewis, T. T., ... American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee (2020). Heart Disease and Stroke Statistics-2020 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*, 141(9), e139-e596. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000757>
- [32] Voigt, J. U., Pedrizzetti, G., Lysyansky, P., Marwick, T. H., Houle, H., Baumann, R., Pedri, S., Ito, Y., Abe, Y., Metz, S., Song, J. H., Hamilton, J., Sengupta, P. P., Kollas, T. J., d'Hooge, J., Aurigemma, G. P., Thomas, J. D., & Badano, L. P. (2015). Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *European journal of cardiovascular imaging*, 16(1), 1-11. <https://doi.org/10.1093/ejci/eju184>