

В.І. Павлюк¹, О.А. Мишаківський¹, О.Й. Жарінов²

¹ Львівський міжобласний кардіохірургічний центр

² Національна медична академія післядипломної освіти ім. П.Л. Шупика МОЗ України, Київ

Ехокардіографічні методи оцінки систолічної функції та функціональних резервів лівого шлуночка в пацієнтів з тяжкою мітральною недостатністю

Проаналізовано застосування сучасних ехокардіографічних методів оцінки систолічної функції і функціональних резервів лівого шлуночка в пацієнтів з тяжкою мітральною недостатністю. Представлено переваги і недоліки кожного з цих методів. Наведено дані основних досліджень, в яких оцінювали систолічну функцію лівого шлуночка в динаміці після хірургічної корекції мітрального клапана з приводу тяжкої мітральної недостатності.

Ключові слова: ехокардіографія, мітральна недостатність, систолічна функція лівого шлуночка, хірургічна корекція мітрального клапана.

У літературі знаходимо обмежену кількість даних щодо змін систолічної функції та розмірів лівого шлуночка (ЛШ) при тривалому спостереженні в динаміці після хірургічної корекції мітрального клапана в пацієнтів з тяжкою мітральною недостатністю (МН). Більше того, оцінка систолічної функції ЛШ у хворих, яким планують операцію на мітральному клапані з приводу тяжкої МН, досить проблематична при застосуванні сучасних методів обстеження. Причина в тому, що МН характеризується суттєвим зростанням переднавантаження і зниженням післянавантаження ЛШ (кров у систолу має змогу частково скидатися у камеру з низьким тиском, а саме – в ліве передсердя), що потенційно маскує систолічну дисфункцію ЛШ.

Немає жодного дослідження, яке б засвідчило суттєвий позитивний вплив на виживання в пацієнтів, яким виконували хірургічну корекцію мітрального клапана при безсимптомній тяжкій МН, якщо в них до операції систолічна функція ЛШ була задовільною [18]. Після хірургічної корекції мітрального клапана (пластика або протезування) зменшується переднавантаження ЛШ, але зростає післянавантаження, внаслідок

чого може демаскуватися систолічна дисфункція ЛШ. Досі немає одностайної думки стосовно оптимального моменту виконання хірургічного втручання на мітральному клапані за наявності тяжкої МН [13].

У статті представлено детальний аналіз ехокардіографічних методів дослідження систолічної функції ЛШ, які можна застосовувати за допомогою сучасних апаратів.

Визначення фракції викиду лівого шлуночка за методом Тейхольца

В основі методу Тейхольца [23] лежить порівняння кінцеводіастолічного (КДР) і кінцево-сistolічного (КСР) розмірів ЛШ. Далі програма за допомогою відповідних формул автоматично розраховує фракцію викиду (ФВ) ЛШ. Програмне забезпечення ехокардіографічних апаратів передбачає отримання вказаних розмірів за допомогою М-способу (рис. 1 і 2), однак на практиці ці ж розміри можна отримувати і при двовимірному зображенні. Вказаний метод визначення ФВ – один із найдавніших, він простий, і його досі широко застосовують у клінічній

практиці. Американське товариство ехокардіографії [14] рекомендує вимірювати розміри ЛШ, встановлюючи лінію М-способу перпендикулярно до довгої осі серця і відразу дистально від верхівок стулок мітрального клапана при парастернальному зображенні серця по довгій осі. КДР ЛШ отримують у кінці діастолі, яку визначають як момент початку комплексу QRS одночасно зареєстрованої ЕКГ. Однак доцільно використовувати найширший діаметр ЛШ (як на одновимірному, так і на двовимірному зображенні). КСР ЛШ отримують у кінці систолі, беручи до уваги найменший діаметр порожнини ЛШ. На підставі цих розмірів апарат автоматично розраховує об'єми ЛШ у діастолу і систолу, а на підставі об'ємів – ФВ ЛШ. Оцінка об'ємів ЛШ у систолу і діастолу при застосуванні методу Тейхольца базується на геометричних припущеннях про форму ЛШ. Із отриманих за допомогою М-способу (або на двовимірному зображенні) діаметрів за формулою (див. рис. 2) розраховують кінцеводіастолічний (КДО) і кінцевосистолічний (КСО) об'єми, а вже на підставі об'ємів – ФВ ЛШ. Однак метод Тейхольца може давати достовірні результати лише тоді, коли геометрія ЛШ у діастолу і, особливо, в систолу є правильною. Метод Тейхольца не рекомендують застосовувати при порушеннях сегментарної скоротливості ЛШ.

Важливий недолік вимірів ЛШ, отриманих за допомогою М-способу, – неперпендикулярне встановлення лінії М-способу відносно довгої осі ЛШ. Це призводить до переоцінки розмірів і, відповідно, об'ємів ЛШ. На практиці положення серця пацієнта у грудній клітці досить рідко дає змогу встановити цю лінію

строго перпендикулярно. Ще одна складність полягає в точній ідентифікації лінії ендокарда, щоб не сплутати його із суміжними структурами. Цього вдається уникнути при застосуванні двовимірного зображення, кінопетлі і методів поліпшення чіткості зображення (наприклад, гармонійного зображення).

K.S. Dujardin та співавтори [8] визначали за допомогою М-способу розміри ЛШ, ФВ ЛШ за методом Тейхольца і порівнювали отримані показники з об'ємами ЛШ та ФВ ЛШ, визначеними за методом Сімпсона. Вимірювання виконували проспективно у 463 пацієнтів (253 з них мали значну МН). Кореляція між діаметрами й об'ємами була значущою в кінці систолі ($r=0,91$, $p<0,0001$) і в кінці діастолі ($r=0,86$, $p<0,0001$). Однак зв'язок був експоненціальним, і 95 % довірчий інтервал збільшувався зі збільшенням діаметра ЛШ. Автори зробили висновок, що при аналізі процесів ремоделювання ЛШ діаметри ЛШ, зареєстровані за допомогою М-способу, адекватно оцінюють ФВ ЛШ і суттєво корелюють з об'ємами ЛШ (метод Сімпсона), однак негативним фактором є широкий діапазон помилок при встановленні розміру ЛШ. Отже, перевагу треба віддавати визначенню об'ємів ЛШ за методом Сімпсона.

С. Tribouilloy та співавтори [24] проаналізували зв'язок між кінцевосистолічним діаметром (КСД) ЛШ і виживанням пацієнтів після встановлення діагнозу органічної МН, викликаній обривом хорд мітрального клапана. У дослідження залучили 739 осіб з ФВ (65 ± 10 %), в яких були дані про КСД ЛШ ((36 ± 7) мм). Серед хворих, яких лікували консервативно, показники 10-річного виживання і виживання без серце-

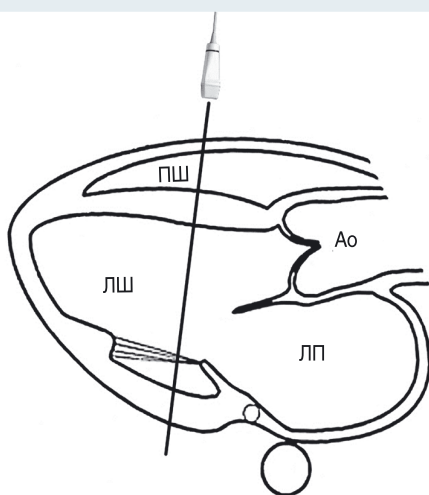


Рис. 1. Одновимірне ехокардіографічне зображення серця (М-спосіб). Переріз через базальні відділи ЛШ

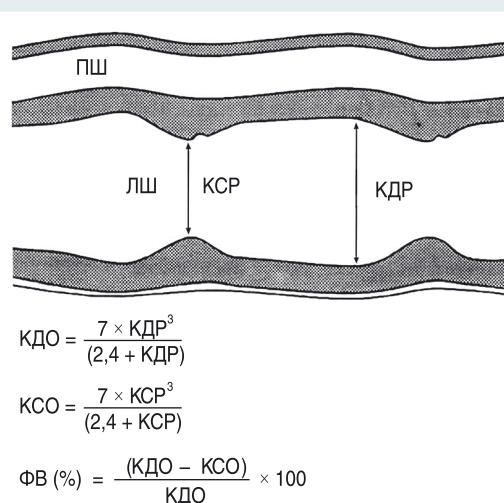


Рис. 2. Схема одновимірного ехокардіографічного зображення серця (розрахунок ФВ ЛШ за методом Тейхольца)

вої смерті були вищими в пацієнтів з КСД ЛШ < 40 мм порівняно з особами з КСД ЛШ ≥ 40 мм: відповідно (64 ± 5) порівняно з (48 ± 10) % ($p < 0,001$) і (73 ± 5) % порівняно з (63 ± 10) % ($p = 0,001$). КСД ЛШ ≥ 40 мм був незалежним предиктором загальної і серцевої смертності (відносний ризик 3,09; 95 % довірчий інтервал 1,35–7,09 %) при консервативному веденні хворих. Ризик смерті зростав лінійно при КСД ЛШ > 40 мм. При аналізі виживання всієї когорти пацієнтів (включно з оперованими) КСД ЛШ також був незалежним предиктором загальної й серцевої смертності, оскільки смертність була підвищеною у хворих, в яких після операції КСД ЛШ перевищував 40 мм. Автори зробили висновок, що в пацієнтів з обривом хорд мітрального клапана КСД ЛШ ≥ 40 мм – це незалежний предиктор підвищеної смертності як при медикаментозному лікуванні, так і після оперативного втручання на мітральному клапані. Отже, КСД ЛШ понад 40 мм вказує на невідкладність хірургічного втручання, і найліпших показників досягають у хворих, яких прооперували при КСД ЛШ < 40 мм.

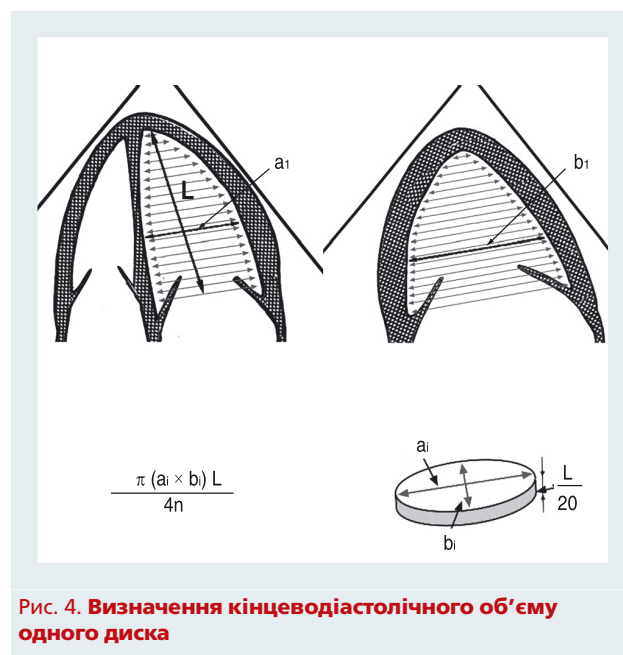
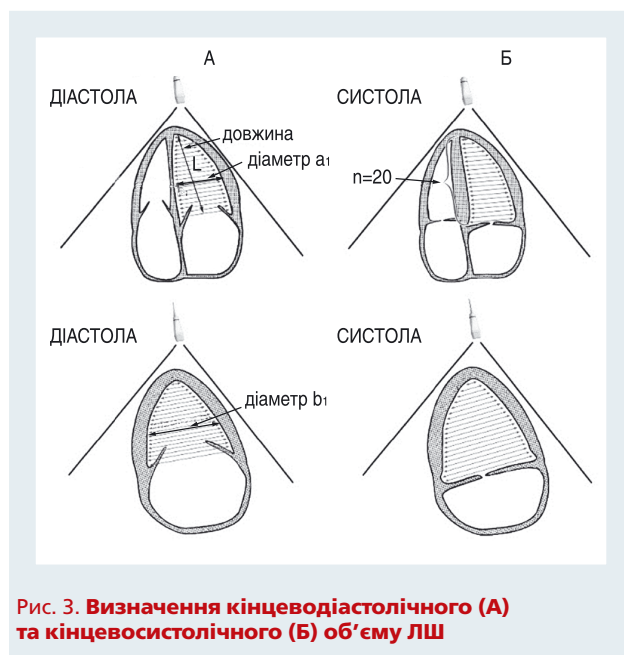
Визначення фракції викиду лівого шлуночка за модифікованим методом Сімпсона

Американське товариство ехокардіографії та Європейська асоціація ехокардіографії рекомендують двоплощинний метод дисків (модифікований метод Сімпсона) як основний волюметричний метод визначення ФВ ЛШ [5]. При застосуванні модифікованого методу Сімпсона

не роблять припущень про якусь певну геометрію ЛШ, її визначають шляхом ручного обведення країв порожнини ЛШ. Програмно порожнина ЛШ ділиться на певну кількість еліптичних дисків, після цього об'єм кожного диска вираховується, і ці об'єми додаються (рис. 3–5). Для виконання модифікованого методу Сімпсона необхідно отримати два ортогональні зображення – верхівкове чотирикамерне і верхівкове двокамерне. Після обведення курсором країв ендокарда в кінці систоли і в кінці діастолі програма автоматично ділить ЛШ на послідовні диски, орієнтовані перпендикулярно до довгої осі шлуночка. Програма окремо розраховує об'єм кожного індивідуального диска і після цього додає індивідуальні об'єми кожного із 20 дисків. Це робиться окремо для систоли і діастолі. Після отримання КДО і КСО ЛШ розраховують ФВ за формулою:

$$\text{ФВ ЛШ} = (\text{КДО ЛШ} - \text{КСО ЛШ}) / \text{КДО ЛШ} \times 100 \, \%.$$

Перевага модифікованого методу Сімпсона над іншими волюметричними методами полягає в тому, що за ним не роблять припущень про будь-яку геометрію ЛШ. Однак цей метод має кілька серйозних недоліків. Лікар, який проводить ехокардіографічне дослідження, повинен мати значний досвід, щоб якісно зареєструвати оптимальні зображення і точно ідентифікувати краї ендокарда. Однак у багатьох пацієнтів не вдається чітко ідентифікувати краї ендокарда внаслідок неможливості отримання достатньо якісних зображень. У клінічній практиці чітко візуалізувати край ендокарда при верхівкових доступах вдається менше як у половини хворих. Для поліпшення якості зображення часто засто-



совують гармонійне зображення та контрастні середники. Слід наголосити, що вимірювання забирають досить багато часу. Також треба згадати про феномен «укорочення лівого шлуночка», коли отримують виміри, які не відповідають найдовшій осі ЛШ, а це, відповідно, призводить до спотворення ФВ.

У більшості досліджень метод Сімпсона був еталонним планіметричним методом, з яким порівнювали інші методи оцінки систолічної функції ЛШ.

Допплерографічний метод визначення фракції викиду лівого шлуночка

Суть доплерографічного методу встановлення ФВ ЛШ [1, 9, 19] полягає в поєднанні двох різних підходів – планіметричного визначення КДО ЛШ і доплерографічного визначення ударного об'єму (УО) ЛШ. Спочатку з парастерального доступу по довгій осі реєструють КДР ЛШ – на двовимірному зображенні з використанням функції кінопетлі (рис. 6). З цього ж доступу вимірюють діаметр аорти на рівні аортальних стулок у систолу (рис. 7). З верхівкового п'ятикамерного доступу реєструють систолічний потік крові в аорті, розміщуючи пробний об'єм імпульсного доплера на рівні аортальних стулок (рис. 8). За доплерівською кривою систолічного потоку в аорті визначають його максимальну швидкість і часову тривалість (рис. 9). УО ЛШ вираховують за формулою S. Derias (1985):

$$\text{УО} = 53 \times d^2 \times v \times t + 0,92,$$

де d – діаметр аорти на рівні аортальних стулок; v – швидкість аортального кровоплину; t – час аортального кровоплину.

Існують адаптовані таблиці для розрахунку УО ЛШ.

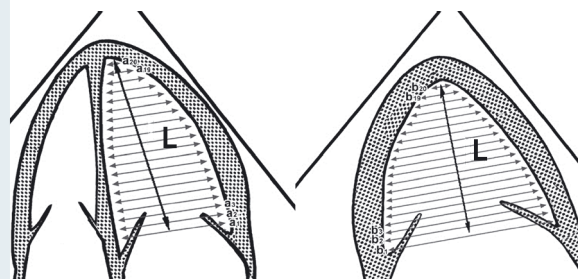
КДО ЛШ обчислюють за формулою Тейхольца (див. рис. 2).

ФВ ЛШ вираховують за формулою:

$$\text{ФВ ЛШ} = \text{УО ЛШ} / \text{КДО ЛШ} \times 100 \, \%.$$

Перевагами доплерографічного методу визначення ФВ ЛШ є те, що він простий, не вимагає великих затрат часу, відтворюваний, може бути виконаним у більшості пацієнтів, і застосування цього методу не потребує великого досвіду ехокардіографіста. Точність методу не знижується при сегментарних порушеннях скоротливості ЛШ, оскільки планіметрично визначають лише КДО ЛШ, а викривлення геометрії ЛШ найбільш виражене в систолу. При погіршенні систолічної функції ЛШ відбуваються два протилежно спрямовані процеси – збільшується КДО ЛШ і зменшується його УО. Тому при погіршенні систолічної функції ЛШ точність обчислення ФВ за цим методом зростає. Обмеження доплерографічного методу визначення ФВ: його не можна застосовувати при будь-якому ступені аортального стенозу, за наявності анатомічних аневризм ЛШ; показники ФВ у хворих з малими розмірами ЛШ (КДР < 4,5 см) дещо завищені.

Ми не виявили в літературі жодного дослідження, присвяченого доплерівському методу оцінки ФВ ЛШ у пацієнтів з тяжкою МН. Однак аналогічний підхід до встановлення ФВ ЛШ у хворих з МН використали E.V. Gelfand та співавтори [11]. За допомогою магнітно-резонансної томографії вони визначали так звану ефективну ФВ ЛШ (співвідношення між УО ЛШ, який викидається в аорту, і КДО ЛШ).



$$\frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^{20} a_i \times b_i \times \frac{L}{20}$$

Рис. 5. Визначення кінцеводіастолічного об'єму ЛШ

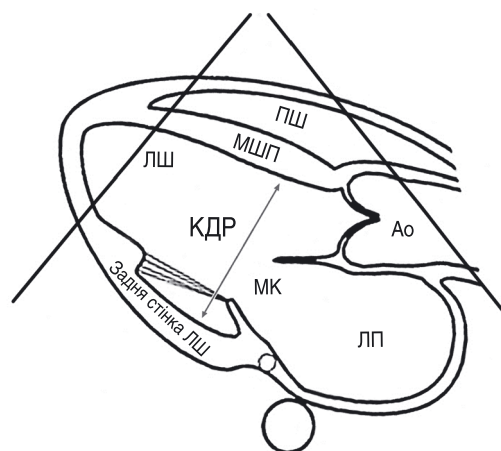


Рис. 6. Вимірювання кінцеводіастолічного розміру ЛШ з парастерального доступу по довгій осі ЛШ [1]

У дослідження залучили 20 пацієнтів з хронічною тяжкою МН, яким планували хірургічне втручання на мітральному клапані (пластика чи протезування). В усіх хворих обчислювали стандартну ФВ ЛШ, ефективну ФВ ЛШ і об'єм ЛШ перед операцією і через 3 місяці після операції. Автори виявили, що перед операцією стандартна ФВ ЛШ була нормальною ($(62 \pm 9) \%$) у 90 % пацієнтів, однак ефективна ФВ ЛШ була зниженою ($(36 \pm 9) \%$) в усіх суб'єктів. Порівняно з доопераційними показниками, через 3 місяці після втручання стандартна ФВ ЛШ знизилася на $(16 \pm 8) \%$ ($p < 0,001$), тоді як ефективна ФВ ЛШ зросла на $(9 \pm 1) \%$ ($p < 0,001$), а індекс КДО ЛШ знизився на 32 % ($p < 0,001$). Зниження ФВ ЛШ ($< 0,50$) у ранній післяопераційний період найбільш достовірно давала змогу передбачити доопераційна ефективна ФВ ЛШ $< 40 \%$ (чутливість 100 %, специфічність 75 %).

Оцінка систолічної функції лівого шлуночка із застосуванням спектральної тканинної доплерографії

Тканинна доплерографія [25] – відносно нова ехокардіографічна методика, заснована на доплерівських принципах визначення швидкості руху міокарда. Імпульсно-хвильову тканинну доплерографію використовують для вимірювання пікових швидкостей руху міокарда. При отриманні зображення серця з верхівкового доступу ендокардіальні волокна орієнтовані паралельно до ультразвукового променя. Оскільки верхівка протягом усього серцевого циклу залишається відносно малорухомою, рух мітраль-

ного кільця може бути досить добрим сурогатним показником скорочення ЛШ у поздовжньому напрямку. Щоб визначити швидкості скорочення міокарда у поздовжньому напрямку, пробний об'єм тканинного доплера встановлюють у ділянці міокарда ЛШ, розташованій безпосередньо поряд з фіброзним кільцем мітрального клапана (рис. 10). Для максимальної ефективності використання цього показника більшість лабораторій стандартизують цю методику – пробний об'єм встановлюють або в септальному або в латеральному відділі кільця мітрального клапана. Можна також визначати швидкості в кількох ділянках біля кільця мітрального клапана і розраховувати середній показник. Систолічна швидкість міокарда (S_a або S_m ; рис. 11) відображається на доплерівській кривій над ізолінією, оскільки мітральне кільце в систолу рухається в напрямку верхівки ЛШ.

М.А. Duzenli та співавтори [10] дослідили взаємозв'язок між систолічною швидкістю міокарда (S_m), визначеною за допомогою імпульснохвильової тканинної доплерографії, і ФВ ЛШ, яку вимірювали за методом Сімпсона у здорових осіб і в пацієнтів із серцевою недостатністю (СН). У дослідження залучили 208 хворих на СН із ФВ $< 50 \%$ і 187 здорових суб'єктів. Систолічну швидкість міокарда визначали в септальному, латеральному, нижньому і передньому відділі фіброзного кільця мітрального клапана та отримували середній показник для кожного пацієнта. У хворих на СН було виявлено статистично значущу кореляцію між ФВ ЛШ і показником S_m ($r = 0,71$; $P < 0,0001$), тоді як у здорових суб'єктів між цими параметрами значущої кореляції не спостерігали ($r = 0,16$).

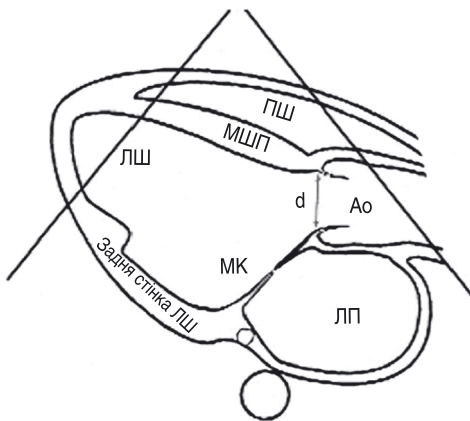


Рис. 7. Вимірювання діаметра аорти з парастерального доступу по довгій осі ЛШ під час систоли [1]

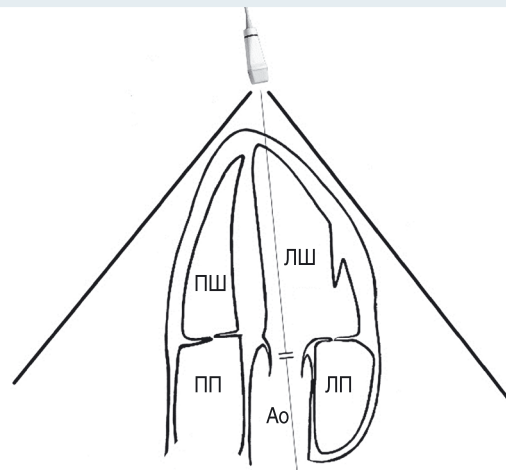


Рис. 8. Реєстрація кривої систолічного потоку в аорті на рівні аортальних стулок методом імпульсної доплерехокардіографії [1]

Коли для ідентифікації пацієнтів з ФВ ЛШ між 30 і 49 % прийняли за порогове значення показника Sm величину <8 см/с, то чутливість і специфічність становили відповідно 86 і 93 %, а негативне прогностичне значення – 92 %. У разі порогового значення показника $Sm <6$ см/с для ідентифікації осіб з ФВ ЛШ <30 % показники чутливості та специфічності становили відповідно 92 і 84 %, а негативне прогностичне значення – 97 %. Час, необхідний для розрахунку ФВ ЛШ за методом Сімпсона, був набагато більшим, ніж час, необхідний для визначення середнього значення показника Sm (327 ± 98) порівняно з (110 ± 29) с, $p < 0,0001$). Автори зробили висновок, що середній показник Sm для ЛШ – відтворюваний, надійний і практичний, його легко отримати й можна застосовувати для оцінки систолічної функції ЛШ у хворих на СН.

Е. Agricola та співавтори [2] досліджували, чи можна за допомогою імпульснохвильової тканинної доплерографії передбачити післяопераційну систолічну функцію ЛШ у пацієнтів з тяжкою мітральною регургітацією після виконання хірургічної корекції мітрального клапана. У дослідження залучили 84 хворих із безсимптомною тяжкою МН (КСР ЛШ <45 мм, ФВ ЛШ >60 %), їх розділили на дві групи: 43 пацієнти, в яких після операції ФВ знизилася менше ніж на 10 % (група 1), і 41 пацієнт, в якого ФВ після операції знизилася більше ніж на 10 % (група 2). Показник Sm визначали, оцінюючи латеральний відділ кільця мітрального клапана. У групі 2 до хірургічного втручання порівняно з групою 1 були нижчими показники швидкості Sm (10,4 порівняно з 13,0 см/с, $p = 0,0001$). Автори зробили висновок, що показник Sm

може передбачати післяопераційну систолічну функцію ЛШ у хворих із безсимптомною МН, яким виконують хірургічну корекцію мітрального клапана.

Індекс функціональної здатності лівого шлуночка

Індекс функціональної здатності ЛШ (індекс Tei) – це комбінований показник [21, 22], що поєднує оцінку систолічної та діастолічної функції серця. Отримують його при доплерівському аналізі мітрального й аортального кровоплину. Методика проста у виконанні і потребує застосування лише імпульсної доплерографії. Індекс Tei розраховують за допомогою рівняння $(a-b)/b$, де a – інтервал між припиненням і початком трансмітрального потоку крові, b – час викиду крові у вихідному тракті ЛШ. Середні нормальні значення індексу Tei для ЛШ становлять $0,39 \pm 0,05$ [22]. У дорослих показник $<0,40$ вважають нормальним. Більш високі значення, як правило, свідчать про дисфункцію ЛШ.

К. Takasaki та співавтори [20] оцінювали здатність індексу Tei виявляти латентну дисфункцію ЛШ у пацієнтів з МН і візуально нормальною ФВ. У дослідження залучили 108 осіб з нормальною ФВ ЛШ (≥ 50 %) і хронічною тяжкою МН, яким виконували хірургічне втручання на мітральному клапані. ФВ суттєво знизилася (<50 %) після операції у 34 % хворих. Виразування до операції індекс Tei суттєво корелював з визначеною після операції ФВ ЛШ в усіх пацієнтів ($r = -0,64$; $p < 0,0001$), а також у групі безсимптомних хворих ($n = 44$; $r = -0,57$; $p < 0,0001$). Коли з метою передбачення післяопераційної

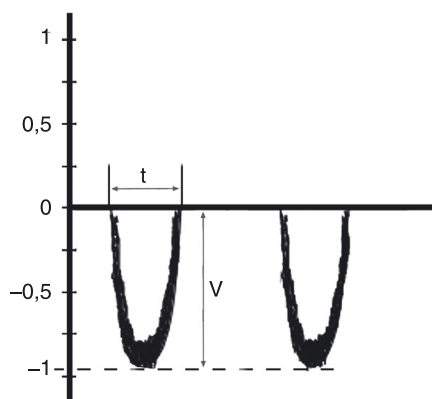


Рис. 9. Вимірювання параметрів доплерівської кривої з метою визначення ударного об'єму ЛШ [1]

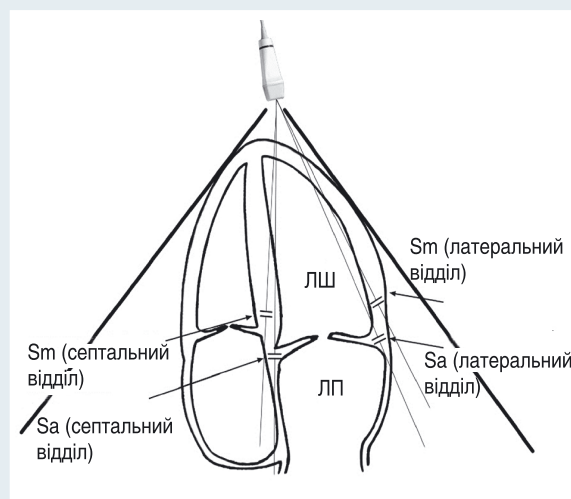


Рис. 10. Встановлення пробного об'єму тканинного доплера

ФВ < 50 % межу доопераційного індексу Теі було встановлено > 0,5, то індекс мав чутливість, специфічність і точність відповідно 89; 85 і 86 % в усіх пацієнтів і 80; 85 і 84 % – у безсимптомних хворих. Автори зробили висновок, що значення доопераційного індексу Теі > 0,5 давало змогу передбачити виникнення систолічної дисфункції ЛШ після операції в пацієнтів з тяжкою МН і візуально нормальною ФВ. Отже, вони рекомендують більш раннє хірургічне втручання у безсимптомних хворих з тяжкою МН, які мають візуально нормальну ФВ, але в яких індекс Теі вищий ніж 0,5.

Розрахунок швидкості зростання тиску в лівому шлуночку на початку систоли

Швидкість зростання тиску в ЛШ на початку систоли ($\Delta P/\Delta t$) розраховують у період ізовольомічного скорочення ЛШ [6]. Показник дає змогу відносно незалежно від стану навантаження (переднавантаження чи післянавантаження) оцінити скоротливість ЛШ.

Спектральна доплерівська крива струменя мітральної регургітації дає змогу визначити швидкість зворотного кровоплину через мітральний клапан, а за допомогою модифікованого рівняння Бернуллі ($\Delta P = 4V^2$, де ΔP – градієнт тиску, а V – швидкість кровоплину) визначають градієнт тиску між ЛШ і лівим передсердям [6].

Для визначення $\Delta P/\Delta t$ за допомогою безперервної доплерографії при високій швидкості розгортки (як правило 100 мм/с) реєструють спектральний профіль мітральної регургітації. Далі вимірювання виконують на висхідній

частині кривої швидкості. Для розрахунку показника $\Delta P/\Delta t$ спочатку потрібно визначити часовий відрізок (t) у мілісекундах від точки, в якій швидкість потоку мітральної регургітації становить 1 м/с, до точки, де швидкість досягла 3 м/с. Часовий відрізок між цими двома точками – це час, який потрібен ЛШ, щоб збільшити тиск у своїй порожнині на 32 мм рт. ст. Після цього розраховують показник $\Delta P/\Delta t$: 32 мм рт. ст. / час (t , у секундах).

Важливо відзначити, що за наявності вираженого механічного дисинхронізму в скороченні ЛШ (зокрема блокади лівої ніжки пучка Гіса, штучного правощлуночкового водія ритму чи синдрому Вольфа – Паркінсона – Уайта) показник $\Delta P/\Delta t$ може бути зниженим унаслідок власне дисинхронізму в скороченні, а не зниженої сумарної скоротливості ЛШ.

М. Alvarez López та співавтори [4] оцінювали можливість визначення, відтворюваність і кореляцію $\Delta P/\Delta t$ з ФВ ЛШ та іншими стандартними ехокардіографічними параметрами (120 осіб). Показник вдалося встановити у 91 пацієнта. Кореляція між $\Delta P/\Delta t$ і ФВ ЛШ була статистично значущою, але слабкою ($r = 0,59$; $p < 0,001$; $n = 70$). Серед інших ехокардіографічних параметрів найсильніший зв'язок зареєстровано з КСР ЛШ ($r = -0,64$; $p < 0,001$; $n = 49$). Значення цього показника < 1000 мм рт. ст./с давало змогу передбачити існування систолічної дисфункції ЛШ з високою точністю (84 %), чутливістю (80 %) і специфічністю (92 %).

А. Leśniak-Sobelga та співавтори [16] оцінили показник $\Delta P/\Delta t$ у 31 пацієнта із застійною СН та МН (ФВ ЛШ < 45 %, II–IV функціональний клас за NYHA), щоб встановити його здатність передбачувати виживання таких хворих. ФВ ЛШ визначали за методом Сімпсона. Середній період спостереження в динаміці становив $(28,5 \pm 12,0)$ міс. У першу групу увійшов 21 пацієнт без ускладнень (смерть або трансплантація серця), а в другу – 10 хворих з ускладненнями. У групі з ускладненнями було виявлено суттєве зниження показника $\Delta P/\Delta t$ (463 мм рт. ст./с) порівняно з пацієнтами без ускладнень (839 мм рт. ст./с; $p = 0,0001$). Зареєстровано кореляцію між показниками $\Delta P/\Delta t$ і ФВ ЛШ, а також КДР ЛШ. Отже, автори зробили висновок, що доплерівський показник $\Delta P/\Delta t$ дає змогу передбачити клінічні наслідки в осіб із застійною СН.

О. Akpınar та співавтори [3] оцінили надійність різноманітних доплерівських методів, які застосовують для визначення систолічної функції ЛШ. Автори виявили кореляцію показника $\Delta P/\Delta t$ ($P = 0,010$, $r = -0,330$) та індексу Теі

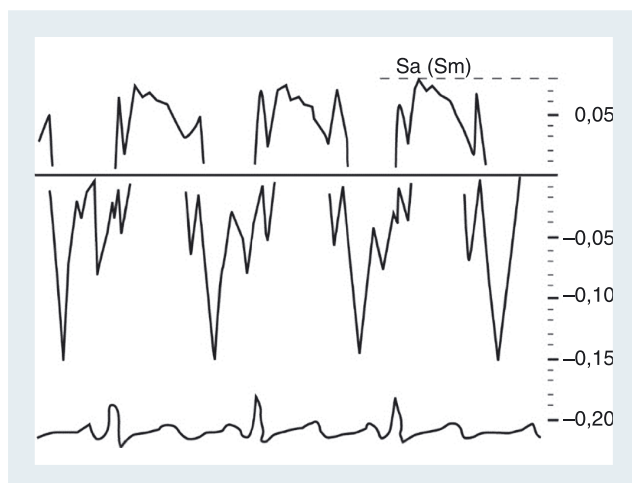


Рис. 11. Схематичне зображення кривої, отриманої при застосуванні імпульснохвильової тканинної доплерографії. Пробний об'єм тканинного доплера встановлено в латеральному відділі кільця мітрального клапана. Sa (Sm) – пікова систолічна швидкість фіброзного кільця мітрального клапана (міокарда ЛШ)

($P=0,002$, $r=-0,470$) з ФВ ЛШ, встановленою за методом Сімпсона.

Т.І. Kolias та співавтори [15] вивчали здатність доплерівських методів оцінки систолічної функції ЛШ передбачати виживання пацієнтів із застійною СН та МН. Показник $\Delta P/\Delta T$ (дихотомізація \geq або < 600 мм рт. ст./с) давав змогу передбачати виживання таких хворих без виникнення серйозних ускладнень.

Оцінка зворотного ремоделювання лівого шлуночка за часом сповільнення раннього діастолічного потоку

S. Gelsomino та співавтори [12] обстежили 215 хворих з тяжкою МН, яким виконували мітральну анулопластику. Всім пацієнтам визначали параметри трансмітрального потоку. Залежно від вихідного показника часу сповільнення раннього трансмітрального потоку (DecT) хворих розділили на чотири групи: 1-ша ($n=48$) – з нормальним показником, 2-га ($n=61$) – з порушенням релаксації, 3-тя ($n=50$) – з псевдонормалізацією і 4-та ($n=56$) – з рестриктивним типом трансмітрального кровоплину. Ехокардіографічне дослідження виконували до операції, на момент виписування зі стаціонару і в динаміці. Зворотне ремоделювання ЛШ визначали як зменшення КСО ЛШ

> 15 %, його спостерігали у 95,7; 96,3; 88,3 і 0 % пацієнтів відповідно у 1, 2, 3 і 4-й групах ($p<0,001$). Аналіз логістичної регресії засвідчив, що показник $\text{DecT} \leq 125$ ($p<0,001$) був потужним предиктором зворотного ремоделювання ЛШ після виконання анулопластики. Автори зробили висновок, що оцінка показника DecT до операції додає суттєву інформацію до інших індексів оцінки систолічної функції ЛШ і є простим інструментом для ідентифікації тих хворих з тяжкою МН, які можуть отримати користь від мітральної анулопластики.

Висновки

Оцінка систолічної функції та функціональних резервів лівого шлуночка у пацієнтів з тяжкою мітральною недостатністю – складна і недостатньо вивчена проблема. Немає одностайної думки експертів щодо встановлення моменту, коли таким хворим треба виконувати хірургічну корекцію мітрального клапана. Ехокардіографія – це основний діагностичний метод, за даними якого формують показання до оперативного втручання. Є багато ехокардіографічних методів визначення систолічної функції лівого шлуночка, і кожен з них має свої переваги й недоліки. Лише комплексне застосування цих методів і критичний аналіз отриманих даних можуть допомогти адекватно оцінити стан таких пацієнтів.

Література

1. Павлюк В.І., Жарінов О.Й., Чубучний В.М. та ін. Новий метод ехокардіографічної оцінки фракції викиду та обґрунтування застосування каптоприлу у хворих з гострим інфарктом міокарда // Укр. кардіол. журн.– 1997.– № 4.– С. 8–10.
2. Agricola E., Galderisi M., Oppizzi M. et al. Pulsed tissue Doppler imaging detects early myocardial dysfunction in asymptomatic patients with severe mitral regurgitation // Heart.– 2004.– Vol. 90 (4).– P. 406–410.
3. Akpinar O., Bozkurt A., Acartürk E. Reliability of Doppler methods in the evaluation of the left ventricular systolic function in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy // Echocardiography.– 2007.– Vol. 24 (10).– P. 1023–1028.
4. Alvarez López M., Alcalá López J., Bañ Mellado O. et al. Usefulness of the Doppler index delta P/delta t in the evaluation of left ventricular systolic dysfunction // Rev. Esp. Cardiol.– 1997.– Vol. 50 (2).– P. 105–110.
5. Armstrong W.F., Ryan T., Feigenbaum H. Feigenbaum's Echocardiography.– Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2010.– 785 p.
6. Bargiggia G., Bertucci C., Recusani F. et al. A new method for estimating left ventricular $\Delta P/\Delta t$ by continuous wave Doppler echocardiography. Validation studies at cardiac catheterization // Circulation.– 1989.– Vol. 80.– P. 1287–1292.
7. Borg A., Deepak S., Beynon R. et al. A comprehensive tissue Doppler assessment of left ventricular function in patients with primary mitral regurgitation // J. Am. Soc. Echocardiogr.– 2007.– Vol. 20 (10).– P. 1149–1159.
8. Dujardin K., Enriquez-Sarano M., Rossi A. et al. Echocardiographic assessment of left ventricular remodeling: are left ventricular diameters suitable tools? // J. Am. Coll. Cardiol.– 1997.– Vol. 30 (6).– P. 1534–1541.
9. Dumesnil J., Dion D., Yvorchuk K. et al. A new, simple and accurate method for determining ejection fraction by Doppler echocardiography // Can. J. Cardiol.– 1995.– Vol. 11(11).– P. 1007–1014.
10. Duzenli M., Ozdemir K., Aygul N. et al. Relationship between systolic myocardial velocity obtained by tissue Doppler imaging and left ventricular ejection fraction: systolic myocardial velocity predicts the degree of left ventricular dysfunction in heart failure // Echocardiography.– 2008.– Vol. 25 (8).– P. 856–863.
11. Gelfand E., Haffajee J., Hauser T. et al. Predictors of preserved left ventricular systolic function after surgery for chronic organic mitral regurgitation: a prospective study // J. Heart Valve Dis.– 2010.– Vol. 19 (1).– P. 43–50.
12. Gelsomino S., Lorusso R., Rostagno C. et al. Prognostic value of Doppler-derived mitral deceleration time on left ventricular reverse remodelling after undersized mitral annuloplasty // Eur. J. Echocardiogr.– 2008.– Vol. 9 (5).– P. 631–640.
13. Imasaka K., Tomita Y., Tanoue Y. et al. Early mitral valve surgery for chronic severe mitral regurgitation optimizes left ventricular performance and left ventricular mass regression // J. Thorac. Cardiovasc. Surg.– 2013.– Vol. 146 (1).– P. 61–66.
14. Kisslo J., Byrd B. III, Geiser E. et al. Recommendations for continuous quality improvement in echocardiography // J. Am. Soc. Echocardiogr.– 1995.– Vol. 8.– P. S1–28.
15. Kolias T., Aaronson K., Armstrong W. Doppler-derived $\Delta P/\Delta t$ and $-\Delta P/\Delta t$ predict survival in congestive heart failure // J. Am. Coll. Cardiol.– 2000.– Vol. 36 (5).– P. 1594–1599.
16. Leśniak-Sobielga A., Tomkiewicz-Pajak L., Olszowska M. et al. Echocardiographic prediction of outcome in patients with congestive heart failure and mitral regurgitation // Przegl. Lek.– 2004.– Vol. 61 (6).– P. 656–659.

17. Nazli C., Kinay O., Ergene O. et al. Use of tissue Doppler echocardiography in early detection of left ventricular systolic dysfunction in patients with mitral regurgitation // *Int. J. Cardiovasc. Imaging.*– 2003.– Vol. 19 (3).– P. 199–209.
18. Ogutu P., Ahmed I., Dunning J. Should patients with asymptomatic severe mitral regurgitation with good left ventricular function undergo surgical repair? // *Interact Cardiovasc. Thorac. Surg.*– 2010.– Vol. 10 (2).– P. 299–305.
19. Palmieri V., Manganelli F., Russo C. et al. Accuracy and feasibility of simplified Doppler-based left ventricular ejection fraction // *Am. J. Cardiol.*– 2013.– Vol. 112 (6).– P. 889–894.
20. Takasaki K., Gillinov A., Yamano T. et al. Detection of left ventricular dysfunction with Tei index in normal ejection fraction patients with mitral regurgitation before mitral valve surgery // *Am. J. Cardiol.*– 2009.– Vol. 103 (7).– P. 1011–1014.
21. Tei C. New non-invasive index of combined systolic and diastolic ventricular function // *J. Cardiol.*– 1995.– Vol. 26.– P. 135–136.
22. Tei C., Ling L., Hodge D. et al. New index of combined systolic and diastolic myocardial performance: a simple and reproducible measure of cardiac function – a study in normal and dilated cardiomyopathy // *J. Cardiol.*– 1995.– Vol. 26.– P. 357–366.
23. Teichholz L., Kreulen T., Herman M. et al. Problems in echocardiographic volume determinations: echocardiographic angiographic correlations in the presence or absence of asynergy // *Am. J. Cardiol.*– 1976.– Vol. 37.– P. 7–11.
24. Tribouilloy C., Grigioni F., Avierinos J. et al. Survival implication of left ventricular end-systolic diameter in mitral regurgitation due to flail leaflets a long-term follow-up multicenter study // *J. Am. Coll. Cardiol.*– 2009.– Vol. 54 (21).– P. 1961–1968.
25. Vinereanu D., Khokhar A., Fraser A. Reproducibility of pulsed wave tissue Doppler Echocardiography // *J. Am. Soc. Echocardiogr.*– 1999.– Vol. 12.– P. 492–499.

В.І. Павлюк¹, А.А. Мишакивский¹, О.І. Жаринов²

¹ Львовський міжрегіональний кардіохірургічний центр

² Національна медична академія посліпдипломного образования ім. П.Л. Шупика МЗ України, Київ

Эхокардиографические методы оценки систолической функции и функциональных резервов левого желудочка у пациентов с тяжелой митральной недостаточностью

Проаналізовано застосування сучасних ехокардіографічних методів оцінки систолическої функції та функціональних резервів лівого шлуночка у пацієнтів з важкою митральною недостаточністю. Представлені переваги та недоліки кожного з цих методів. Також наведені дані основних досліджень, в яких оцінювали систолическу функцію лівого шлуночка в динаміці після хірургічної корекції митрального клапана по приводу важкої митральної недостаточності.

Ключевые слова: ехокардіографія, митральна недостаточність, систолическа функція лівого шлуночка, хірургічна корекція митрального клапана.

V.I. Pavliuk¹, O.A. Myshakivsky¹, O.J. Zharinov²

¹ Lviv Regional Cardiac Surgery Center, Ukraine

² P.L. Shupik National Medical Academy of Post-Graduate Education, Kyiv, Ukraine

Echocardiographic methods for assessment of left ventricular systolic function and functional capacity in patients with severe mitral regurgitation

Contemporary echocardiographic methods for assessment of left ventricular systolic function and functional capacity in patients with severe mitral regurgitation are reviewed. The benefits and disadvantages of every method are compared. The results of main studies in which follow-up assessment of left ventricular systolic function was performed after mitral valve repair due to severe mitral regurgitation are provided.

Key words: echocardiography, mitral regurgitation, left ventricular systolic function, surgery mitral valve repair.