

## Огляди

# Застосування стандартного протоколу трансторакальної ехокардіографії в клінічній практиці



**Л. В. Журавльова, О. О. Янкевич**

Харківський національний медичний університет

Нині трансторакальна ехокардіографія є потужним і гнучким інструментом, який забезпечує якісне лікування пацієнтів з кардіоваскулярними захворюваннями. Розвиток нових технологій і збільшення кількості ехокардіографічних розрахунків потребує уніфікованого підходу до дослідження та презентації отриманих даних. Щоденна практика демонструє значну варіабельність ехокардіографічних протоколів, які використовують у різних лікувальних закладах. Ці розбіжності ускладнюють інтерпретацію отриманих даних. У 1980 р. Американське товариство з ехокардіографії (ASE) опублікувало перші рекомендації з проведення ехокардіографічного дослідження. Пізніше було запропоновано нові ультразвукові методи (безперервнохвильова, імпульсна, тканинна доплерографія, стрес-ехокардіографія, кризьстравохідна ехокардіографія, контрастне дослідження, технологія відстеження міток) і ехокардіографія стала ще складнішою. В 2011 р. експертами ASE були опубліковані детальні рекомендації щодо обладнання ехокардіографічної лабораторії, вимог до кваліфікації медичного персоналу, ретельного відбору хворих, протоколу дослідження і презентації результатів. У 2019 році рекомендації щодо послідовності проведення ехокардіографії та отримання даних були запропоновані ASE для широкого використання. Інша організація — Європейська асоціація кардіоваскулярної візуалізації (EACVI) сфокусувала увагу на проблемі презентації даних. У 2017 р. EACVI опублікувала пропозиції експертів щодо стандартизації ехокардіографічного рапорту.

У статті проаналізовано і пояснено значення показників стандартного протоколу для клінічної практики. Протокол включає оцінку розмірів та об'ємів камер серця разом із доплерівськими показниками гемодинаміки, які підтвержені та задокументовані в численних дослідженнях. Окрім ехокардіографічних даних, стандартний протокол містить ідентифікаційну інформацію про пацієнта, антропометричні дані, частоту серцевих скорочень, артеріальний тиск та основні технічні характеристики ультразвукового сканера. Впровадження універсальної системи презентації результатів у рутинну практику сприятиме поліпшенню загальної якості надання медичної допомоги.

**Ключові слова:** кардіоваскулярні захворювання, трансторакальна ехокардіографія, стандартний протокол, позиція експертів, клінічна практика.

Серед методів інструментальної діагностики в сучасній кардіології ехокардіографія (ЕхоКГ) за частотою застосування поступається лише електрокардіографії (ЕКГ). З моменту появи в 1950-х роках ЕхоКГ удосконалювалася і нині є джерелом клінічної інформації, необхідної для ведення пацієнтів з кардіоваскулярними захворюваннями.

У деяких випадках установити правильний діагноз можна лише за допомогою ЕхоКГ (вади серця, кардіоміопатії). Вона допомагає вчасно виявити небезпечні механічні ускладнення інфаркту міокарда, розшарування аорти, тромбоемболію легеневої артерії, визначити тяжкість перебігу захворювання і прогноз при гіпертонічній хворобі та ішемічній хворобі серця (ІХС). Також цей метод ефективний при обстеженні здорових осіб для оцінки серцево-судинного ризику, наприклад, у професійних спортсменів або осіб з обтяженою щодо серцево-судинних захворювань спадковістю.

Завдяки доступності та безпечності ЕхоКГ можна багаторазово застосовувати для спостереження за динамікою патологічних змін, зокрема

---

Стаття надійшла до редакції 25 травня 2019 р.

Журавльова Лариса Володимирівна, д. мед. н., проф.,  
зав. кафедри внутрішньої медицини № 3  
E-mail: l.zhuravlyova@mail.ru

© Л. В. Журавльова, О. О. Янкевич, 2019

безпосередньо біля ліжка хворого. Інші методи візуалізації серця (магнітно-резонансна томографія (МРТ) і комп'ютерна томографія (КТ)) суттєво доповнюють ультразвукове дослідження (УЗД), але не можуть повністю замінити його.

Окрім беззаперечних переваг, УЗД серця при таманні недоліки, зумовлені незадовільною візуалізацією структур серця у пацієнтів з ожирінням, емфіземою, деформацією грудної клітки.

Ще однією проблемою є стандартизація як порядку проведення дослідження, так і форми презентації отриманих даних. Переконалися в існуванні цієї проблеми можна, уявивши «типового» мешканця великого міста із хронічним серцевим захворюванням, котрий за час хвороби встигає накопичити протоколи ЕхоКГ, проведеної в кількох державних лікарнях міста, приватній клініці, столичному консультативному центрі, іноді — ще у закордонному лікувальному закладі. Зрозуміло, що форма представлення даних в ехокардіографічному висновку (текст, таблиці, рисунки), числові дані та навіть висновки щодо структурно-функціонального стану серця пацієнта будуть відрізнятися, іноді — досить суттєво. В результаті кардіолог, який побачить усі ці протоколи, може розгубитися. Лікаря доведеться або повірити одному із наявних ЕхоКГ-висновків (оскільки він довіряє кваліфікації цього фахівця) чи висновку із столичного консультативного центру (бо «столичним лікарям видніше»), або направити хворого зробити ще одне ехокардіографічне дослідження і заплутатися ще більше.

Цей приклад уявного хворого має об'єктивне підґрунтя. Лікарі ультразвукової діагностики орієнтуються на інформацію щодо методики ЕхоКГ-дослідження із різних за якістю джерел. Хтось регулярно відстежує нові тенденції в авторитетних періодичних виданнях, таких як *Journal of the American Society of Echocardiography* або *European Heart Journal — Cardiovascular Imaging*, хтось задовольняється хорошим, але застарілим підручником. Крім того, існують розбіжності у визначенні референтних значень показників та їх інтерпретації у різних джерелах. Часто трапляються випадки застосування вимірювань у М-режимі без урахування кута сканування, тоді як об'ємі вимірювання ігнорують. Іноді рапорт дослідження перевантажений десятками показників, частина з яких не має доведеного клінічного значення. Є ситуації, коли описова частина рапорту настільки лаконічна, що не дає змоги повноцінно оцінити наявну патологію. Зазвичай нехтування детальними ехокардіографічними вимірюваннями сонографісти пояснюють браком часу. Певною мірою «анархію» щодо протоколу дослідження зумовлює відсутність в Україні уніфікованих національних рекомендацій щодо стандартів трансторакальної ехокардіографії.

Зразком ґрунтового підходу до розробки стандартного протоколу трансторакальної ехокардіо-

графії є рекомендації Американського товариства з ехокардіографії (*American Society of Echocardiography (ASE)*) та Європейської асоціації з кардіоваскулярної візуалізації (*European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI)*).

Перші стандарти проведення ЕхоКГ були опубліковані в 1980 р. [7]. Згодом дослідження доповнили новими методиками (безперервнохвильова, імпульсна, тканинна доплерографія, стрес-ЕхоКГ, кризьстравохідна ЕхоКГ, контрастне дослідження, технологія «speckle-tracking»), зросли вимоги щодо якості дослідження. В 2011 р. запропоновано критерії якості обладнання ехокардіографічної лабораторії, вимоги до кваліфікації персоналу, критерії відбору пацієнтів і послідовність проведення дослідження, а також презентації отриманих результатів [11]. На думку експертів ASE, повне ЕхоКГ-дослідження має тривати 45–60 хв. З огляду на реалії вітчизняної медицини, коли попит на УЗД часто перевищує пропозицію, така тривалість процедури видається невиправданою розкішшю. Рекомендації ASE 2019 р. щодо проведення всебічної трансторакальної ехокардіографії не дають змоги скоротити час дослідження без втрати якості, бо відповідно до протоколу потрібно зробити 52 стоп-кадрів, 55 коротких відео-кліпів, провести вимірювання і написати висновок [9]. Допомогти у формулюванні ехокардіографічного висновку може додаток до рекомендацій 2002 р., в якому на 13 сторінках у двох колонках наведено десятки варіантів опису ЕхоКГ-характеристик [6]. Крім того, особливості вимірювань та розрахунків ехокардіографічних показників, а також визначення норми знайшли відображення у низці рекомендацій ASE, серед яких актуальними є опубліковані в період з 2002 до 2017 р. [1, 2, 8, 10, 13, 14, 17].

У 2017 р. EACVI запропонувала документ, в котрому наведено зразок стандартного протоколу ехокардіографії, який, на думку експертів, може бути використаний при більшості кардіоваскулярних захворювань, зокрема при серцевій недостатності, ІХС, вадах клапанів серця, кардіоміопатіях та системних захворюваннях [4].

З огляду на те, що EACVI співпрацює з Європейським товариством кардіології (*European Society of Cardiology (ESC)*), доцільним було б впровадити зазначений універсальний протокол ехокардіографії в нашій країні. Мета статті — проаналізувати і презентувати клінічне значення показників, наведених у цьому протоколі (рис. 1).

## Загальна інформація

### Розділ А

У першому пункті протоколу зазначають показання для дослідження, наприклад, імовірний або підтверджений діагноз (назва захворювання, синдрому, ускладнення), обстеження в динаміці або скринінг для визначення ризику певної хвороби.

**A**

Показання для дослідження:

Ім'я:

Дата народження:

Вік, роки:

Зріст, см:

Маса тіла, кг:

Ритм серця:  синусовийППТ, м<sup>2</sup>: інший

ЧСС, уд./хв:

АТ, мм рт. ст.:

**B**

Тип і модель сканера:

Якість зображення:

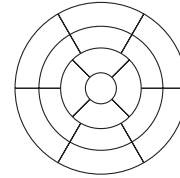
**C**

1 – норма

2 – гіпокінез

3 – акінез

4 – дизкінез

**D**

Відділ серця	Параметр	Результат	Норма
Лівий шлуночок	Кінцеводіастолічний розмір, мм		Ч ≤ 58,4; Ж ≤ 52,2
	Кінцевосистолічний розмір, мм		Ч ≤ 39,8; Ж ≤ 34,8
	Відносна товщина стінок		≤ 0,42
	Маса міокарда лівого шлуночка /ППТ, г/м <sup>2</sup>		Ч ≤ 102; Ж ≤ 88
	Кінцеводіастолічний об'єм/ППТ, мл/м <sup>2</sup>		Ч < 75; Ж < 62
	Кінцевосистолічний об'єм/ППТ, мл/м <sup>2</sup>		Ч < 32; Ж < 25
	Фракція викиду, біплановий метод, %		Ч > 52; Ж > 54
	Ударний об'єм/ППТ по доплеру, мл/м <sup>2</sup>		> 35
	Глобальний поздовжній стрейн, %		> 20
Діастолічна функція лівого шлуночка	Трансмітральне співвідношення (Е/А)		0,8–2,0
	Час сповільнення швидкості Е, мс		160–220
	Трансмітральна швидкість Е, см/с		< 120
	е' швидкість септальна і латеральна, см/мс		< 7 та < 10
	Е/е'		< 8
Ліве передсердя	Індекс об'єму, мл/м <sup>2</sup>		≤ 34
Розрахунковий тиск наповнення лівого шлуночка			Нормальний, збільшений, невизначений
Аорта (індексовані розміри)	Кільце, см/м <sup>2</sup>		≤ 1,4
	Синуси Вальсальви, см/м <sup>2</sup>		Ч ≤ 1,4; Ж ≤ 2,0
	Синотубулярне сполучення, см/м <sup>2</sup>		≤ 1,7
	Проксимальна висхідна аорта, см/м <sup>2</sup>		Ч ≤ 1,7; Ж ≤ 1,9
Правий шлуночок	Базальний діаметр, мм		< 42
	Середній діаметр, мм		< 36
	Проксимальний діаметр виносного тракту, мм		< 36
	Дистальний діаметр виносного тракту, мм		< 28
	Систолічний рух трикуспідального кільця (TAPSE), мм		> 17
	Зміна фракційної площі (FAC), %		> 35
	Глобальний поздовжній стрейн вільної стінки, %		> 23
Праве передсердя	Об'єм, мл/м <sup>2</sup>		Ч < 30; Ж < 28
Нижня порожниста вена	Діаметр, см		< 2,1
	Колабування, %		> 50
Трикуспідальна регургітація (якщо є)	Швидкість потоку регургітації, м/с		< 2,8
	Систолічний тиск у легеневій артерії, мм рт. ст.		< 31

Рис. 1. Зразок стандартного протоколу ехокардіографії

**Е****Мітральний клапан**

Характеристики клапанного апарату, дегенерація, дилатація, кальцифікація, пролапс

Регургітація	Ефективна площа отвору регургітації (EROA), см <sup>2</sup>	Ступінь регургітації
	Вена контракта (VC), см	
Стеноз	Час напівспаду тиску (PHT), мс	Ступінь стенозу
	Піковий і середній градієнт тиску, мм рт. ст.	
	Площа мітрального клапана, см <sup>2</sup>	

**Аортальний клапан**

Характеристики клапанного апарату, дегенерація, дилатація, кальцифікація, пролапс

Регургітація	Час напівспаду тиску (PHT), мс	Ступінь регургітації
	Вена контракта (VC), см	
Стеноз	Піковий і середній градієнт тиску, мм рт. ст.	Ступінь стенозу
	Пікова швидкість, м/с	
	Площа аортального клапана, см <sup>2</sup>	

**Трикуспідальний клапан**

Характеристики клапанного апарату, дегенерація, дилатація, кальцифікація, пролапс

Регургітація	Ефективна площа отвору регургітації (EROA), см <sup>2</sup>	Ступінь регургітації
	Вена контракта (VC), см	
Стеноз	Середній градієнт тиску, мм рт. ст.	Ступінь стенозу

**Легеневий клапан**

Характеристики клапанного апарату, дегенерація, дилатація, кальцифікація, пролапс

Регургітація	Час напівспаду тиску (PHT), мс	Ступінь регургітації
Стеноз	Піковий градієнт тиску, мм рт. ст.	Ступінь стенозу

**Ф****Висновок:**

EROA – effective regurgitant orifice area; PHT – pressure half-time; FAC – fractional area change.

**Рис. 1.** Продовження

Наводять ідентифікаційні дані пацієнта (прізвище, ім'я по батькові, дата народження). Вік пацієнта має окреме значення, бо може пояснювати наявність низки ехокардіографічних знахідок. Наприклад, для осіб віком понад 60 років у нормі характерне переважання швидкості трансмітрального потоку під час систоли лівого передсердя (ЛП) над швидкістю раннього діастолічного наповнення лівого шлуночка (ЛШ), тоді як в інших вікових групах це означає наявність діастолічної дисфункції ЛШ [10].

Зріст і масу тіла пацієнта використовують для розрахунку площі поверхні тіла (ППТ). Індикація низки розмірів серця за ППТ додає точності ехокардіографічним висновкам.

Ритм серця, частота серцевих скорочень (ЧСС) і артеріальний тиск (АТ) впливають на показники внутрішньосерцевої гемодинаміки, які вимірюють доплерографічним методом. Зокрема традиційний показник – співвідношення швидкості трансмітрального потоку впродовж раннього діастолічного наповнення та швидкості потоку під час систоли передсердь (Е/А) не можна використовувати для оцінки діастолічної функції ЛШ при фібриляції передсердь [9]. При тахікардії тяжкість стенозу (наприклад, мітрального) може бути переоцінена через збільшення середнього трансклапанного градієнта та часу напівспаду тиску (pressure half-time, PHT) [1]. При високому системному АТ виразність мітральної регургітації збільшується [17].

### Розділ В

Інформація про тип і модель сканера дає змогу оцінити технічні характеристики дослідження. Сучасне обладнання має технологію speckle-tracking і тривимірний (3D) режим, тоді як старіші сканери мають обмеження в реалізації протоколу ехокардіографії.

Якість візуалізації серця зазначають у протоколі як оптимальну, задовільну, субоптимальну і незадовільну. Зрозуміло, що при субоптимальній або незадовільній якості зображення певні показники не можуть бути отримані або вони можуть бути неточними.

### Розділ С

Наведення в протоколі 17-сегментарної моделі ЛШ (рис. 2) дає змогу наочно представити локалізацію порушень скоротливості міокарда при його ішемічному або запальному ураженні. Використання уніфікованої моделі поліпшує взаєморозуміння між спеціалістами та проведення клінічних паралелей з іншими методами візуалізації (МРТ і КТ) [8]. Якісний аналіз зміни товщини стінок ЛШ і руху ендокарда в різні фази серцевого циклу дає змогу визначити 4 типи скоротливості міокарда (норма, гіпокінез, акінез, дизкінез) для кожного із 17 сегментів.

### Лівий шлуночок

Кінцеводіастолічний (КДР) та кінцевосистолічний розмір (КСР) ЛШ вимірюють з парастернального доступу по довгій осі на рівні кінчиків стулок мітрального клапана. Перевагу надають вимірюванню в В-режимі, тому що в М-режимі часто не вдається отримати розріз, перпендикулярний довгій осі ЛШ [8]. Збільшення КДР ЛШ може відбуватися при дилатаційній кардіоміопатії, постінфарктному ремоделюванні ЛШ, мітральній та аортальній недостатності, аортальному стенозі, гіпертензивній ексцентричній гіпертрофії ЛШ. Збільшення КСР ЛШ може свідчити не лише про дилатацію порожнини, а й про зменшення скоротливості міокарда. Зазначені показники використовують як для діагностики захворювань, так і для визначення показань до хірургічної корекції серцевих вад [15].

Відносну товщину стінок ЛШ розраховують за формулою:

$$2 \cdot \text{Товщина задньої стінки} / \text{КДР}$$

Цей показник дає змогу визначити концентричну та ексцентричну гіпертрофію або концентричне ремоделювання ЛШ при артеріальній гіпертензії (АГ).

Масу міокарда ЛШ можна розраховувати трьома методами: за формулами куба, зрізаного еліпса, площини-довжини [8]. Обов'язковою є індексація за ППТ. Збільшення маси міокарда ЛШ є предиктором кардіоваскулярних ускладнень. Крім того, цей показник має важливе значення для оцінки тяжкості АГ та ефективності лікування [16].

Кінцеводіастолічний (КДО) і кінцевосистолічний об'єм (КСО) ЛШ слід розраховувати біплановим методом дисків (Simpson) на підставі обведення контуру ендокарда та індексувати за ППТ. Клінічне значення цих показників в цілому збігається з таким КДР та КСР, але має переваги в разі змін геометрії ЛШ, наприклад при постінфарктному ремоделюванні.

Фракцію викиду (ФВ) ЛШ, котра відображує загальну скоротливість ЛШ, розраховують на підставі даних, отриманих біплановим методом Simpson за формулою:

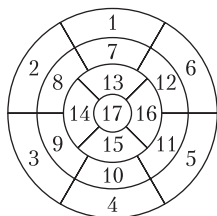
$$(\text{КДО} - \text{КСО}) / \text{КДО} \cdot 100 \%$$

Зниження ФВ відбувається при систолічній дисфункції ЛШ, яка асоціюється із несприятливим прогнозом при ІХС, АГ, кардіоміопатіях, міокардиті, вадах серця. Загалом застійну серцеву недостатність принципово поділяють на три категорії: зі збереженою ФВ (> 50%), помірно зниженою ФВ (40–49%) та зниженою ФВ (< 40%) [12].

Ударний об'єм ЛШ слід розраховувати доплерівським методом за формулою (площа поперечного перерізу виносного тракту ЛШ · інтеграл швидкості-час) та індексувати за ППТ. Допплерівський метод має перевагу порівняно з розрахунком ударного об'єму за формулою КДО – КСО, тому що може застосовуватися за наявності супутньої мітральної регургітації. Ударний об'єм відображає величину серцевого викиду і може знижуватися при систолічній дисфункції лівого або правого шлуночка, тромбоемболії легеневої артерії, тампонаді серця.

Глобальний поздовжній стрейн визначають за допомогою технології speckle-tracking. Цей показник відображає глобальну систолічну функцію ЛШ. Розраховують за формулою:

$$\frac{(\text{Довжина міокарда в систолу} - \text{Довжина міокарда в діастолу}) / \text{Довжина міокарда в діастолу}}$$



**Рис. 2.** Сегменти лівого шлуночка: 1 – базальний передній; 2 – базальний передньосептальний; 3 – базальний нижньосептальний; 4 – базальний нижній; 5 – базальний нижньолатеральний; 6 – базальний передньолатеральний; 7 – середній передній; 8 – середній передньосептальний; 9 – середній нижньосептальний; 10 – середній нижній; 11 – середній нижньолатеральний; 12 – середній передньолатеральний; 13 – апікальний передній; 14 – апікальний септальний; 15 – апікальний нижній; 16 – апікальний латеральний; 17 – апекс (верхівка)



Цей показник дає змогу виявити систолічну дисфункцію на ранній стадії [8].

Цікаво, що стандартний протокол ЕхоКГ не передбачає презентації товщини стінок ЛШ, але традиційні вимірювання товщини міжшлуночкової перегородки і задньої стінки ЛШ зазвичай проводять, а результати використовують для розрахунку маси міокарда ЛШ і відносної товщини стінок ЛШ. Логічним видається також наведення даних щодо товщини стінок ЛШ при гіпертрофічній кардіоміопатії.

### Діастолічна функція лівого шлуночка

Для визначення наявності діастолічної дисфункції потрібна оцінка 4 показників:

- $e'$  — пікової швидкості діастолічного руху мітрального кільця з латерального і септального боків під час раннього діастолічного наповнення ЛШ;
- $E/e'$  — співвідношення пікової швидкості трансмітрального потоку під час раннього діастолічного наповнення ЛШ і пікової швидкості діастолічного руху мітрального кільця (середнього значення);
- індексу об'єму ЛП;
- пікової швидкості трикуспідальної регургітації.

Наявність змін лише одного критерію свідчить про нормальну діастолічну функцію ЛШ, трьох критеріїв — про дисфункцію, двох — про невизначений результат.

$E/A$  — відношення максимальної швидкості раннього діастолічного наповнення ( $E$ ) до швидкості потоку під час систоли передсердь ( $A$ ) — найбільш досліджений показник діастолічної функції ЛШ. Разом із показником  $E$  це співвідношення дає змогу провести градацію діастолічної дисфункції на три типи: 1) порушення релаксації, 2) псевдонормальний тип, 3) рестриктивний тип. Діагностика псевдонормального типу потребує залучення до аналізу низки інших показників ( $E/e'$ , індексу об'єму ЛП, пікової швидкості трикуспідальної регургітації).

Час сповільнення пікової швидкості  $E$  — додатковий показник, корисний у випадках, коли застосувати  $E/A$  неможливо через неповноцінну систолу ЛП, а саме при фібриляції передсердь або безпосередньо після електричної кардіоверсії [10].

### Ліве передсердя

Об'єм ЛП визначають методом Simpson у двох площинах та індексують за ППТ. Цей показник збільшується при вираженій діастолічній дисфункції ЛШ, фібриляції передсердь, АГ, констриктивному перикардиті, мітральному стенозі та мітральній регургітації.

Розрахунок тиску наповнення ЛШ ґрунтується на дослідженні трьох показників:  $E/e'$ , індексу об'єму ЛП та пікової швидкості трикуспідальної регургітації. Якщо два або три з них позитивні, то тиск наповнення ЛШ підвищений [10].

### Аорта

Індексовані розміри аорти на рівні кільця, синусів Вальсальви, синотубулярного сполучення і проксимального відділу низхідної аорти дають змогу виявити анеризму аорти, післястенотичну дилатацію аорти або надклапанний аортальний стеноз. Трансторакальна ЕхоКГ є найчастіше використовуваним методом дослідження проксимальної грудної аорти в клінічній практиці [3].

### Правий шлуночок

Оскільки правий шлуночок (ПШ) має складну геометричну форму вимірювання об'ємів і ФВ дає неточні результати. Тому сучасний протокол ЕхоКГ містить низку лінійних розмірів: в приносному тракті — базальний і середній діаметр, у виносному тракті — проксимальний та дистальний розміри. Індексацию лінійних розмірів ПШ за ППТ вважають корисною, але недостатньо даних для узгодження референтних значень цих показників. Тому в практичній діяльності застосовують неіндексовані показники. Збільшення розмірів ПШ може відбуватися при легеневій гіпертензії, інфаркті правого шлуночка, вадах серця із ліво-правим скидом крові.

Для оцінки систолічної функції ПШ слід обрати один з наведених нижче показників:

- 1) систолічний рух трикуспідального кільця (tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE));
- 2) зміна фракційної площі (fractional area change (FAC));
- 3) глобальний поздовжній стрейн вільної стінки ПШ.

Серед зазначених показників TAPSE має найбільшу доказову базу і легко вимірюється. У разі оптимальної візуалізації та наявності відповідного обладнання систолічна функція ПШ може бути представлена у вигляді показника ФВ, який отримано в 3D-режимі [4].

### Праве передсердя

Об'єм правого передсердя (ПП) визначають методом Simpson в одній площині та індексують за ППТ. Цей показник збільшується при вираженій діастолічній дисфункції ПШ, фібриляції передсердь, констриктивному перикардиті, легеневій гіпертензії, вадах серця із ліво-правим шунтуванням, трикуспідальному стенозі та трикуспідальній регургітації.

Визначення діаметра нижньої порожнистої вени (НПВ) та її колабування під час вдиху потрібні для оцінки тиску в ПП. Діаметр НПВ збільшується, а колабування — зменшується при легеневій гіпертензії, інфаркті правого шлуночка, тампонаді серця, констриктивному перикардиті.

Пікову швидкість трикуспідальної регургітації традиційно використовують для розрахунку систолічного тиску в легеневій артерії. Вона також

є одним із критеріїв оцінки діастолічної функції ЛШ. Крім того, вважають, що висока швидкість трикуспідальної регургітації надійніше свідчить про ймовірність легеневої гіпертензії, ніж розрахунковий систолічний тиск у легеневій артерії (ЛА) [5].

У запропонованому протоколі є неоднозначний момент, який стосується розрахунку систолічного тиску в ЛА. Цей показник розраховують за формулою:

$$\text{Піковий градієнт трикуспідальної регургітації} + \text{Тиск у ПП.}$$

Відповідний градієнт визначають за спрощеною формулою Бернуллі:

$$4 \cdot (\text{Пікова швидкість трикуспідальної регургітації})^2.$$

Якщо розрахувати градієнт тиску при піковій швидкості трикуспідальної регургітації 2,8 м/с, то отримаємо 31 мм рт.ст. (як і вказано у запропонованому протоколі). Однак це ще не систолічний тиск у ЛА, бо не враховано тиск у ПП, який в нормі може становити від 0 до 5 мм рт.ст. (середній — 3 мм рт.ст.). Ці міркування підтверджено рекомендаціями ASE [14], в яких ознакою легеневої гіпертензії вважають систолічний тиск у ЛА > 36 мм рт.ст.

### Мітральний клапан

Опис морфологічних характеристик клапанного апарату (дегенерація, дилатація, кальцифікація, пролапс) є важливим для визначення етіології та механізмів клапанної дисфункції.

При первинній мітральній регургітації має місце патологія стулок, яка трапляється при міксоматозній дегенерації стулок, кальцинозі, ревматичній хворобі, інфекційному ендокардиті, відриві хорд, уроджених вадах. Вторинна мітральна регургітація є наслідком дилатації фіброзного кільця клапана при дилатаційній або рестриктивній кардіоміопатії, постінфарктному ремоделюванні ЛШ, фібриляції передсердь.

Кількісна оцінка тяжкості регургітації ґрунтується на розрахунку ефективної площі отвору регургітації (effective regurgitant orifice area (EROA)). Цей показник визначають методом PISA (proximal isovelocity surface area) за формулою:

$$\text{EROA (cm}^2\text{)} = 628 \cdot r^2 \cdot V_a / \text{PeakV}_{\text{RegJet}}$$

де  $r$  — радіус гемісфери зони конвергенції потоку регургітації (визначається кольоровим доплером);  $V_a$  — швидкість аліасингу;  $\text{PeakV}_{\text{RegJet}}$  — пікова швидкість потоку регургітації (визначається безперервним доплером).

Додатковим критерієм, який збільшує надійність оцінки тяжкості регургітації, є vena contracta (VC), яка є найвужчою порцією потоку регургітації на рівні отвору регургітації (визначається кольоровим доплером, вимірюється в сантиметрах).

Зазначені показники дають змогу визначити ступінь тяжкості регургітації: легкий (EROA

< 0,20 см<sup>2</sup>; VC < 0,3 см), помірний (EROA 0,2—0,39; VC 0,3—0,7), тяжкий (EROA > 0,40; VC > 0,7) [17].

Мітральний стеноз зазвичай зумовлений ревматичною лихоманкою. Менш частою причиною є дегенеративні зміни і кальцифікація клапана, системна склеродермія, карциноїдний синдром, а також вроджений мітральний стеноз.

Дослідження анатомічних особливостей мітрального клапана має значення не лише для діагностики. На рішення про тип оперативної корекції мітрального стенозу (вальвулотомія або протезування клапана) впливають характеристики клапанного апарату за ехокардіографічною шкалою Wilkins (рухливість, товщина, кальцифікація, потовщення підклапанних структур).

Рутинна оцінка мітрального стенозу ґрунтується на визначенні часу напівспаду тиску (PHT), середнього градієнта тиску діастолічного потоку крізь клапан і планіметричному визначенні площі мітрального клапана.

Визначення PHT — зручний і швидкий спосіб оцінки площі мітрального отвору за допомогою безперервного доплера за формулою:

$$\text{MVA} = 220 / T_{1/2},$$

де MVA — площа мітрального отвору (mitral valve area);  $T_{1/2}$  — час в мілісекундах, за який піковий мітральний градієнт зменшується вдвічі.

Нормальна площа мітрального клапана становить 4,0—5,0 см<sup>2</sup>. При мінімальному стенозі площа клапана > 1,5 см<sup>2</sup>, при помірному — від 1,0 до 1,5 см<sup>2</sup>, при тяжкому стенозі < 1,0 см<sup>2</sup>.

Планіметричний метод оцінки площі мітрального отвору вважають найточнішим, але його можна застосовувати лише за умови задовільної візуалізації стулок, що часто неможливо при кальцинозі клапана. Розрахунок площі цим методом здійснюють шляхом обведення внутрішнього контуру стулок у момент їх найбільшого розкриття в діастолі.

Середній градієнт тиску діастолічного потоку крізь мітральний клапан, запропоновано як додатковий критерій тяжкості стенозу. Його розраховують за формулою:

$$\Delta p = 4 \cdot \Sigma v^2 / N,$$

де  $\Delta p$  — градієнт тиску;  $\Sigma v$  — сума швидкостей потоку;  $N$  — кількість безперервних вимірювань. При мінімальному стенозі середній градієнт тиску < 5 мм рт.ст., при помірному стенозі — від 5 до 10 мм рт.ст., при тяжкому стенозі > 10 мм рт.ст. [1].

### Аортальний клапан

Оцінка анатомічних властивостей аортального клапана важлива для розуміння етіології відповідної клапанної дисфункції. Причинами аортальної регургітації можуть бути вроджені вади клапана (двостулковий, одностулковий, чотиристулковий клапан, дефект міжшлуночкової перегородки), сенільна кальцифікація, інфекційний ендокардит, ревматична хвороба, променеве і токсичне уражен-

ня стулок. Крім того, до аортальної регургітації можуть призводити вроджена ектазія кореня аорти, вроджені хвороби сполучної тканини (синдром Марфана, Елерса — Данлоса, Лойса — Дитса, незавершений остеогенез), набуті ураження аорти (ідіопатична дилатація аорти, артеріальна гіпертензія, автоімунні хвороби сполучної тканини (системний червоний вовчак, анкілозивний спондиліт, синдром Рейтера), аортити (сифіліс, хвороба Такаясу), дисекція аорти, травма).

Показник РНТ дає змогу визначити ступінь тяжкості аортальної регургітації: легкий > 500 мс, помірний — 500—200 мс, тяжкий < 200 мс. Як додатковий спосіб оцінки аортальної регургітації запропоновано показник VC: легкий < 0,3 см, помірний — 0,3—0,6 см, тяжкий > 0,6 см [17].

Найчастішими причинами аортального стенозу є кальцифікація стулок тристулкового або дво-стулкового клапана, а також ревматична хвороба. Пікова швидкість потоку крізь аортальний клапан, яку вимірюють безперервним доплером, є простим і надійним способом оцінки ступеня тяжкості стенозу: легкий — 2,6—2,9 м/с, помірний — 3,0—4,0 м/с, тяжкий > 4,0 м/с. Середній градієнт тиску є додатковим критерієм ступеня тяжкості стенозу: легкий < 20 мм рт. ст., помірний — 20—40 мм рт. ст., тяжкий > 40 мм рт. ст.

Площу аортального клапана (AVA, aortic valve area) розраховують за рівнянням безперервності:

$$AVA = CSA_{LVOT} \cdot VTI_{LVOT} / VTI_{AV},$$

де  $CSA_{LVOT}$  — площа поперечного перерізу виносного тракту ЛШ;  $VTI_{LVOT}$  — інтеграл швидкість-час виносного тракту ЛШ;  $VTI_{AV}$  — інтеграл швидкість-час аортального клапана.

Через кількість вимірювань, які необхідні для розрахунку за цією формулою, точність розрахунків порушується. Якщо систолічна функція ЛШ знижена, то зменшуються також швидкість потоку крові та градієнт тиску на клапані. Це означає, що тяжкість аортального стенозу буде недооцінена, якщо використовувати лише зазначені показники. Таким чином, адекватним дослідженням при зниженій скоротливості ЛШ буде визначення площі аортального клапана [2].

### Трикуспідальний клапан

Найчастіше трикуспідальна регургітація є функціональною і виникає при дилатації правих відділів серця. Первинне ураження клапана зумовлене переважно міксоматозною дегенерацією сту-

лок. Іншими причинами є інфекційний ендокардит, ревматична хвороба, аномалія Ебштейна, електрод штучного водія ритму серця. Визначення ступеня тяжкості регургітації пропонують проводити за показниками EROA та VC: легкий — EROA < 0,20 см<sup>2</sup>, VC < 0,3 см, помірний — EROA 0,2—0,39, VC 0,3—0,69, тяжкий — EROA > 0,40, VC > 0,7 [17].

Трикуспідальний стеноз трапляється нечасто і може бути спричинений ревматичною хворобою серця, карциноїдним синдромом, ендокардитом, вродженою аномалією, вальвулітом при системному червоному вовчаку. Середній градієнт тиску на трикуспідальному клапані > 5 мм рт. ст. свідчить про наявність гемодинамічно значущого стенозу [1].

### Легеневий клапан

Клінічно значуща недостатність легеневого клапана виникає при вродженій дисфункції або після вальвулотомії з приводу легеневого стенозу. Тяжкою вважають регургітацію при РНТ < 100 мс [17].

Стеноз легеневого клапана майже завжди є вродженою патологією. Оцінка тяжкості стенозу ґрунтується на визначенні пікового градієнта тиску: легкий < 36 мм рт. ст., помірний — 36—64 мм рт. ст., тяжкий > 64 мм рт. ст. [1].

## Розділ F

Висновок має бути коротким, але змістовним, відповідати клінічному завданню і потребам подальшого лікування. Патологічні знахідки слід описувати в першу чергу. Завжди необхідно вказувати дані про структурний і функціональний стан ЛШ, наявність діастолічної дисфункції, дилатації ЛП та аорти, систолічної дисфункції ПШ, легеневої гіпертензії. Доцільно проводити порівняння з результатами попередніх обстежень.

Незважаючи на беззаперечні переваги запропонованого протоколу, він не містить багатьох структурно-функціональних характеристик, які є ключовими при певних захворюваннях серця, зокрема дані про товщину стінок лівого та правого шлуночків, діаметр стовбура ЛА, час акселерації потоку у виносному тракті ПШ тощо. Автори стандартного протоколу залишають за ехокардіографічними лабораторіями вибір додаткових показників, які можуть бути представлені в описовій частині висновку [4].

*Конфлікту інтересів немає.*

*Участь авторів: концепція і дизайн дослідження редактування — Л. Ж.; збір і обробка матеріалу, написання тексту — О. Я.*



## Література

1. Baumgartner H., Hung J., Bermejo J. et al. Echocardiographic Assessment of Valve Stenosis: EAE/ASE Recommendations for Clinical Practice Journal of the American Society of Echocardiography // J. Am. Soc. Echocardiogr. — 2009. — Vol. 22. — P. 1–23.
2. Baumgartner H., Hung J., Bermejo J. et al. Recommendations on the Echocardiographic Assessment of Aortic Valve Stenosis: A Focused Update from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography // J. Am. Soc. Echocardiogr. — 2017. — Vol. 30, N 4. — P. 372–392.
3. Erbel R., Aboyans V., Boileau C. et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases // Eur. Heart J. — 2014. — Vol. 35. — P. 2873–2926.
4. Galderisi M., Cosyns B., Edvardsen T. et al. Standardization of adult transthoracic echocardiography reporting in agreement with recent chamber quantification, diastolic function, and heart valve disease recommendations: an expert consensus document of the European Association of Cardiovascular Imaging // Eur. Heart J. Cardiovascular Imaging. — 2017. — Vol. 18. — P. 1301–1310.
5. Galie N., Humbert M., Vachiery J. L. et al. 2015 ESC/ ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension // Eur. Heart J. — 2016. — Vol. 1. — P. 67–119.
6. Gardin J. M., Adams D. B., Douglas P. S. et al. Recommendations for a standardized report for adult transthoracic echocardiography: a report from the American Society of Echocardiography's Nomenclature And Standards Committee and Task Force for a standardized echocardiography report // J. Am. Soc. Echocardiogr. — 2002. — Vol. 15. — P. 275–290.
7. Henry W. L., DeMaria A., Gramiak R. et al. Report of the American Society of Echocardiography Committee on Nomenclature and Standards in Two-Dimensional Echocardiography // Circulation. — 1980. — Vol. 62. — P. 212–217.
8. 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 // J. Am. Soc. Echocardiogr. — 2015. — Vol. 28, N 1. — P. 1–39.
9. Mitchell C., Rahko P. S., Blauwet L. A. et al. Guidelines for performing a comprehensive transthoracic echocardiographic examination in adults: Recommendations from the American Society of Echocardiography // J. Am. Soc. Echocardiogr. — 2019. — Vol. 32, N 1. — P. 1–64.
10. 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, N 4. — P. 277–314.
11. Picard M. H., Adams D., Bierig S. M. et al. American Society of Echocardiography recommendations for quality echocardiography laboratory operations // J. Am. Soc. Echocardiogr. — 2011. — Vol. 24. — P. 1–10.
12. 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. Heart J. — 2016. — Vol. 37. — P. 2129–2200.
13. Quiñones M. A., Otto C. M., Stoddard M. et al. Recommendations for Quantification of Doppler Echocardiography: A Report From the Doppler Quantification Task Force of the Nomenclature and Standards Committee of the American Society of Echocardiography // J. Am. Soc. Echocardiogr. — 2002. — Vol. 15, N 2. — P. 167–184.
14. Rudski L. G., Lai W. W., Afilalo J. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults: A Report from the American Society of Echocardiography // J. Am. Soc. Echocardiogr. — 2010. — Vol. 23, N 7. — P. 685–713.
15. Vahanian A., Alfieri O., Andreotti F. et al. Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012) // Eur. Heart J. — 2012. — Vol. 33. — P. 2451–2496.
16. Williams B., Mancia G., Spiering W. et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension // Eur. Heart J. — 2018. — Vol. 39. — P. 3021–3104.
17. Zoghbi W. A., Adams D., Bonow R. O. et al. Recommendations for Noninvasive Evaluation of Native Valvular Regurgitation A Report from the American Society of Echocardiography Developed in Collaboration with the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance // J. Am. Soc. Echocardiogr. — 2017. — Vol. 30, N 4. — P. 303–371.

## Применение стандартного протокола трансторакальной эхокардиографии в клинической практике

Л. В. Журавлёва, А. А. Янкевич

Харьковский национальный медицинский университет

В настоящее время трансторакальная эхокардиография является мощным и гибким инструментом, который обеспечивает качественное лечение больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Развитие новых технологий и увеличение количества эхокардиографических расчетов требует унифицированного подхода к исследованию и презентации полученных данных. Ежедневная практика демонстрирует значительную вариабельность эхокардиографических протоколов, используемых в разных лечебных учреждениях. Эти расхождения усложняют интерпретацию полученных данных. В 1980 г. Американское общество эхокардиографии (ASE) опубликовало первые рекомендации по проведению эхокардиографического исследования. Позднее были предложены новые ультразвуковые методы (непрерывно-волновая, импульсная, тканевая доплерография, стресс-эхокардиография, чреспищеводная эхокардиография, контрастное исследование, технология отслеживания меток) и эхокардиография стала еще более сложной. В 2011 г. экспертами ASE были опубликованы детальные рекомендации по оборудованию эхокардиографической лаборатории, требования к квалификации медицинского персонала, тщательному отбору больных, протоколу исследования и презентации результатов. В 2019 г. рекомендации относительно последовательности проведения эхокардиографии и получения данных были предложены ASE для широкого использования. Другая организация — Европейская ассоциация сердечно-сосудистой визуализации (EACVI) сфокусировала внимание на проблеме презентации данных. В 2017 г. EACVI опубликовала предложения экспертов по стандартизации эхокардиографического рапорта.

В статье проанализировано и объяснено значение показателей стандартного протокола для клинической практики. Протокол включает оценку размеров и объемов камер сердца вместе с доплеровскими показателями гемодинамики, которые подтверждены и задокументированы в многочисленных исследованиях. Кроме эхокардиографических данных, стандартный протокол содержит идентифицирующую информацию о пациенте, антропометрических данных, частоте сердечных сокращений, артериальном давлении и основных технических характеристиках ультразвукового сканера. Внедрение универсальной системы презентации результатов в рутинную практику будет способствовать улучшению общего качества предоставления медицинской помощи.

**Ключевые слова:** сердечно-сосудистые заболевания, трансторакальная эхокардиография, стандартный протокол, позиция экспертов, клиническая практика.

## Use of standard report of transthoracic echocardiography in clinical practice

L. V. Zhuravlyova, O. O. Yankevych

Kharkiv National Medical University

Recently, transthoracic echocardiography has become a powerful and flexible diagnostic tool providing high quality management of patients with cardiovascular diseases. Development of new technologies and growing number of echocardiographic quantifications require a unified approach to the study and presentation of obtained data. Meanwhile, daily practice demonstrates significant variability of echocardiographic reports which are in use in different hospitals. This discrepancy makes the interpretation of obtained data difficult. In 1980, American Society of Echocardiography (ASE) published first recommendations for performing echocardiographic study. Later, some new ultrasound methods were developed (continuous wave, pulse wave, tissue doppler, stress-echocardiography, transesophageal echocardiography, contrast study, speckle-tracking technology) and echocardiography became even more complicated. In 2011, detailed recommendations for an echocardiographic laboratory equipment, medical staff qualification, careful selection of patients, study reports and results presentation were published by ASE experts. In 2019, recommendations for step-by-step performance of echocardiography and data collection were proposed for wide use by ASE. Another organization – European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) focused attention on the problem of data presentation. In 2017 EACVI published expert consensus for standardization of echocardiographic reporting.

The article analyzes and explains the significance of standard report parameters for clinical practice. The report includes assessment of heart chambers dimensions and volumes, together with doppler derived hemodynamic features, which are validated and documented in multiple studies. Besides echocardiographic data, standard report also includes patient's identifying information, anthropologic measures, heart rate, blood pressure and main technical characteristics of ultrasound scanner. The implementation of universal reporting system into routine daily practice may improve overall quality of medical service.

**Key words:** cardiovascular diseases, transthoracic echocardiography, standard report, expert position, clinical practice.