

Трансторакальна ехокардіографія в ургентних умовах: протокол FoCUS



**Л. В. Журавльова,
О. О. Янкевич,
Т. А. Рогачова**

Харківський національний
медичний університет

Трансторакальну ехокардіографію раніше проводили лише лікарі ультразвукової діагностики, що затримувало прийняття клінічних рішень. Кардіологи, реаніматологи та лікарі інших спеціальностей залежали від висновків фахівців з ультразвукової діагностики, що створювало значні незручності, зокрема несвоєчасне отримання діагностичної інформації. Однак в ургентних ситуаціях, таких як тампонада серця, тромбоемболія легеневої артерії, шок чи клінічна смерть, швидка діагностика життєво необхідна.

FoCUS (Focused Cardiac Ultrasound) — це спрощений протокол ехокардіографії, який дає змогу лікарям різних спеціальностей оцінити критичні параметри серця без затримок. Для FoCUS достатньо базового ультразвукового апарата із секторним або конвексним датчиком, що дає змогу проводити дослідження у В-режимі. Основні позиції для сканування — парастернальна, апікальна та субкостальна, що забезпечує необхідну візуалізацію серцевих структур. Дослідження за протоколом FoCUS дає змогу виявити наявність перикардального випоту, оцінити його об'єм, глобальну скоротливість лівого шлуночка, виявити дилатації правого шлуночка та визначити центральний венозний тиск за характеристиками нижньої порожнистої вени. Важливою перевагою методики є швидка діагностика небезпечних станів в умовах реанімації. Простота виконання дослідження не потребує глибокої спеціалізації у сфері ехокардіографії. Його можна проводити навіть портативним апаратом для ультразвукової діагностики. Результати ехокардіографії в ургентних умовах допомагають прийняти життєво важливі рішення, наприклад, чи потрібне негайне хірургічне втручання або зміна терапії.

Отже, FoCUS — це ефективний, швидкий і практичний метод оцінки стану серця в ургентних умовах, який дає змогу лікарям-реаніматологам, кардіологам, анестезіологам та іншим спеціалістам оперативно приймати рішення щодо лікування. Метод легко опанувати. Він має бути широко інтегрований у рутинну клінічну практику.

Ключові слова:

ехокардіографія, протокол FoCUS, ургентні умови, клінічна практика.

Тривалий час ехокардіографія (ЕхоКГ) була прерогативою лікарів ультразвукової діагностики (УЗД). Кардіологи, кардіохірурги, реаніматологи, терапевти та сімейні лікарі досі значною мірою залежать від висновку спеціалістів із ультразвукового дослідження. Це створює певні незручності через затримку інформації та її статичний характер. Однак така ситуація донедавна сприймалася як належна. По-перше, ультразвукова діагностика — це окрема медична спеціальність, яка потребує тривалого (курс спеціалізації — 3 міс) навчання, а потім постійного вдосконалення. По-друге, ультразвукова апаратура — це дороге обладнання, яке потребує догляду й правильного використання. По-третє, ультразвукове дослідження серця — це тривалий процес. За рекомендаціями Британського товариства з ехокардіографії на стандартне трансторакальне ехокардіографічне дослідження з формулюванням висновку спеціалісту потрібно витратити 40–45 хв [24].

Можна навести ще кілька причин того, чому ЕхоКГ досі виконують переважно спеціалісти з ультразвукової діагностики, але ця ситуація під впливом потреб клінічної практики поступово змінюється. В ургентних

КОНТАКТНА ІНФОРМАЦІЯ

CORRESPONDING AUTHOR

**Журавльова
Лариса Володимирівна**

д. мед. н., проф., зав. кафедри
внутрішньої медицини №3
та ендокринології

E-mail: lv.zhuravlova@knu.edu.ua

<http://orcid.org/0000-0002-0051-3530>

Отримано • Received
31/03/2025

Прийнято до друку • Accepted
23/04/2025

Опубліковано • Published
19/06/2025

© 2025 Автори • Authors

Опубліковано на умовах ліцензії CC BY-ND 4.0
Published under the CC BY-ND 4.0 license

умовах, коли стан пацієнта погіршується за лічені хвилини та навіть секунди, часу на очікування сертифікованого спеціаліста з УЗД немає. Навіть при зразково організованій роботі в лікувальному закладі та постійному (24 год/7 днів) чергуванні лікаря УЗД, він може не встигнути дістатися до пацієнта, щоб допомогти з визначенням тактики лікування. Коли такий несприятливий сценарій можливий? Наприклад, при тампонаді серця, тромбоемболії легеневої артерії (ТЕЛА), набряку легень, шоківому стані, клінічній смерті.

Ургентні ситуації завдяки УЗД значно швидше розпізнаються, діагностика є точнішою, а лікування — ефективнішим. Крім того, під контролем ультразвуку проведення невідкладних маніпуляцій є безпечнішим. Прикладами застосування ультразвуку в блоці інтенсивної терапії в кардіологічних пацієнтів під час медичних втручань є пункції вен і артерій, пункції перикарда, плевральної або черевної порожнини, трансвенозна кардіостимуляція та інтубація трахеї.

У лікарів різних спеціальностей є потреба в застосуванні УЗД біля ліжка хворого. Насамперед це стосується невідкладних станів, значний інтерес також становить використання УЗД як інструмента, що доповнює класичне фізикальне обстеження. Розширенню можливостей використання УЗД у клінічній практиці сприяло вдосконалення технологічних рішень, зокрема поява портативних приладів.

Для стандартизації використання УЗД в ургентних умовах експертними товариствами був запропонований загальний підхід POCUS (point of care ultrasound), до якого належать спеціалізовані протоколи FoCUS (focused cardiac ultrasound), RUSH (rapid ultrasound for shock and hypotension), FAST (focused assessment with sonography for trauma), BLUE (bed lung ultrasound in emergency) тощо. Комбіноване застосування POCUS, наприклад, BLUE разом із FoCUS, підвищує точність діагностики в складних клінічних ситуаціях [9]. У контексті обстеження пацієнтів з кардіологічною патологією в статті розглянуто основні аспекти протоколу FoCUS [13]. Згідно з цим протоколом необхідно отримати відповіді щонайменше на чотири запитання:

1. Чи є випіт у перикардальній порожнині. Якщо є, то який його об'єм?
2. Яка глобальна скоротливість лівого шлуночка (ЛШ)?
3. Чи є розширення правого шлуночка (ПШ)?
4. Який центральний венозний тиск (ЦВТ)?

Детальніше зв'язок між ультразвуковими даними та клінічною картиною розглянуто в інших розділах статті. Кожний діагностичний крок за протоколом FoCUS має на меті прийняття

конкретного рішення щодо невідкладного лікування. За наявності тампонади серця це перикардіоцентез. При значному зниженні скоротливості ЛШ та гіпотензії — застосування інотропних препаратів. При розширенні ПШ і клінічно обґрунтованій підозрі щодо ТЕЛА — комп'ютерна томографія органів грудної клітки в ангіорежимі або навіть одразу проведення тромболізу, якщо немає часу на подальші діагностичні процедури через критичний стан пацієнта. При високому ЦВТ і ознаках застійної серцевої недостатності (СН) — застосування діуретиків. При низькому ЦВТ — відновлення об'єму циркулюючої крові.

Зрозуміло, що прийняття рішень щодо лікування ґрунтується на всій сукупності клініко-діагностичної інформації, а не лише на результатах УЗД, але ургентна ЕхоКГ у багатьох випадках відіграє ключову роль у діагностичному процесі.

FoCUS не завжди дає результати, ідентичні повноцінному ехокардіографічному дослідженню. Тому лікарі, які використовують POCUS, мають пройти відповідне навчання, уміти оцінювати результати в клінічному контексті та за можливості переглядати зображення разом з експертом [5].

Обладнання для FoCUS

Для проведення дослідження за протоколом FoCUS достатньо мати ультразвукове обладнання в базовій комплектації з можливістю застосувати двовимірний В-режим, М-режим, кольоровий, спектральний і тканинний доплерівський режим. Не в кожному випадку всі ці опції будуть використані, але бажано, щоб вони були в наявності, якщо виникне в них потреба при пошуку відповіді на певне клінічне питання. Для проведення FoCUS підходять як стаціонарні ультразвукові платформи експертного класу, так і «кишенькові» портативні прилади з обмеженим функціоналом. В умовах обмежених технічних можливостей мінімальною вимогою є наявність двовимірного В-режиму УЗД. Серед функцій налаштувань В-режиму мають бути посилення (gain) та глибина (depth) зображення. Прилад має бути укомплектований датчиком, частота якого дає змогу обстежити дорослу людину. Оптимально, це — секторний (кардіальний) датчик, також можна застосовувати універсальніший конвексний (абдомінальний) датчик. Оскільки при FoCUS проводять лише якісну оцінку розмірів і співвідношень структур серця, електронний каліпер для вимірювань не обов'язковий, але на екрані має бути шкала глибини для приблизних розрахунків. Важливо, щоб була можливість зберігати зображення та відеокліпи в форматі DICOM у цифровому архіві [2].

У цілому основною вимогою до обладнання для проведення FoCUS є наявність будь-якого справного ультразвукового апарата із секторним або конвексним датчиком.

Важливо, що кардіальне УЗД є безпечним методом діагностики та не потребує статичного положення пацієнта [20].

Стандартні позиції FoCUS

Основну інформацію за протоколом FoCUS можна отримати з трьох основних позицій (акустичних вікон), які є обов'язковими також для стандартної трансторакальної ехокардіографії [16].

Парастернальна позиція: датчик розташовують зліва від груднини зазвичай у третьому або четвертому міжребер'ї. Значення має не фактичне розташування датчика на тілі пацієнта, а те, яке зображення вдається отримати на екрані. Анатомія в людей має певні варіації, тому розташування датчика може дещо відрізнятись в конкретному випадку.

Якщо мітка датчика спрямована на праве плече пацієнта, то це парастернальна позиція по довгій вісі серця (візуалізується аорта, аортальний клапан, ліве передсердя, мітральний клапан, ЛШ), якщо вона спрямована на ліве плече пацієнта, то це парастернальна позиція по короткій вісі серця (візуалізуються ПШ і ЛШ у поперечному перерізі, якщо ще нахилити датчик вгору — аортальний клапан, легеневий клапан, стовбур легеневої артерії (ЛА), виносний тракт ПШ, праве та ліве передсердя).

Найкраща візуалізація при парастернальній позиції досягається, якщо пацієнт лежить на лівому боці з лівою рукою під головою. В ургентних умовах не завжди можна розташувати пацієнта в цьому положенні, тому доводиться проводити дослідження в положенні лежачи на спині. При цьому візуалізація серця зазвичай погіршується.

Апікальна позиція: датчик розташовують у ділянці верхівки серця. Це приблизно п'яте міжребер'я по лівій середньоключичній лінії. Нахил датчика — уздовж віртуальної довгої вісі серця. Якщо мітка датчика спрямована вліво приблизно на 4–5 год, то це апікальна чотирьохкамерна позиція (візуалізуються чотири камери серця: шлуночки та передсердя), при нахилі датчика вгору — апікальна п'ятикамерна позиція (візуалізуються чотири камери серця та аорта з аортальним клапаном). Якщо мітка датчика спрямована на ліве плече, то це апікальна двохкамерна позиція (візуалізуються лівий шлуночок і передсердя).

Найкраща візуалізація при апікальній позиції досягається, якщо пацієнт лежить на лівому боці з лівою рукою під головою. Завдяки тому, що

в апікальній позиції можна отримати повне «необрізане» зображення камер серця, це акустичне вікно часто надає більше інформації ніж інші.

Субкостальна позиція: датчик розташовують під мечоподібним відростком. Нахил датчика — уздовж віртуальної довгої вісі серця. Якщо мітка датчика спрямована вліво приблизно на 3 год, то візуалізуються чотири камери серця, при нахилі датчика вгору — ще аорта з аортальним клапаном. Якщо датчик повернути з попередньої позиції приблизно на 90° (мітка датчика вгору) — це буде сканування по короткій вісі серця, і, що важливо, уздовж нижньої порожнистої вени (НПВ).

Найкращу візуалізацію зі субкостальної позиції можна отримати в положенні пацієнта лежачи. Іноді, це єдина позиція, яка дає змогу дослідити серце.

У певних ситуаціях за потреби дослідження розширюють і застосовують додаткові позиції. Зокрема при підозрі на дисекцію аорти слід дослідити дугу аорти зі супрастернальної позиції (датчик розташовують в яремній вирізці).

Аналіз та інтерпретація даних мають ґрунтуватися на інформації, отриманій із трьох стандартних проєкцій.

Інтерпретація даних FoCUS

Перикардіальний випіт

В ургентних умовах виявлення перикардіального випоту дає змогу визначитися, чи потрібне проведення ургентного перикардіоцентезу, тобто чи є в пацієнта тампонада серця. Рідина в перикарді виглядає як анехогенний простір навколо серця. У деяких випадках ехогенність плеврального випоту може збільшуватися, наприклад, якщо це кров, внутрішньоперикардіальний тромб або запальний ексудат із нитками фібрину. Оскільки загальну кількість рідини розрахувати складно, оцінити розмір перикардіального випоту пропонують за максимальною товщиною шару рідини. Випіт < 10 мм вважається невеликим, 10–20 мм — помірним, > 20 мм — великим. Невеликий ідіопатичний випіт зазвичай безсимптомний, має сприятливий прогноз і не потребує специфічного моніторингу але помірний або великий випіт можуть прогресувати й спричинити тампонаду серця в третині випадків. Тому помірний або великий перикардіальний випіт потребує ЕхоКТ-моніторингу кожні 3–6 міс.

При діагностиці тампонади серця кількість рідини в перикарді має певне значення, але специфічнішими є інші ознаки: «плаваюче» серце, ранній діастолічний колапс ПШ, пізній діастолічний колапс правого передсердя, ненормальний рух міжшлуночкової перегородки, підвищена респіраторна варіабельність (> 25%) швидкості

трансмітрального кровотоку, інспіраторне зменшення та експіраторне підсилення швидкості діастолічного току крові в легеневиx венах, респіраторна варіабельність розмірів шлуночків серця та швидкості току крові крізь аортальний клапан (аналог парадоксального пульсу), розширення НПВ і відсутність її колабування на вдиху. Виявлення ехокардіографічних ознак тампонади серця потребує певного досвіду та наявності імпульсного доплера в конфігурації ультразвукового обладнання. Тому в ургентних умовах факт наявності значного перикардіального випоту важливо зіставити з відповідною клінічною картиною. Для тампонади серця характерні тахікардія, гіпотензія, парадоксальний пульс, підвищений тиск в яремних венах, приглушеність тонів серця. На електрокардіограмі може бути зниження вольтажу з електричною альтернацією. На рентгенограмі грудної клітки — збільшення силуету серця [1].

Глобальна систолічна функція лівого шлуночка

Оцінка глобальної систолічної функції ЛШ в ургентних умовах має вирішальне значення для виявлення СН. Від цього залежить призначення препаратів, здатних стабілізувати стан пацієнта (симпатоміметики, діуретики, нітрати), а також рішення про механічну підтримку (внутрішньо-аортальний балонний насос, екстракорпоральна мембранна оксигенація тощо).

Найбільш дослідженим і популярним методом оцінки систолічної функції ЛШ є фракція викиду (ФВ). Це відсоткове співвідношення ударного об'єму та кінцеводіастолічного об'єму ЛШ. Загально визнаним і рекомендованим для визначення ФВ методом є біплановий метод дисків (Сімпсона) [12]. Він точно відображує ФВ ЛШ навіть у випадках, якщо є локальні порушення скоротливості, наприклад, при інфаркті міокарда [11].

При проведенні FoCUS метод Сімпсона не застосовують через низку обмежень. Визначення ФВ ЛШ за Сімпсоном потребує доброї візуалізації ендокарда, якої в ургентних умовах складно досягти. Для отримання даних потрібен певний час, а розрахунки можливі лише якщо ультразвуковий апарат має спеціалізовані кардіальні передустановки. Тому методом вибору при FoCUS є візуальна оцінка ФВ ЛШ. Суб'єктивна природа візуальної оцінки компенсується швидкістю отримання результату, який, при накопиченні відповідного досвіду в лікаря, може наблизитися до такого за методом Сімпсона. Оцінка ґрунтується на дослідженні амплітуди руху ендокарда та ступеня потовщення стінок ЛШ. Цікаво, що

людське око здатне легко помітити різницю між нормальним і значно зниженим скороченням ЛШ. Навчання з використанням референтних зображень порушень скоротливості дуже швидко поліпшує точність візуальної оцінки.

Як і при інших методах оцінки, візуальну ФВ ЛШ можна представляти у відсотках, але на практиці достатньо виділення трьох категорій: збережена (ФВ > 50%), помірно знижена (ФВ 40–49%), знижена (ФВ < 40%). Така класифікація повністю відповідає рекомендаціям Європейського товариства кардіологів щодо визначення систолічної функції ЛШ і сприяє порозумінню між колегами [15].

Результат візуальної оцінки є наслідком синтезу інформації, отриманої під час сканування в трьох основних ехокардіографічних позиціях (парастернальній, апікальній, субкостальній). Наприклад, локальні порушення скоротливості міокарда можуть бути виявлені лише в одній позиції та вплинути на підсумкову оцінку систолічної функції ЛШ. Цікаво, що спроби залучити технологію штучного інтелекту у визначення ФВ ЛШ продемонстрували обнадійливі результати [17].

Як додаткові критерії оцінки систолічної функції ЛШ можна розглянути мітрально-септальну сепарацію, амплітуду руху мітрального фіброзного кільця та глобальний поздовжній стрейн. Рутинне застосування додаткових способів визначення систолічної дисфункції недоцільне через збільшення тривалості та складності дослідження FoCUS, яке має бути швидким і простим.

Збільшення правого шлуночка

Збільшення розмірів ПШ може бути спричинене низкою хронічних захворювань. Це можуть бути певні вроджені вади серця, ідіопатична легенева гіпертензія, легеневе серце при захворюваннях дихальної системи. В контексті симптомів, які гостро виникли, збільшення порожнини ПШ може бути виявом ТЕЛА та вказувати на її тяжкий перебіг. З практичного погляду, FoCUS є першим кроком у менеджменті пацієнта з підозрою на ТЕЛА. Потім проводять компресійне УЗД глибоких вен нижніх кінцівок, комп'ютерну томографію органів грудної клітки з контрастуванням ЛА, а у випадку виразної гемодинамічної нестабільності можливе виконання тромболізу лише на підставі результатів FoCUS.

Найінформативнішою позицією, яка дає змогу оцінити ПШ порівняно з ЛШ, є апікальна чотирихкамерна. Важливо побачити на екрані повне «необрізане» зображення обох шлуночків. У нормі розмір ПШ з цієї позиції не перевищує дві третини від розміру ЛШ. Якщо розмір ПШ дорівнює або перевищує розмір ЛШ,

то це свідчить про його дилатацію. Крім того, у нормі ЛШ візуально формує більшу частину верхівки серця. Якщо більшу частину верхівки займає ПШ, то це ознака його дилатації. Інші ехокардіографічні позиції також корисні для підтвердження дилатації та підвищеного тиску в ПШ. Наприклад, парастернальна позиція по короткій вісі дає змогу виявити особливу форму ЛШ у вигляді літери D, де сплюснена міжшлуночкова перегородка буде ознакою підвищеного тиску в ПШ. З цієї позиції на рівні великих судин можна побачити ознаку легеневої гіпертензії — дилатацію стовбура ЛА (її діаметр перевищуватиме діаметр аорти). Іноді FoCUS дає змогу безпосередньо візуалізувати тромби в ЛА, ПШ, правому передсерді або НПВ.

Якщо є можливість застосувати імпульсний доплер, то можна підтвердити наявність підвищеного тиску в ЛА: систолічного — за градієнтом регургітації на трикуспідальному клапані, середнього та діастолічного — за градієнтом регургітації на легеневому клапані. Крім того, двофазний характер потоку з прискореною акселерацією в стовбурі ЛА свідчить про існування гіпертензії внаслідок перешкоди (обструкції) в ЛА [21].

Зниження амплітуди руху фіброзного кільця трикуспідального клапана (tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE)) може свідчити про тяжку систолічну дисфункцію ПШ унаслідок легеневої гіпертензії. Схожі зміни можуть спостерігатися при нижньому інфаркті міокарда із залученням ПШ. Диференційна діагностика між цими двома небезпечними захворюваннями може бути складним завданням. При інфаркті міокарда нижньої локалізації із залученням ПШ ознак легеневої гіпертензії не буде. За винятком ситуації, коли інфаркт міокарда ускладнений дефектом міжшлуночкової перегородки або мітральною недостатністю.

Таким чином, УЗД дає змогу виявити багато деталей при ТЕЛА, але для потреб швидкого діагностичного тесту, яким є FoCUS, достатньо встановити лише факт наявності дилатації ПШ.

Центральний венозний тиск

Тиск у правому передсерді, який власне є ЦВТ, можна візуально оцінити за діаметром НПВ і змінами цього діаметра під час респіраторного циклу. Під час вдиху внутрішньогрудний тиск знижується, а внутрішньочеревний — підвищується, це спричиняє збільшення притоку венозної крові до серця [4]. У цей момент діаметр НПВ у нормі зменшується. Збільшення діаметру НПВ > 20 мм і зниження респіраторної варіабельності (співвідношення діаметра вени під час звичайного вдиху та видиху) < 20 % свідчить про підвищений ЦВТ.

Традиційно для визначення ЦВТ пацієнту пропонують чмихнути. При цьому співвідношення діаметра вени до та під час чмихання < 50 % вказує на підвищення ЦВТ. Зрозуміло, що в ургентних умовах, в яких проводиться FoCUS, повноцінне виконання чмихання пацієнтом часто неможливе. Підвищення ЦВТ має місце в багатьох клінічних ситуаціях, зокрема при тампонаді серця, ТЕЛА, правошлуночкової або бівентрикулярній СН, фібриляції передсердь, деяких уроджених вадах серця. Невідкладне лікування цих патологічних станів відрізняється та спрямоване на ліквідацію причини підвищеного ЦВТ.

Зменшення діаметра НПВ < 12 мм і збільшення респіраторної варіабельності аж до повного колапсу вени під час вдиху свідчить про зменшення об'єму циркулюючої крові (ОЦК). Це може бути результатом дегідратації або кровотечі. В ургентних умовах виявлення низького ЦВТ допоможе не лише в пошуках причини погіршення стану пацієнта, а й визначити напрямок подальшого лікування — це інфузійна терапія для відновлення ОЦК.

Нижню порожнисту вену досліджують із субкостальної позиції по короткій вісі серця з напрямком сканування вздовж хребта. Слід пам'ятати, що НПВ виглядає як тубулярна структура з анехогенним внутрішнім просвітом, що впадає в праве передсердя. Аорта в черевному відділі розташовується зліва поруч із НПВ, тому дослідник-початківець може іноді їх сплутати. Відрізнити ці дві судини допомагає пульсація аорти, відсутність респіраторної варіабельності, рівномірний діаметр округлої форми, відсутність з'єднання з правим передсердям. Візуалізація обох судин одночасно в поперечному доступі дає змогу остаточно ідентифікувати ці структури.

Звіт про дослідження FoCUS

Вимоги до звітності про результат FoCUS мінімальні. В ургентних умовах з отриманою інформацією достатньо ознайомити колег вербально. Однак, рекомендують зберегти в пам'яті приладу УЗ-зображення та відеокліпи, які можна згодом використати для інтерпретації експертами. Паперовий або електронний звіт доцільно підготувати до переведення пацієнта з блоку інтенсивної терапії до кардіологічного або іншого відділення. Звіт має містити такі дані [23]:

- дата та час проведення дослідження;
- прізвище, ім'я по батькові та номер історії хвороби пацієнта;
- вік пацієнта, дата народження та стать;
- ім'я особи, яка проводила та інтерпретувала дослідження;
- висновки.

У висновках мають бути обов'язково представлені результати дослідження чотирьох основних компонентів: перикардіальний випіт, глобальна систолічна функція ЛШ, ПШ, ЦВТ. Решта результатів, які, на думку дослідника, мають важливе клінічне значення, можуть бути наведені як додаткова інформація (локальні порушення скоротливості міокарда, гіпертрофія міокарда, дилатація порожнин серця, порушення клапанів серця, наявність легеневої гіпертензії тощо). Важливо усвідомлювати, що об'єм та якість додаткової інформації значною мірою залежать від досвіду дослідника, а також від конкретної клінічної ситуації. Ургентні умови потребують методологічних обмежень, тому можливо, що розділ «додаткова інформація» часто залишатиметься незаповненим. Іноді візуалізація серця настільки незадовільна, що навіть на основні запитання FoCUS відповісти складно або неможливо. У таких випадках по кожному пункту слід

зробити примітку: «візуалізація субоптимальна», коли щось видно, але непевно, або «візуалізація незадовільна», коли взагалі нічого не видно.

Уніфікований шаблон звіту про результати FoCUS експертною спільнотою не запропонований. Автори статті використовують шаблон, наведений на рисунку.

Основні клінічні ситуації, які потребують FoCUS

Травма серця

Наявність перикардіального випоту може свідчити про ураження серця при травмі грудної клітки. Зниження скоротливості міокарда може бути результатом тупої травми серця. У контексті травми дослідження FoCUS має бути розширеним для виявлення пневмотораксу, плеврального випоту та вільної рідини в черевній порожнині. Таким чином, це вже буде дослідження за спеціалізованим протоколом FAST.

Назва лікувального закладу _____

Дата: _____

Час: _____

ПІБ пацієнта: _____

Номер історії хвороби: _____

Дата народження: _____

Стать: _____

Дослідження провів лікар: _____

Ехокардіографія в ургентних умовах (FoCUS)

Показник	Результат	Варіанти
Перикардіальний випіт		Немає Невеликий (< 1 см) Помірний (1—2 см) Великий (> 2 см)
Глобальна систолічна функція лівого шлуночка (ФВ)		Збережена (> 50 %) Помірно знижена (40—49 %) Знижена (< 40 %)
Правий шлуночок		Норма Дилатація (ПШ > ЛШ)
Центральний венозний тиск (НПВ)		Норма (12—20 мм) Знижений (< 12 мм) Підвищений (> 20 мм, не колабує > 20 % при спокійному диханні)
Додаткова інформація:		

Рисунок. Шаблон звіту про результати FoCUS, який використовують автори статті

Зупинка серця

Виявлення та лікування потенційно зворотних причин зупинки серця має особливе значення. Для цього застосовують УЗД [22].

Під час реанімаційних заходів рекомендовано використовувати одну ехокардіографічну проекцію з найкращою візуалізацією серця (найчастіше це субкостальна проекція). Отримання зображення та запис відеокліпу здійснюють не довше 10 с під час перевірки ритму серця пацієнта через кожні 2 хв реанімаційних заходів. Алгоритм дослідження такий: під час першої перевірки ритму — виявлення перикардіального випоту як можливого вияву тампонади. При тампонаді проводять ургентний перикардіоцентез; під час другої перевірки пульсу — виявлення дилатації ПШ як можливого вияву ТЕЛА. Якщо цей діагноз є найвірогіднішим, то проводять тромболізіс одночасно з реанімаційними заходами, під час третьої перевірки пульсу — виявлення наявності серцевої діяльності (скорочення шлуночків).

Під час непрямого масажу можна проводити пошук низки патологій, які можуть впливати на успішність реанімаційних заходів, наприклад, значний пневмоторакс, плевральний випіт, вільна рідина в черевній порожнині. Крім того, ЕхоКГ дає змогу відрізнити справжню електромеханічну дисоціацію від несправжньої, при якій візуалізуються скорочення серця, тоді як пульс не пальпується. При несправжній електромеханічній дисоціації шансів на виживання більше, зокрема, оскільки причина зупинки серця в цьому випадку зазвичай має зворотний характер [6]. Прогностична точність УЗД при зупинці серця має не самостійне значення, а доповнює загальні клінічні дані [18].

Гіпотензія та шок

Основне завдання УЗД при гіпотензії неясного походження — визначити, чи є вона виявом кардіогенного шоку при СН, обструктивного шоку при ТЕЛА, гіповолемічного шоку при кровотечі або дистрибутивного шоку при сепсисі [20]. Шок потребує агресивного лікування, щоб запобігти дисфункції життєво важливих органів унаслідок зниженої перфузії тканин.

На користь кардіогенного шоку при СН може свідчити систолічна дисфункція ЛШ та/або ПШ. Якщо FoCUS показує знижену ФВ ЛШ, то доцільне негайне застосування інотропних препаратів, діуретиків, нітратів, механічної апаратної підтримки кровообігу. Якщо шок виник через зниження скоротливості ПШ при гострому інфаркті міокарда, то потрібна інша тактика — стимуляція за принципом Франка-Старлінга завдяки інфузії фізіологічного розчину натрію

хлориду. Визначення скоротливості ПШ не входить в обов'язковий протокол FoCUS, але має розглядатися як опція при підозрі на гострий інфаркт міокарда ПШ або бівентрикулярну недостатність. Найпопулярнішим і простим показником скоротливості ПШ упродовж багатьох років є TAPSE. На зниження скоротливості ПШ указує TAPSE < 17 мм.

Про обструктивний шок унаслідок ТЕЛА свідчать дилатація ПШ, легенева гіпертензія та виявлення тромбів у ЛА. Лікування цього різновиду шоку специфічне — найчастіше системний тромболізіс. Позитивний ефект від тромболізісу спостерігається майже негайно, але він може призвести до тяжких геморагічних ускладнень. Тому зусилля щодо підтвердження тромбоемболічної етіології шоку важко переоцінити. В умовах шоку діагностика має бути максимально швидкою, щоб не затримувати з прийняттям рішення про проведення тромболізісу. Якщо комп'ютерну томографію грудної клітки в ангіорежимі провести неможливо, то має бути проведено компресійне УЗД глибоких вен нижніх кінцівок із використанням лінійного або конвексного датчика. Виявлення тромбозу в глибоких венах підсилить упевненість у діагнозі ТЕЛА, хоч і не підтвердить напевно. Важливе значення має виявлення легеневої гіпертензії за допомогою імпульсного (двофазний кровотік у стовбурі ЛА) та безперервного (виявлення максимальної швидкості трикуспідальної регургітації > 2,8 м/с) доплера. Виявлення легеневої гіпертензії дасть змогу наблизитися до діагнозу ТЕЛА, але не може гарантувати точну діагностику цього стану. Виявлення дилатації ПШ також є неспецифічною ехокардіографічною ознакою ТЕЛА, але в умовах клінічної смерті навіть її наявності достатньо для прийняття рішення про проведення тромболізісу.

Гіповолемічний шок при кровотечі та дистрибутивний шок при сепсисі мають схожу ехокардіографічну картину. В обох випадках НПВ має малий діаметр і максимально колабує при диханні. При цьому серце само по собі виглядає нормально: камери не розширені, а скоротливість навіть підвищена (якщо пацієнт не має попередньої тяжкої хвороби серця).

Задихка

Найважливішим завданням FoCUS у пацієнта із задихкою є визначення її генезу. Важливо з'ясувати, чи пов'язана задихка з ураженням серцево-судинної чи іншої системи (насамперед дихальної). Кардіальний генез задихки можна запідозрити, якщо будь-який із основних компонентів FoCUS демонструє порушення.

Наприклад, наявність великого перикардіального випоту, дилатації ПШ, зниження скоротливості ЛШ або підвищеного ЦВТ. Багато кардіальних проблем, які можуть спричинити задишку, поза межами діагностичних можливостей короткого дослідження FoCUS. Тому доводиться розширювати дослідження до повноцінної трансторакальної ехокардіографії із розрахунком розмірів порожнин серця, оцінкою функції клапанів, визначенням легеневої гіпертензії та діастолічної дисфункції шлуночків.

В ургентних умовах УЗД легень дає змогу швидко виявити причини задишки, які пов'язані як із серцево-судинною, так і з дихальною системою. Наприклад, плевральний випіт (анехогенний простір між внутрішньою поверхнею грудної стінки та легенею), субплевральна консолідація при пневмонії (гіпоехогенні ділянки під плеврою), набряк легень або полісегментарна пневмонія (В-лінії від плеври), пневмоторакс (відсутність ковзання між листками плеври та наявність «точки легені» — ділянки, де ковзання знов з'являється). Європейська асоціація кардіоваскулярної візуалізації вважає УЗД легень частиною FoCUS [18].

Біль у ділянці серця

Найнебезпечнішими станами, які супроводжуються болем у ділянці серця, є гострий інфаркт міокарда, ТЕЛА та дисекція аорти. У таких випадках FoCUS у комбінації з клінічним обстеженням відіграє важливу роль у виявленні цих патологій та їх диференціації від некардіальних причин болю в серці [3]. У більшості випадків для підтвердження діагнозу виникає потреба в повному ехокардіографічному дослідженні, але навіть після нього часто виникають питання, які потребують застосування ангіографічних технологій.

Важливо пам'ятати, що гострий інфаркт міокарда без елевації сегмента ST зазвичай не призводить до появи сегментарних порушень скоротливості міокарда. Цей тип інфаркту не завжди супроводжується змінами на електрокардіограмі. Гострий інфаркт міокарда з елевацією сегмента ST зазвичай супроводжується появою сегментарних порушень скоротливості міокарда (гіпокінези або акінези) відповідно до зон коронарного кровопостачання. Часто такі зони порушення скоротливості є наслідком інфаркту міокарда, перенесеного в минулому і тому не можуть відображувати гостроту процесу. Визначення сегментарних порушень скоротливості міокарда вважається просунутою навичкою досвідчених дослідників і не входить до протоколу FoCUS. Натомість наявність перикардіального випоту (особливо гемоперикарда при зовнішньому розриві серця), оцінка глобальної скоротливості

ЛШ, наявність дилатації та зниженої скоротливості ПШ, дилатація НПВ у контексті гострого інфаркту міокарда дають змогу визначити напрям невідкладного лікування.

Пояснити біль у грудній клітці наявністю ТЕЛА можуть дилатація ПШ, легенева гіпертензія та виявлення тромбів у ЛА. Спеціалізований протокол FoCUS придатний лише для виявлення дилатації ПШ.

Діагностична ефективність FoCUS щодо виявлення дисекції аорти невелика. Однак на користь дисекції можуть свідчити дилатація висхідної аорти > 40 мм, перикардіальний і плевральний випіт, іноді — візуалізація відшарування інтими. Черезстравохідна ехокардіографія має більшу чутливість і специфічність порівняно з трансторакальним дослідженням. Кожен пацієнт із негативним результатом ЕхоКТ, але обґрунтованою підозрою на дисекцію аорти має бути обстеженим за допомогою комп'ютерної томографії з контрастуванням аорти.

Навчання FoCUS

Дослідження за протоколом FoCUS значно обмежене за кількістю даних, які необхідно отримати. Тому може скластися хибне враження, що процес навчання швидкий і простий. Ургентні умови, в яких проводиться дослідження (незручне положення тіла пацієнта, збуджений стан, дефіцит часу, травми, дренажі, пов'язки), не сприяють отриманню якісного зображення. Універсальних рекомендацій щодо програми тренінгів немає [10].

Рекомендується ознайомлення з теоретичними аспектами ехокардіографії в ургентних умовах. Крім того, важливу роль у навчанні відіграє вивчення колекції зображень і відеокліпів, які описують основні патологічні сценарії. Необхідно розпізнавати не лише патологію, а й норму. Оптимальним є варіант, коли ця колекція створена в закладі, де проводиться навчання, і є експерти, які можуть її інтерпретувати. Ключовим моментом тренування є участь у проведенні FoCUS у реальних умовах клінічної практики. Вважається, що 20—30 тренувальних досліджень під керівництвом досвідченого фахівця може бути достатньо для подальшого самостійного застосування методу [3]. Вимогливіший стандарт навчання передбачає виконання та інтерпретацію 150 трансторакальних ЕхоКТ під наглядом експерта [14]. У сліпому рандомізованому дослідженні не виявлено різниці між навчанням за допомогою портативного ультразвукового апарата та повнофункціонального обладнання щодо якості зображення, тривалості дослідження та рівня впевненості студентів [19].

Висновки

Масштаб застосування FoCUS у клінічній практиці безперервно розширюється завдяки підвищенню зацікавленості лікарів у питаннях менеджменту невідкладних станів. Цьому сприяє збільшення доступності ультразвукового обладнання, накопичення літературних даних щодо практичного застосування методу, розробка

навчальних програм на базі лікувальних закладів. Інтеграція FoCUS у повсякденну діяльність виводить діагностику та лікування небезпечних кардіологічних захворювань на якісно новий рівень. Ургентний протокол FoCUS може стати початком ширшого застосування ультразвукової технології лікарями-клініцистами в рутинній практиці.

Конфлікту інтересів немає.

Участь авторів: концепція і дизайн дослідження, редагування — Л. Ж. В.; збір та опрацювання матеріалу — Т. Р. А.; написання тексту — О. Я. О.

Список літератури

- Adler Y, Charron P, Imazio M, Badano L, Barón-Esquivias G, Bogaert J, Brucato A, Gueret P, Klingel K, Lionis C, Maisch B, Mayosi B, Pavie A, Ristic AD, Sabaté Tenas M, Seferovic P, Swedberg K, Tomkowski W; ESC Scientific Document Group. 2015 ESC Guidelines for the diagnosis and management of pericardial diseases: The Task Force for the Diagnosis and Management of Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) Endorsed by: The European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J*. 2015 Nov 7;36(42):2921-2964. doi: 10.1093/eurheartj/ehv318. Epub 2015 Aug 29. PMID: 26320112; PMCID: PMC7539677.
- Aly I, Rizvi A, Roberts W, et al. Cardiac ultrasound: an anatomical and clinical review. *Transl Res Anat*. 2021;22:100083. doi: 10.1016/j.tria.2020.100083.
- Colony MD, Edwards F, Kellogg D. Ultrasound assisted evaluation of chest pain in the emergency department. *Am J Emerg Med*. 2018;36(4):533-9. doi: 10.1016/j.ajem.2017.09.003.
- Di Nicolò P, Tavazzi G, Nannoni L, Corradi F. Inferior Vena Cava Ultrasonography for Volume Status Evaluation: An Intriguing Promise Never Fulfilled. *J Clin Med*. 2023 Mar 13;12(6):2217. doi: 10.3390/jcm12062217. PMID: 36983218; PMCID: PMC10053997.
- Douflé G, Teijeiro-Paradis R, Morales-Castro D, et al. Point-of-care ultrasound: A case series of potential pitfalls. *Case*. 2022;6(6):284-92. doi: 10.1016/j.case.2022.05.002.
- Gardner KF, Clattenburg EJ, Wroe P, Singh A, Mantuani D, Nagdev A. The Cardiac Arrest Sonographic Assessment (CASA) exam – A standardized approach to the use of ultrasound in PEA. *Am J Emerg Med*. 2017;36(4):729-31. doi: 10.1016/j.ajem.2017.08.052.
- Jian SJZ, Cheng TH, Yen CC. Prognostic accuracy of point-of-care ultrasound in patients with pulseless electrical activity: a systematic review and meta-analysis. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2025;33(1):27. doi: 10.1186/s13049-025-01327-0.
- Johri AM, Glass C, Hill B, et al. The evolution of cardiovascular ultrasound: a review of cardiac point-of-care ultrasound (POCUS) across specialties. *Am J Med*. 2023;136(7):621-8. doi: 10.1016/j.amjmed.2023.02.020.
- Kalagara H, Coker BS, Gerstein NS, Kukreja P, Deriy L, Pierce A, Townsley MM. Point-of-care ultrasound (POCUS) for the cardiothoracic anesthesiologist. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2022;36(4):1132-47. doi: 10.1053/j.jvca.2021.01.018.
- Kirkpatrick JN, Panebianco N, Diaz-Gómez JL, et al. Recommendations for cardiac point-of-care ultrasound nomenclature. *J Am Soc Echocardiogr*. 2024;37(9):809-19. doi: 10.1016/j.echo.2024.05.001.
- Kusunose K, Shibayama K, Iwano H, et al. Reduced variability of visual left ventricular ejection fraction assessment with reference images: the Japanese Association of Young Echocardiography Fellows multicenter study. *J Cardiol*. 2018;72(1):74-80. doi: 10.1016/j.jcc.2018.01.007.
- Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16(3):233-71. doi: 10.1093/ehjci/jev014.
- Labovitz AJ, Noble VE, Bierig M, et al. Focused cardiac ultrasound in the emergent setting: a consensus statement of the American Society of Echocardiography and American College of Emergency Physicians. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(12):1225-30. doi: 10.1016/j.echo.2010.10.005.
- Lanspa MJ, Fox SW, Sohn J, et al. Definitive advantages of point-of-care ultrasound: a case series. *CASE*. 2022;6(6):293-8. doi: 10.1016/j.case.2022.05.008.
- McDonagh TA, Metra M, Adamo M, et al. 2023 Focused Update of the 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur Heart J*. 2023;44(37):3627-39. doi: 10.1002/ehf.3024.
- Mitchell C, Rahko PS, Blauwet LA, et al. Guidelines for performing a comprehensive transthoracic echocardiographic examination in adults: recommendations from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2019;32(1):1-64. doi: 10.1016/j.echo.2018.06.004.
- Motazedian P, Marbach JA, Prosperi-Porta G, et al. Diagnostic accuracy of point-of-care ultrasound with artificial intelligence-assisted assessment of left ventricular ejection fraction. *NPJ Digit Med*. 2023;6(1):201. doi: 10.1038/s41746-023-00945-1.
- Neskovic AN, Skinner H, Price S, et al. Focus cardiac ultrasound core curriculum and core syllabus of the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2018;19(5):475-81. doi: 10.1093/ehjci/jej006.
- Occelli C, Carrio G, Driessens M, Turquay C, Azulay N, Grau-Mercier L, Levraut J, Claret PG, Contenti J, Bobbia X. Focal cardiac ultrasound learning with pocked ultrasound device: A bicentric prospective blinded randomized study. *J Clin Ultrasound*. 2021 Oct;49(8):784-790. doi: 10.1002/jcu.23047. Epub 2021 Jul 28. PMID: 34322891.
- Ramadan A, Abdallah T, Abdelsalam H, Mokhtar A, Razek AA. Accuracy of echocardiography and ultrasound protocol to identify shock etiology in emergency department. *BMC Emerg Med*. 2022;22(1):117. doi: 10.1186/s12873-022-00678-6. (13).
- Rudski LG, Lai WW, Afalilo J, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography: endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(7):685-713. doi: 10.1016/j.echo.2010.05.010.
- Soar J, Böttiger BW, Carli P, Couper K, Deakin CD, Djävrv T, Lott C, Olasveengen T, Paal P, Pellis T, Perkins GD, Sandroni C, Nolan JP. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Adult advanced life support. *Resuscitation*. 2021 Apr;161:115-151. doi: 10.1016/j.resuscitation.2021.02.010. Epub 2021 Mar 24. Erratum in: *Resuscitation*. 2021 Oct;167:105-106. doi: 10.1016/j.resuscitation.2021.08.011. PMID: 33773825.
- Spencer KT, Kimura BJ, Korcarz CE, Pellikka PA, Rahko PS, Siegel RJ. Focused cardiac ultrasound: recommendations from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2013;26(6):567-81. doi: 10.1016/j.echo.2013.04.001.
- Wharton G, Steeds R, Allen J, et al. A minimum dataset for a standard adult transthoracic echocardiogram: a guideline protocol from the British Society of Echocardiography. *Echo Res Pract*. 2015;2(1):G9-G24. doi: 10.1530/erp-14-0079.

L. V. Zhuravlyova, O. O. Yankevych, T. A. Rohachova

Kharkiv National Medical University

Transthoracic echocardiography in emergency settings: FoCUS protocol

Transthoracic echocardiography was previously exclusively the domain of ultrasound physicians, which created delays in clinical decision-making. Cardiologists, intensive care physicians, and physicians of other specialties depended on the conclusions of ultrasound specialists, which created significant inconveniences, including delays in obtaining diagnostic information. However, in urgent situations such as cardiac tamponade, pulmonary embolism, shock, or clinical death, rapid diagnosis is vital.

FoCUS (Focused Cardiac Ultrasound) is a simplified echocardiography protocol that allows physicians of various specialties to assess critical cardiac parameters without delays. For FoCUS, a basic ultrasound machine with a sector or convex transducer is sufficient, allowing for B-mode examination. The main scanning positions are: parasternal, apical, and subcostal, which provide the necessary visualization of cardiac structures. The main questions answered by the FoCUS protocol are the presence of pericardial effusion and its volume, assessment of global left ventricular contractility, detection of right ventricular dilatation and determination of central venous pressure based on the characteristics of the inferior vena cava. An important advantage of the technique is rapid diagnostics in intensive care, which helps to identify dangerous conditions in a matter of minutes. The simplicity of the study does not require advanced specialization in the field of echocardiography and can even be performed with a portable ultrasound device. The results of echocardiography in emergency settings help to make vital decisions — for example, whether immediate surgical intervention or a change in therapy is required.

In general, FoCUS is an effective, fast and practical method of assessing the condition of the heart in urgent conditions, which allows intensive care physicians, cardiologists, anesthesiologists and other specialists to quickly make decisions about treatment. The method is easy to learn and should be widely integrated into daily clinical practice.

Keywords: echocardiography, FoCUS protocol, emergency settings, clinical practice.

ДЛЯ ЦИТУВАННЯ

Журавльова ЛВ, Янкевич ОО, Рогачова ТА. Трансторакальна ехокардіографія в ургентних умовах: протокол FoCUS. Український терапевтичний журнал. 2025;2:118-127. <http://doi.org/10.30978/UTJ2025-2-118>.

Zhuravlyova LV, Yankevych OO, Rohachova TA. Transthoracic echocardiography in emergency settings: FoCUS protocol. Ukrainian Therapeutic Journal. 2025;2:118-127. <http://doi.org/10.30978/UTJ2025-2-118>. Ukrainian.