



## Ультразвук легень. BLUE-протокол та фокусована трансторакальна ехокардіографія [Focus Assessed Transthoracic Echo (FATE)]

Белка К. Ю.

Національний медичний університет ім. О. О. Богомольця, м. Київ, Україна

**Резюме.** Сьогодні широко використовується концепція проблемно-орієнтованого лікування (*point-of-care*) у пацієнтів з гострою патологією, невідкладними станами, в тому числі зупинкою серця. Звичайно, не тільки кардіологи стикаються з кардіологічними пацієнтами, а й безліч інших спеціалістів (лікарі медицини невідкладних станів, терапевти, інтенсивісти, анестезіологи), для яких важлива відповідь на клінічне питання з наступним вибором тактики лікування. У статті розглянуто використання BLUE-protocol та Focus-protocol, які дозволяють швидко і точно діагностувати більшість ускладнень, що виникають при критичних станах, у тому числі станів, які супроводжуються вираженим больовим синдромом, що значно покращує та уточнює наступну лікувальну тактику, в тому числі й знеболення.

**Ключові слова:** BLUE-protocol, Focus-protocol, ультразвук, діагностика

Традиційно повітря вважалось ворогом ультразвуку (УЗ), а легені – органом, недоступним для УЗ-дослідження. Проте за останні десятиріччя використання УЗ для діагностики легень набуло популярності і має певні переваги над комп'ютерною томографією (КТ) та рентгенологічним (РГ) дослідженням.

Хоча РГ-дослідження є дорогим та доступним методом діагностики легень, воно має ряд обмежень. По-перше, для критично хворих пацієнтів часто буває важко затримати дихання, що призводить до зниження якості зображення. По-друге, поле РГ-дослідження іноді важко встановити так, щоб купол діафрагми потрапив у поле зору, а зміна положення тіла пацієнта (вертикалізація) також може бути ускладненою. Крім того, РГ легень не завжди чутлива до діагностики пневмотораксу у пацієнтів на штучній вентиляції легень. У таких пацієнтів повітря часто накопичується по передній поверхні леге-

ні, що неможливо побачити на РГ легень, а сама легеня повністю не колабує. Тому РГ має лише 53 % чутливості до пневмотораксу порівняно з КТ у критично хворих пацієнтів. Додайте до цього логістичні труднощі швидкого виконання та проявлення знімків в умовах інтенсивної терапії.

КТ традиційно вважається “золотим стандартом” для діагностики легень, проте не є ані дешевим, ані швидкодоступним в умовах інтенсивної терапії, асоціюючись із потенційно небезпечним транспортуванням пацієнта до радіологічного відділення та значним іонізуючим опроміненням.

УЗ має високу діагностичну цінність; наприклад, чутливість до виявлення пневмотораксу – 92 % порівняно з КТ. До того ж УЗ є відносно дешевим та швидкодоступним у відділенні інтенсивної терапії, саме чому і стає невід'ємною частиною діагностики критично хворих пацієнтів.



Рис. 1. Міжребровий проміжок з візуалізованою лінією плеври та множинними А-лініями

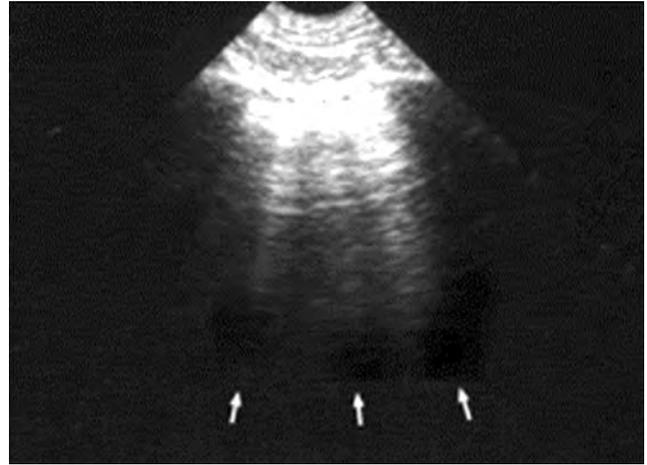


Рис. 3. Міжребровий проміжок з візуалізованими Z-лініями

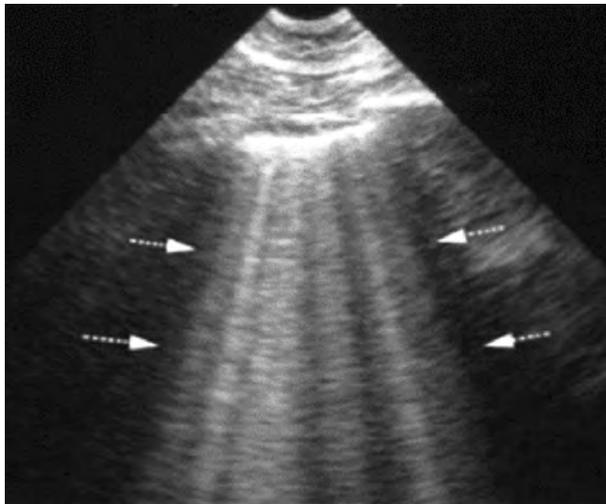


Рис. 2. Міжребровий проміжок з візуалізованими множинними В-лініями

## Техніка візуалізації легень

Для візуалізації можна використовувати датчики з різним діапазоном частот (4–12 МГц), з вищою частотою – для оцінки поверхневих структур легеневої паренхіми (слайдинг легень або інші ознаки пневмотораксу), з низькою частотою (конвексні датчики) – для оцінки більш глибоких тканин легень (консолідація та плевральний випіт).

При положенні пацієнта на спині ви можете оцінити передні та латеральні відділи легень; для оцінки задніх відділів необхідно повернути пацієнта на бік. Зазвичай оглядають верхні та нижні передні ділянки, латеральні та задні відділи легень. Датчик встановлюють у міжребровому проміжку з орієнтацією маркера до голови пацієнта. Ребра мають вигляд двох анехогенних тіней, а між ними визначається гіперехогенна лінія – плевра, на межі м'яких тканин грудної клітки та легеневої паренхіми. Повітря, що в нормі міститься

у легені, зупиняє проходження УЗ-хвилі далі від плеври, і тому зображення легень є комбінацією артефактів:

**А-лінії:** горизонтальні, на однаковій відстані, гіперехогенні лінії, що є нерухомим віддзеркаленням плеври. У більшості нормальних легень вони є єдиним артефактом, що візуалізується над легеньми.

**В-лінії:** вертикальні гіперехогенні лінії, що йдуть від плеври до краю УЗ-зображення, їх також називають зображенням “хвоста комети”. Основною характерною ознакою В-ліній є поширення від плеври до краю екрана.

Такі самі артефакти, що не досягають краю екрана, називають **Z-лінії**, вони наявні в нормі та при пневмотораксі. Z-лінії менш ехогенні, ніж плевра, зазвичай мають довжину 2–3 см і не рухаються разом зі слайдингом легень.

## Слайдинг легень

Лінія плеври рухається з диханням; це можна побачити завдяки тому, що навколишні тканини грудної клітки рухаються в напрямку, протилежному до легень. Це називається плевральним /легеневим слайдингом і показує рухи легень під час дихання. Слайдинг більше виражений у нижніх відділах легень і менш помітний на верхівці. Найкраще побачити слайдинг у режимі М (динамічний), позаяк поверхневий листок плеври нерухомий і має вигляд суцільної гіперехогенної лінії, а структури глибше від плеври мають “гранульований” вигляд, який також називають ознакою “морського узбережжя”.

## Пневмоторакс (ПТ)

У пацієнта, що лежить на спині, пневмоторакс зазвичай збирається по передній поверхні грудної клітки, що найкраще візуалізується лінійним датчиком з високою частотою. Основними ознаками ПТ є:

1. **Відсутність слайдингу легень.** Якщо слайдинг наявний, ПТ може бути виключеним. Проте не мож-

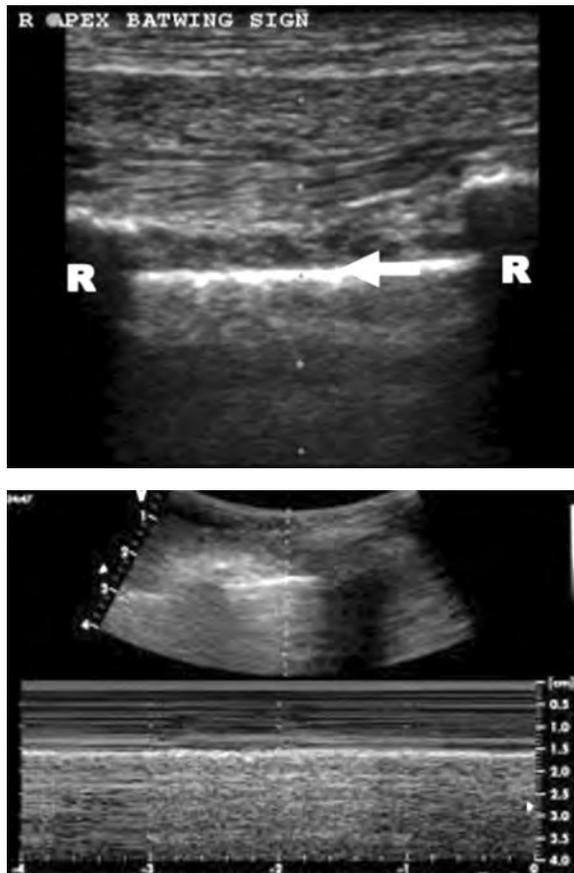


Рис. 4. Слайдинг легені та характерний малюнок легеневої паренхіми (“морського узбережя”) в режимі М-моді

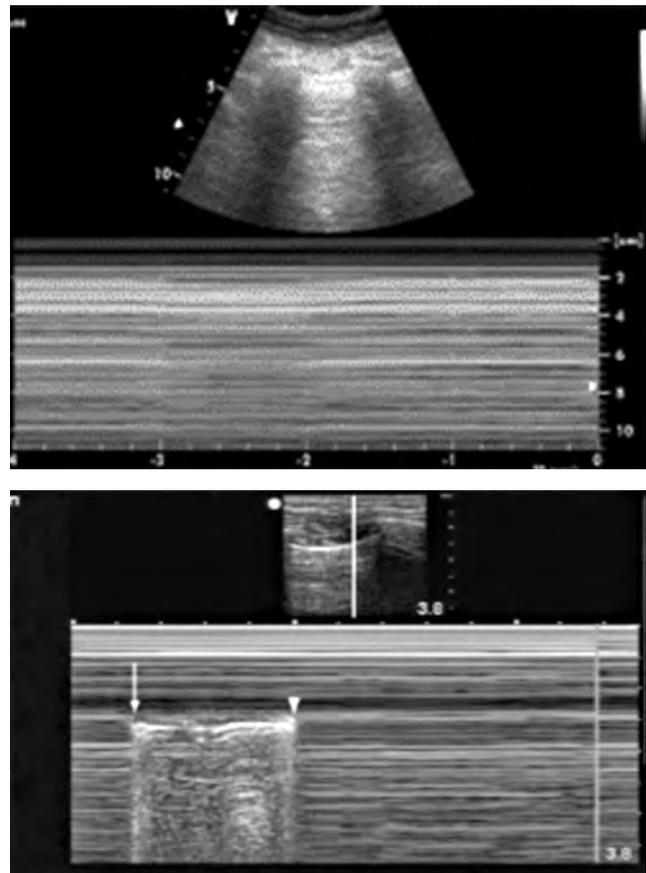


Рис. 5. Відсутність характерного малюнку легеневої паренхіми при пневмотораксі та точка легені (lung point)

на виключити ПТ, локалізований у задніх та медіастинальних відділах. Для повного дослідження датчиком необхідно візуалізувати всі міжреброві проміжки по передній, латеральній та задній поверхні легень. У режимі М, ПТ має такий вигляд: відсутність “гранульованого” зображення під плевральною лінією та велика кількість горизонтальних ліній.

2. **Відсутність В-ліній:** наявність В-ліній виключає пневмоторакс. В-лінії з відсутністю слайдингу легень можуть бути наявні при консолідації нижньої частки.
3. **Точка легені (lung point):** коли повітря знаходиться по передній поверхні грудної клітки, а колабована легень – дозаду, є точка, зазвичай на боковій поверхні грудної клітки, де легень та повітря можуть бути візуалізовані в одному УЗ-вікні. Під час вдиху патерн пневмотораксу змінюється на патерн нормальної легені, а в режимі М це виглядає як одна частина екрана з горизонтальними паралельними лініями нижче плеври, з різкою зміною на “гранульований” патерн на другій частині екрана (точка легені, lung point).

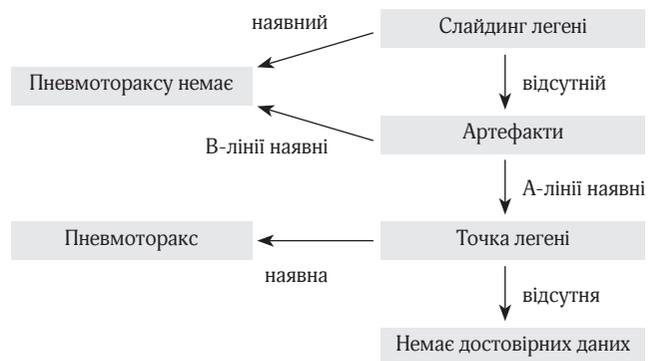


Рис. 6. Алгоритм діагностики пневмотораксу за допомогою ультразвуку

### Плевральний випіт

За допомогою УЗ ви можете як діагностувати гідроторакс, так і візуалізувати плевральну пункцію та аспірацію. Для цього конвексний датчик встановлюють у міжребровому проміжку, паралельно ребрам, над межею діафрагми /грудна клітка. Плевральний випіт візуалізується як гіпоехогенна /анехогенна структура, наявна незалежно від циклу дихання.



Рис. 7. Візуалізація плеврального випоту

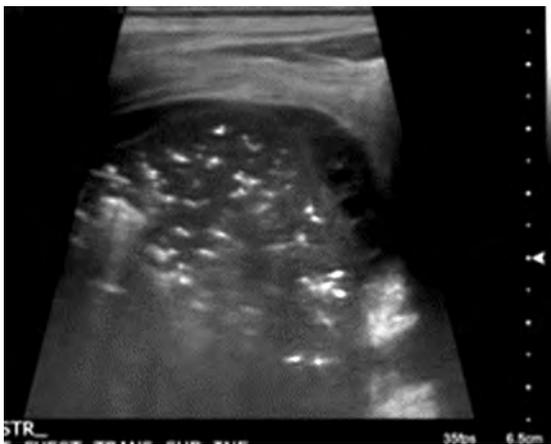


Рис. 8. Консолідація легеневої паренхіми

Виміряти об'єм випоту за допомогою УЗ важко; якщо глибина рідини більше 5 см, зазвичай це відповідає більше 500 мл.

### Консолідації

Консолідації візуалізують конвексним датчиком. Вони мають вигляд гіперехогенних структур у легеневій паренхімі (консолідації “багаті” на воду), з ділянками колапсованих легеневих сегментів. При цьому нормальна легенева паренхіма не візуалізується. Легко можна переплутати печінку або селезінку з консолідованою легенню, тому треба бути впевненим, що датчик знаходиться над діафрагмою.

### Альвеолярний інтерстиційний синдром

Для візуалізації використовують конвексний датчик. Критерієм альвеолярного інтерстиційного синдрому є наявність 3-х та більше В-ліній на поздовжньому зображенні одного міжребрового проміжку. Множинні В-лінії на відстані більше 7 мм вказують на інтерстиційний набряк легеневої тканини, тоді як В-лінії на відстані 3 мм або менше є ознакою альвеолярного

набряку. Кількість та інтенсивність В-ліній пропорційна порушенню повітряності легеневої паренхіми. Декілька В-ліній у нижніх відділах легень можуть візуалізуватися в нормі.

### BLUE-протокол

У 2008 році було опубліковано дослідження, яке вивчало ефективність УЗ-обстеження для первинної оцінки пацієнтів з дихальною недостатністю (ДН), що поступили у відділення інтенсивної терапії (Lichtenstein et al Chest, July 2008 134 : 117-125). Це дослідження довело, що УЗ легень може допомогти швидко встановити діагноз пацієнту з гострою ДН.

Результати первинної УЗ-діагностики порівнювали із заключним діагнозом, з яким пацієнт лікувався у ВІТ. Для УЗ-оцінки використовували 3 групи критеріїв:

1. Артефакти (А-лінії, В-лінії).
2. Слайдинг легені.
3. Плевральний випіт.

### Результати показали наступне:

1. Переважні А-лінії та наявність слайдингу легені вказували на астму або ХОЗЛ з чутливістю 89 % та специфічністю 97 %.
2. Множинні дифузні В-лінії по передній поверхні легень з наявністю слайдингу легень вказували на набряк легень із чутливістю 97 % та специфічністю 95 %.
3. Нормальний профіль легень та наявність тромбозу глибоких вен вказували на тромбоемболію легеневої артерії з чутливістю 81 % та специфічністю 99 %.
4. Відсутність слайдингу легень по передній поверхні та А-лінії з точкою легені вказують на пневмоторакс із чутливістю 81 % та специфічністю 100 %.
5. Альвеолярні консолідації, дифузні В-лінії по передній поверхні легень, зі зниженим слайдингом легень, асиметричний інтерстиційний патерн, консолідації в задніх відділах легень або плевральний випіт без дифузних В-ліній по передній поверхні вказують на пневмонію з чутливістю 89 % та специфічністю 94 %.

Використання цих профілів забезпечує встановлення правильного діагнозу у 90,5 % випадків.

Запропонований алгоритм BLUE-протоколу наведений нижче (рис. 7):

### Фокусована трансторакальна ехокардіографія [Focus assessed transthoracic Echo (FATE)]

Сьогодні широко використовується концепція проблемно-орієнтованого лікування (point-of-care) у пацієнтів з гострою патологією, невідкладними станами, в тому числі зупинкою серця. Звичайно, не лише кардіологи стикаються з кардіологічними пацієнтами, а й безліч інших спеціалістів (анестезіологи, лікарі медицини невід-

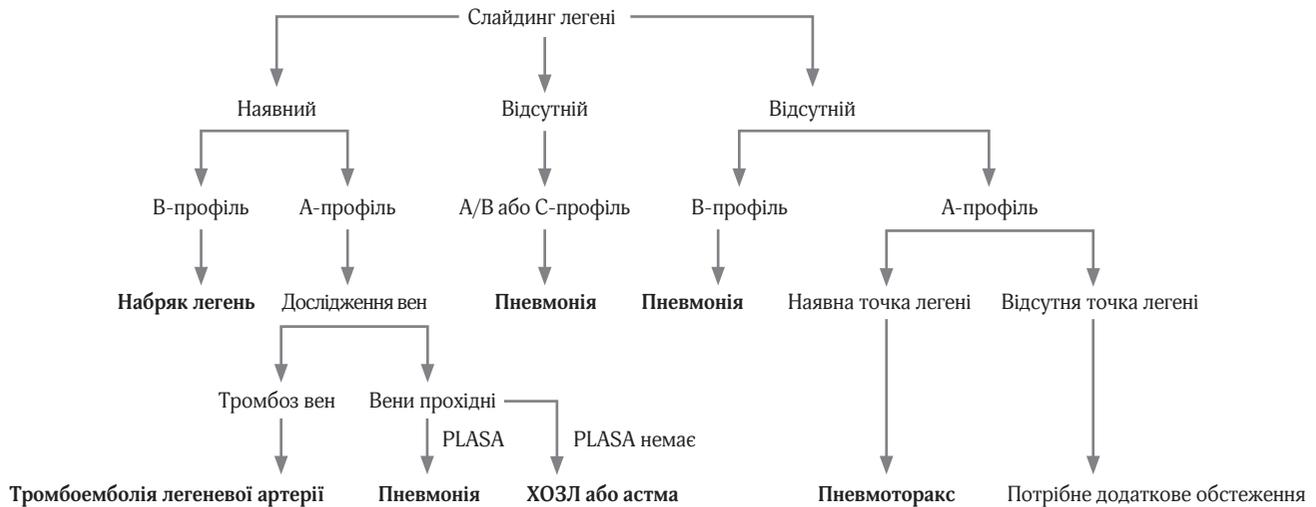


Рис. 9. Алгоритм BLUE-протоколу. А-профіль – переважно А-лінії, В-профіль – дифузні множинні В-лінії, А/В профіль – переважно А-лінії з однієї сторони та переважно В-лінії з іншої сторони, С-профіль – передні альвеолярні консолідації, PLAPS – задньолатеральні альвеолярні консолідації та/або плевральний випіт

кладних станів, терапевти), для яких важливою є відповідь на клінічне питання з наступним вибором тактики лікування. В цьому полягає основна відмінність FoCUS (Focus Cardiac Ultrasound, фокусоване ультразвукове дослідження серця) від ехокардіографії, складного дослідження, що потребує експертних знань фізіології та патології серцево-судинної системи, з повною оцінкою серцевої анатомії та функції.

Термін FoCUS включає цілеспрямоване УЗ-обстеження за стандартизованим протоколом, що дає додаткову інформацію до клінічної оцінки пацієнта та не потребує від оператора експертних знань з ехокардіографії (ЕхоКГ), але в той же час передбачає його відповідальність за прийняття рішень та лікування пацієнта за результатами FoCUS.

**Клінічно значимі обмеження та відмінності дослідження FoCUS від ЕхоКГ:**

- УЗ-апарати зазвичай технічно простіші порівняно з професійними каліброваними апаратами для ЕхоКГ
- Обмежені навички та знання оператора (зазвичай не кардіолога)
- Некомфортні умови, обмеження в часі
- Обмежений список цілей та вікон дослідження
- Результат у стилі “наявний /відсутній” або “так /ні”
- Важко оцінити комплексні серцеві проблеми

Цілі дослідження FoCUS та ситуації, коли воно має бути проведене:

**Цілі:**

- Глобальна скоротливість ЛШ та його розмір
- Глобальна скоротливість ПШ та його розмір
- Перикардіальний випіт
- Внутрішньосудинний об’єм

**Сценарії:**

- Колапс/шок

- Зупинка серця
- Біль в грудній клітці
- Травма грудей /серця
- Дихальна недостатність

**Стани:**

- Ішемічна дисфункція ЛШ /ПШ
- Кардіоміопатії
- Міокардит
- Тампонада серця
- Легенева емболія
- Гіповолемія

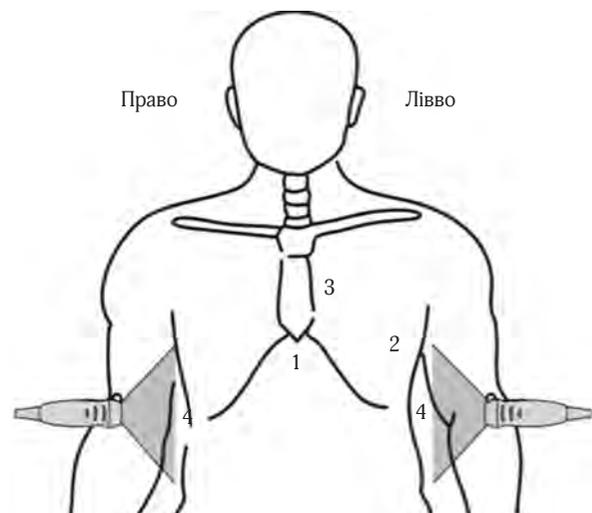


Рис. 10. Точки візуалізації базового FoCUS (usabcd.org)

- 1 – субкостальний 4-камерний вид
- 2 – верхівковий 4-камерний вид
- 3 – парастеральний довгий зріз
- 3 – парастеральний короткий зріз
- 4 – плевра

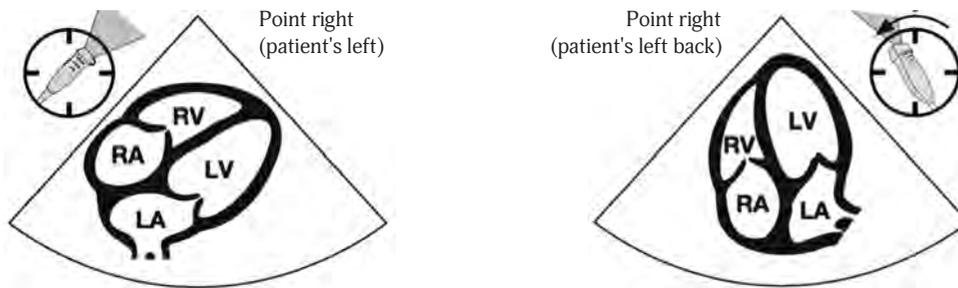


Рис. 11. Точка 1 – субкостальний 4-камерний вид (мітка датчика направлена до лівої сторони пацієнта) та 2 – верхівковий 4-камерний вид (мітка датчика направлена до лівої сторони пацієнта) (usabcd.org)

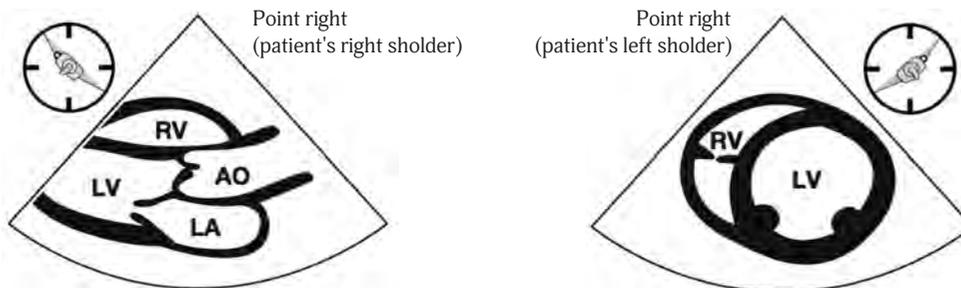


Рис. 12. Точки 3, зліва – мітка датчика орієнтована до правого плеча пацієнта, справа – до лівого плеча пацієнта (usabcd.org)

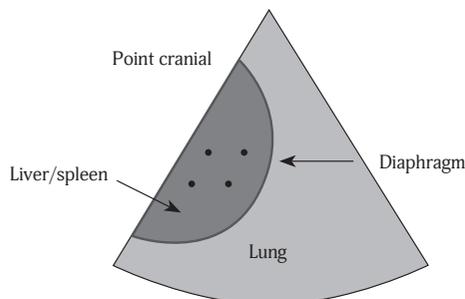


Рис. 13. Візуалізація плеври на межі печінка /діафрагма /легеня або селезінка /діафрагма /легеня, мітка датчика направлена краніально (usabcd.org)

**Алгоритм та основні принципи дослідження FoCUS:**

1. Шукай очевидну патологію.
2. Оціни товщину стінок та розміри камер серця.
3. Оціни функцію обох шлуночків.
4. Візуалізуй синус легені та плевральну порожнину з обох боків.
5. Враховуй клінічну ситуацію.
6. Признач ЕхоКГ за необхідності.

**УЗ-датчик:** конвексний з низькою частотою зображення

**Точки візуалізації базового FoCUS (рис. 8).**

**Варіанти патології, що може бути виявлена під час дослідження FoCUS:**

**Висновки (рекомендації Європейської спілки з серцево-судинної візуалізації 2014 року [1]):**

- FoCUS має використовуватись лише як цілеспрямоване дослідження для відповіді на клінічне питання та виявлення певних кардіологічних проблем

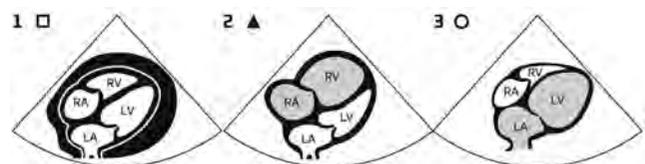


Рис. 14: 1 – перикардальний випіт, 2 – розширений правий шлуночок, 3 – розширені ЛП та ЛШ

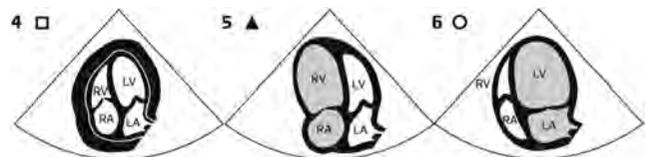


Рис. 15: 4 – перикардальний випіт, 5 – розширені ПП та ПШ, 6 – розширені ЛП та ЛШ

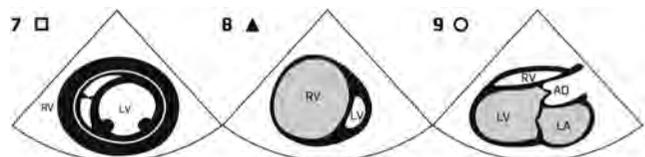


Рис. 16: 7 – перикардальний випіт, 8 – розширення ПШ, 9 – гіпертрофія ЛШ

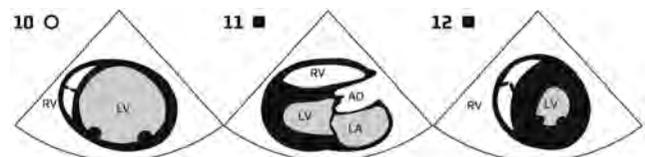


Рис. 17: 10 – розширений ЛШ, 11 – гіпертрофія ЛШ + розширення ЛП, 12 – гіпертрофія ЛШ

- FoCUS може надати ключову інформацію для вибору тактики реанімації пацієнта, в тому числі стосовно перикардіального випоту/тампонади, функцій та розмірів лівого та правого шлуночків, волемічного статусу.
- FoCUS ніколи не має прирівнюватись до ехокардіографічного дослідження.
- Освітня програма для навчання FoCUS має розроблятися та проводитись професійними асоціаціями (невідкладних станів, анестезіологів тощо) з постійною взаємодією з асоціаціями кардіологів.
- FoCUS має проводитись лише тренованим оператором, який повністю розуміє його цілі, результати та обмеження.
- Пацієнтам, у яких діагностовано патологію під час FoCUS або коли дослідження не дало чіткої відповіді, якнайшвидше має бути проведена ЕХОКГ.
- Результати FoCUS мають записуватись та зберігатись певний час в історії хвороби.

#### Ультразвук легких. BLUE-протокол и фокусированная трансторакальная эхокардиография [Focus Assessed Transthoracic Echo (FATE)]

Белка К. Ю.

Национальный медицинский университет им. А. А. Богомольца, г. Киев, Украина

**Резюме.** Сегодня широко используется концепция проблемно-ориентированного лечения (point-of-care) у пациентов с острой патологией, неотложными состояниями, в том числе остановкой сердца. Несомненно, не только кардиологи сталкиваются с кардиологическими пациентами, а и множество других специалистов (врачи медицины неотложных состояний, терапевты, intensivists, анестезиологи), для которых важен ответ на клинический вопрос с последующим выбором тактики лечения. В статье рассмотрено использование BLUE-protocol и Focus-protocol, которые позволяют быстро и точно диагностировать большинство осложнений, возникающих при критических состояниях, в том числе состояний, сопровождающихся выраженным болевым синдромом. Это значительно улучшает и уточняет последующую лечебную тактику, в том числе и обезболивание.

**Ключевые слова:** BLUE-protocol, Focus-protocol, ультразвук, диагностика

Таким чином, використання BLUE-protocol та Focus-protocol дозволить швидко і точно діагностувати більшість ускладнень, які виникають при критичних станах, в тому числі станів, які супроводжуються вираженим болевим синдромом, що значно покращує та уточнює наступну лікувальну тактику, в тому числі й знеболення.

#### Література

1. Lichtenstein D. A. BLUE-protocol and FALLS-protocol: two applications of lung ultrasound in the critically ill / Lichtenstein D. A. // Chest. – 2015 Jun. – 147 (6). – P. 1659–1670.
2. Shah V. P. Prospective evaluation of point-of-care ultrasonography for the diagnosis of pneumonia in children and young adults / Shah V. P., Tunik M. G., Tsung J. W. // JAMA Pediatr. – 2013. – 167. – P. 119–125.
3. Volpicelli G. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound / Volpicelli G., El Barbary M., Blaivas M. et al. // Intensive Care Med. – 2012. – 38. – P. 577–591.
4. Neskovic A. N. Focus cardiac ultrasound: the European Association of Cardiovascular Imaging viewpoint / Neskovic A. N., Edvardsen T., Galderisi M. et al. // Eur Heart J Cardiovasc Imaging. – 2014 Sep. – 15 (9). – P. 956–60.

#### Lung ultrasound. BLUE protocol and Focus Assessed Transthoracic Echo (FATE)

Belka K. Yu.

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** Today, the concept of problem-oriented treatment (point-of-care) is widely used in patients with acute pathology, urgent conditions, including cardiac arrest. Of course, not only cardiologists are in contact with cardiologic patients, but many other specialists (emergency medicine physicians, therapists, intensive care specialists, anesthetists), for whom the answer to the clinical question followed by choosing treatment tactics is important. The article covers the use of BLUE-protocol and Focus-protocol, which allow to quickly and accurately diagnose most of the complications that arise in critical conditions, including states accompanied by severe pain syndrome, that greatly improves and clarifies the following therapeutic tactics, including anesthesia.

**Keywords:** BLUE-protocol, Focus-protocol, ultrasound, diagnostics