

ARTYKUŁ POGLĄDOWY/REVIEW PAPER

Otrzymano/Submitted: 26.01.2010 • Poprawiono/Corrected: 25.03.2010 • Zaakceptowano/Accepted: 20.04.2010

© Akademia Medycyny

Ultrasonograf stetoskopem w anestezjologii i medycynie ratunkowej: mit czy rzeczywistość? Część 1. Obraz prawidłowy i podstawy diagnostyki ultrasonograficznej płuc

Ultrasound: the stethoscope in anesthesiology and critical care medicine - myth or reality? Part 1. Ultrasound image of normal lungs and first attempt to chest ultrasound examination



Wojciech Kosiak

Pracownia Diagnostyki Ultrasonograficznej i Biopsyjnej, Katedra i Klinika Pediatrii, Hematologii, Onkologii i Endokrynologii, Gdański Uniwersytet Medyczny

Streszczenie

W pracy zaprezentowano możliwości wykorzystania diagnostyki ultrasonograficznej w diagnostyce chorób płuc w obszarach zainteresowań anestezjologii i intensywnej terapii. W części pierwszej przedstawiono podstawy przekłatkowego badania ultrasonograficznego płuc, z uwzględnieniem wymagań sprzętowych i techniki badania płuc w kontekście ultrasonografu jako nowoczesnego stetoskopu. Omówiono obraz prawidłowy płuc w przekłatkowym badaniu ultrasonograficznym i podstawowe artefakty ultrasonograficzne wykorzystywane w ocenie zmian w płucach. *Anestezjologia i Ratownictwo 2010; 4: 99-110.*

Słowa kluczowe: ultrasonografia, stetoskop, przekłatkowa ultrasonografia płuc, anestezjologia, medycyna ratunkowa

Summary

Chest ultrasound examination, as part of a bedside extended focused assessment with sonography for trauma examination represents a simple extension of the clinician's physical examination. It has been suggested that the portable ultrasound machine may become the anesthesiologists' and intensivists' stethoscope in the pre-hospital setting and in the intensive care unit. Development of transthoracic ultrasonography can be useful in the estimation and detection of wide range of peripheral parenchymal, pleural and chest wall diseases. The transthoracic ultrasonography of lung is getting more and more popular what is depicted by bigger and bigger amount of publications regarding to this kind of chest examination. This paper presents usefulness of chest ultrasound examination in diagnosis of lung disease which are in the fields of interests of anesthesiologists and intensive care specialists. First part of article focuses on equipment and technique of examination. Further on, the paper presents sonographic image of healthy lung as well as basic artifacts which are used in detecting subpleural lesions. *Anestezjologia i Ratownictwo 2010; 4: 99-110.*

Keywords: ultrasound, stethoscope, chest ultrasound, anesthesiology, emergency medicine

Wprowadzenie

René Théophile Marie Hyacinthe Laënnec publikując w 1819 roku swoje dzieło „*O osłuchiwaniu*” stworzył nie tylko koncepcję stetoskopu jako narzędzia medycznego, ale również podstawy auskultacji, czyli nauki o osłuchiwaniu. Prawdopodobnie nie przypuszczał, że prawie 200 lat później stetoskop pozostanie nadal podstawowym instrumentem medycznym każdego lekarza, z jakże szerokim zakresem wykorzystania w porównaniu do pierwotnego zastosowania. Trudno nam sobie dzisiaj wyobrazić, jak wyglądałoby ostatnie 200 lat rozwoju medycyny bez stetoskopu. Instrumentu, który jest ciągle udoskonalany, z najnowszym osiągnięciem, jakim jest wykorzystanie ultradźwięków w celu jeszcze bardziej precyzyjnej diagnostyki. Ten typ stetoskopu szczególnie przydatny jest w medycynie ratunkowej, gdyż eliminuje wpływ niekorzystnych zjawisk akustycznych z otoczenia podczas badania pacjenta, w miejscu wezwania czy w środkach transportu sanitarnego [1]. Wykorzystanie ultradźwięków w „klasycznym” stetoskopie jest tylko jedną z licznych wspólnych cech, które łączą stetoskop z ultrasonografem - począwszy od wykorzystywania w obu instrumentach medycznych fali akustycznej, a skończywszy na tych samych obszarach diagnostycznych. O ile jednak pierwotne przeznaczenie klasycznego stetoskop dotyczyło płuc, a dopiero później innych obszarów ciała, to w przypadku ultrasonografu płuca były jednym z ostatnich narządów, w których diagnostyka ultrasonograficzna znalazła dotychczas zastosowanie. Wykorzystanie nowych możliwości technicznych i technologicznych w konstrukcji aparatów ultrasonograficznych stworzyło podstawy do coraz doskonalszego obrazowania, tak że praktycznie nie ma struktury ciała ludzkiego, do badania którego nie można wykorzystać ultrasonografii. Miniaturyzacja aparatów ultrasonograficznych do wymiarów palmtopa [2], przy zachowaniu bardzo dobrych parametrów obrazowania otworzyła ultrasonografowi drzwi na drogę, którą kroczy od prawie 200 lat stetoskop. I prawie, jak wizja z filmu science fiction „*Star Track*”, w której dr Mc Coy bada jednego z członków załogi urządzeniem wielkości palmtopa, jest bliska urzeczywistnienia. Chwila, w której mały, mieszczący się w kieszeni fartucha lekarskiego, ultrasonograf stanie się podstawowym instrumentem medycznym każdego lekarza wydaje się być bardzo bliska. Sformułowanie *ultrasonograf jako stetoskop* nie jest nowe. W piśmiennictwie po raz pierwszy użył tej

frazy Roy Filly w artykule zatytułowanym „*Ultrasound: the stethoscope of the future, alas*”, a opublikowanym w *Radiology* w 1988 roku [3]. Pomimo że skłania się w nim do tezy, iż powszechne korzystanie z ultrasonografii przyczyni się do deprecjacji ultrasonografii jako metody obrazowej, to idea ultrasonografu jako stetoskopu przyszłości szybko się upowszechniła. Pojawiły się liczne publikacje o ultrasonografach jako stetoskopach w poszczególnych specjalizacjach medycznych.

Ultrasonograficzna (usg) ocena narządów położonych wewnątrz klatki piersiowej nie jest również zagadnieniem nowym, lecz obrazowanie płuc nadal jednak pozostaje niejako na bocznym torze diagnostyki ultrasonograficznej. Zainteresowanie obrazowaniem zmian w płucach wzrosło znacznie w ostatnim okresie, głównie ze względu na możliwości wykorzystania diagnostyki ultrasonograficznej płuc u pacjentów w stanach zagrożenia życia. Potwierdzeniem tego jest liczba pojawiających się nowych publikacji. Znalazło to przełożenie na intensywną praktyczną naukę ultrasonografii przezklatkowej w formie kursów i warsztatów szkoleniowych, kierowanych głównie do lekarzy anestezjologów i lekarzy medycyny ratunkowej, a organizowanych w ramach WINFOCUS (*World Interactive Network Focused On Critical Ultrasound*) [4]. Umiejętność wykonywania i interpretacji wyników badań ultrasonograficznych w obszarach zainteresowań anestezjologii i medycyny ratunkowej (ocena metodą FAST, wizualizacja i kaniulacja naczyń czy znieczulenie nerwów obwodowych pod kontrolą obrazu usg) wymagana jest także w Polsce do uzyskania specjalizacji z medycyny ratunkowej. Wydaje się, że obrazowanie płuc za pomocą ultradźwięków może być niezwykle interesującą opcją dla tej grupy specjalistów.

Jakie zatem nowe możliwości zyskuje lekarz odpowiedzialny za pacjenta w stanie zagrożenia życia, korzystając z przezklatkowej ultrasonografii płuc?

- rozszerzenie badania metodą FAST (ang. *Focused Assessment with Sonography for Trauma*) do badania określanego jako eFAST (ang. *Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma*),
- szybką ocenę pacjenta po tępych urazach klatki piersiowej (w tym stłuczenie płuć),
- możliwość potwierdzenia bądź wykluczenia odmy opłucnowej,
- ocenę pacjenta z dusznością (pozwala na szybką diagnostykę różnicową przyczyn duszności),
- możliwość potwierdzenia bądź wykluczenia zapalenia płuc,

- ocenę lokalizacji rurki dotchawiczej,
- ocenę ruchomości przepony,
- przyłóżkową ocenę płuc u pacjentów leczonych w oddziałach intensywnej terapii,
- możliwość monitorowania zabiegów diagnostyczno-terapeutycznych w obszarze klatki piersiowej.

Przezskłatkowa ultrasonografia płuc – wymagania sprzętowe i technika badania

Przezskłatkowe badanie ultrasonograficzne płuc (PBUP) można wykonać mając do dyspozycji dowolnej klasy aparat ultrasonograficzny. Minimalne wymagania sprzętowe obejmują: jedną głowicę typu convex lub sektorową o częstotliwości 2,0-5,0 MHz, z możliwością obrazowania dopplerem kodowanym kolorem. Jednakże opcja ta nie jest przez wszystkich autorów uważana za niezbędną do wykonania PBUP [5]. Optymalny dobór aparatu usg w znacznej mierze zależy od miejsca wykonywania badania. W diagnostyce przedszpitalnej, na miejscu wypadku, czy w środkach transportu sanitarnego, będzie to przenośny aparat typu „hand-held” z jedną głowicą sektorową lub typu convex z małą powierzchnią przyłożenia, o częstotliwości od 2,5 do 5,0 MHz. Aparat usg wykorzystywany w szpitalnym oddziale ratunkowym, czy oddziale intensywnej opieki medycznej powinien być wyposażony w głowicę sektorową (o częstotliwości 2,5-5,0 MHz) i głowicę typu convex (o częstotliwości 2,5-5,0 MHz) oraz głowicę liniową (o wysokiej częstotliwości 8-10-12 MHz). Taki dobór głowic pozwala na optymalne wykorzystanie aparatu, zarówno w sytuacji, gdy mamy bardzo ograniczony czas na wykonanie badania, jaki i wówczas, gdy nie musimy się śpieszyć. W sytuacjach nagłych badanie wykonuje się jedną głowicą (nie traci się czasu na przełączenia głowic), stosuje się głowicę sektorową lub convex z małą powierzchnią przyłożenia i obie o częstotliwości 3,5-5,0 MHz.

Obrazując głowicami liniowymi o wyższej częstotliwości uzyskuje się znacznie dokładniejsze obrazy struktur położonych powierzchownie: ściany klatki piersiowej, czy opłucnej. Ten typ głowicy zalecany jest również w diagnostyce pacjentów pediatrycznych. Jeżeli potrzebna jest głębsza penetracja ultradźwięków korzystamy z głowic o możliwie najniższej częstotliwości – 2,0-3,5 MHz, a w przypadku małych okien akustycznych (bardzo wąskie przestrzenie międzyżebrowe) można stosować głowice sektorowe.

Badanie możliwe jest do wykonania zarówno

w pozycji leżącej, stojącej, siedzącej, jak też półleżącej, tak istotnej dla pacjentów z nasiloną dusznością. W sytuacjach nagłych u pacjenta w bardzo ciężkim stanie ogólnym, na oddechu wspomagany badanie można ograniczyć do przednich i bocznych powierzchni klatki piersiowej i do miejsca urazu, jeżeli dotyczył on tylnej powierzchni klatki piersiowej.

Miejsca przyłożenia głowicy ultrasonograficznej są dokładnie takie same jak przyłożenia głowicy stetoskopu. Oceniamy poszczególne segmenty obu płuc przesuwając głowicę wzdłuż międzyżebry, zarówno na przedniej, jak i tylnej powierzchni klatki piersiowej, wykorzystując przekroje podłużne i poprzeczne, unikając jednocześnie nakładania się artefaktów ze struktur kostnych rusztowania klatki piersiowej.

Badanie rozpoczynamy z wykorzystaniem opcji B-mode. W przypadku stwierdzenia zmian chorobowych, konieczne jest badanie porównawcze w obszarach płuc uznanych jako prawidłowe. Jeżeli proces chorobowych dotyczy jednej strony oceniamy stronę drugą na tej samej wysokości. Echogeniczność zmiany patologicznej porównujemy do echogeniczności wątroby – dla zmian litych i echogeniczności pęcherzyka żółciowego dla zmian płynowych jako obszarów referencyjnych. Echogeniczność zmiany określamy jako izoechogeniczną, jeżeli jest równa echogeniczności wątroby i odpowiednio hipoechogeniczną (niższą) lub hiperechogeniczną (wyższą niż echogeniczność wątroby). Badanie w opcjach dopplerowskich wykonywane jest w drugiej kolejności, w celu uwidocznienia unaczynienia.

Przezskłatkowe badanie ultrasonograficzne płuc – podstawy obrazowania

■ Założenia

W warunkach prawidłowych uwidocznienie narządów położonych wewnątrz klatki piersiowej nie jest możliwe, ze względu na obecność powietrza w płucach, które uniemożliwia transmisję ultradźwięków w głębsze struktury, powodując prawie całkowite odbicie i rozproszenie emitowanych fal. Dodatkowym utrudnieniem jest obecność rusztowania chrzęstno-kostnego klatki piersiowej (żebra, łopatki i kręgosłup), jednakże układ tych struktur jest na tyle korzystny, że pozwala wykorzystać przestrzenie międzyżebrowe jako okna akustyczne, czyli miejsca przyłożenia głowicy. Z kolei miejscem aku-

stycznym dla oceny zmian patologicznych jest sam fakt ich obecności. Wykorzystanie zmian patologicznych jako okien akustycznych wynika z fizycznych ich właściwości w propagacji fali ultradźwiękowej, innych niż upowietrzona tkanka płuc. Umożliwiają one przechodzenie fal ultradźwiękowych w głębsze struktury klatki piersiowej i obrazowanie ich na ekranie monitora. Z tych też względów możliwa jest tylko i wyłącznie ocena zmian będących w bezpośrednim kontakcie z opłucną płucną. Jest to kolejne ograniczenie PBUP. Należy jednak podkreślić fakt, że w około 98,5% przypadków zmiany istotne klinicznie występujące u pacjentów wymagających szybkiej diagnostyki mają bezpośredni kontakt z opłucną płucną, co w pełni uzasadnia słuszność koncepcji obrazowania płuc ultradźwiękami [6].

W tabeli 1. przedstawiono okna akustyczne wykorzystywane w przekłatkowym badaniu ultrasonograficznym.

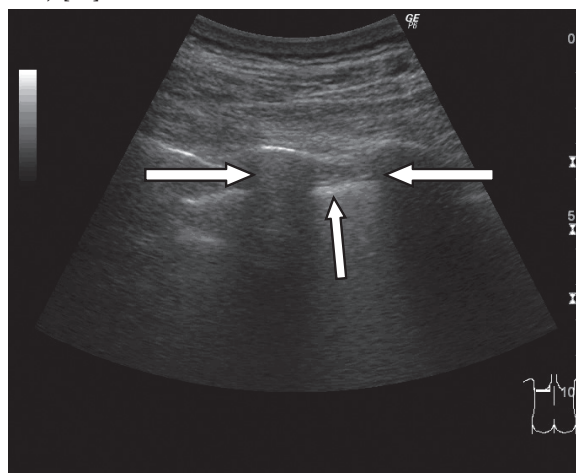
Tabela 1. Okna akustyczne wykorzystywane w przekłatkowym badaniu ultrasonograficznym

„Fizjologiczne” okna akustyczne	Przestrzenie międzyżebrowe
	Doły nadobojczykowe Okolice wcięcia mostka Narządy miękkie jamy brzusznej: wątroba i śledziona
„Patologiczne” okna akustyczne	Płyn w jamie opłucnej Płyn w worku osierdziowym Obszar niedodmy Obszary konsolidacji tkanki płucnej Guz śródpiersia przylegający do ściany klatki piersiowej i opłucnej

Przekłatkowe badanie ultrasonograficzne płuc - obraz prawidłowy

Prawidłowy obraz płuc w przekłatkowym badaniu ultrasonograficznym jest już dobrze poznany i opisany [7-14]. U osób zdrowych przykładając głowicę ultrasonograficzną do ściany klatki piersiowej podłużnie, w dowolnym międzyżebrowiu nad powierzchnią płuc, uzyskujemy powtarzalne, prawie identyczne obrazy. Widoczne są kolejno następujące struktury: tkanka podskórna, warstwa mięśni, powięź wewnątrzpiersiowa i linia opłucnej (Ryciny: 1 i 2). W ścianie

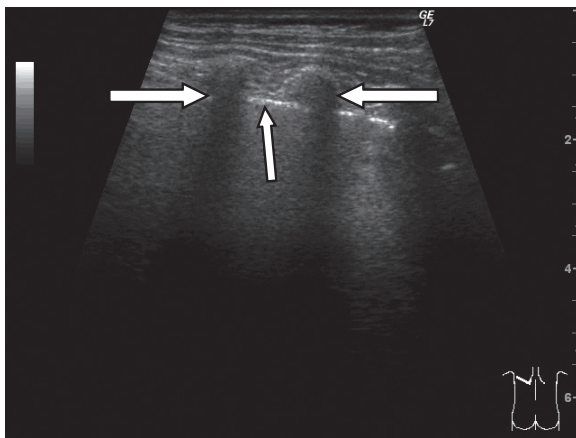
klatki piersiowej poniżej tkanek miękkich widoczne są żebra, z charakterystycznym cieniem akustycznym poniżej. Cień ten powstaje w wyniku braku penetracji ultradźwięków przez struktury kostne. Przy podłużnym przyłożeniu głowicy powinniśmy zawsze uzyskać obraz określany jako „objaw nietoperza” (ang. *bat sign*) (Rycina 1) [15], na który składają się: dwa cienie akustyczne żeber na zewnątrz i hiperechogenna linia pomiędzy nimi. Ta hiperechogenna linia, widoczna około 5,0 mm poniżej linii żeber (Rycina 1) [16] i przebiegająca się do przodu i ku tyłowi zgodnie z akcją oddechową, nazywana jest linią opłucnej (ang. *pleural line*) [15].



Rycina 1. Prawidłowy obraz ultrasonograficzny płuc - obrazowanie głowicą typu convex. Głowica przyłożona podłużnie: widoczne są dwa sąsiadujące żebra z cieniami akustycznymi poniżej (strzałki poziome) oraz hiperechogenna linia opłucnej (strzałka pionowa) pomiędzy nimi, obraz taki określany jest mianem „objawu nietoperza”.

W warunkach prawidłowych linia opłucnej, na którą składają się: opłucna ścienna, opłucna płucna i niewielka objętość płynu pomiędzy tymi błonami, widoczna jest jako silnie hiperechogenne, linijne pasmo, odgraniczające struktury klatki piersiowej od mięszu płuca. Grubość linii opłucnej nie powinna przekraczać 2,0 mm (Rycina 3) [17]. Poniżej tej linii widzimy tylko stosunkowo jednorodnie echogenne odbicia bez możliwości wyróżnienia jakichkolwiek struktur i kilka artefaktów ultrasonograficznych obserwowanych w obrazie prawidłowym. Ponieważ

większość artefaktów, zarówno fizjologicznych, jak i patologicznych wywodzi się z linii opłucnej, ocena jej jest jednym z kluczowych elementów PBUP [9], a przezklatkowa ultrasonografia płuc to ultrasonografia oparta na ocenie artefaktów. Podzielić je można na artefakty statyczne i dynamiczne [11] oraz grupę artefaktów wykorzystywanych w ocenie zmian zapalnych w płucach [12].



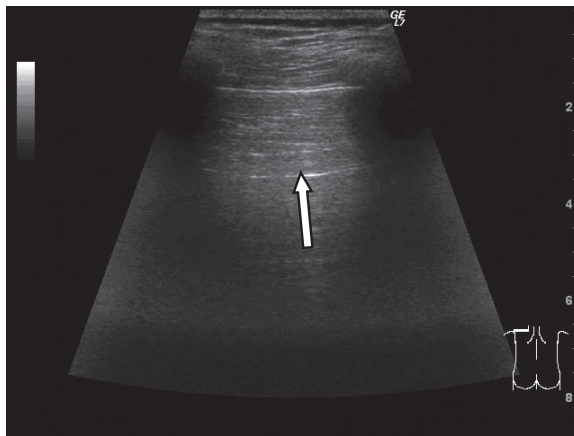
Rycina 2. Prawidłowy obraz ultrasonograficzny płuc - obrazowanie głowicą liniową
Głowica przyłożona podłużnie:
widoczne są sąsiadujące żebra z cieniami akustycznymi poniżej (strzałki poziome) oraz hiperechogenna linia opłucnej pomiędzy nimi (strzałka pionowa)



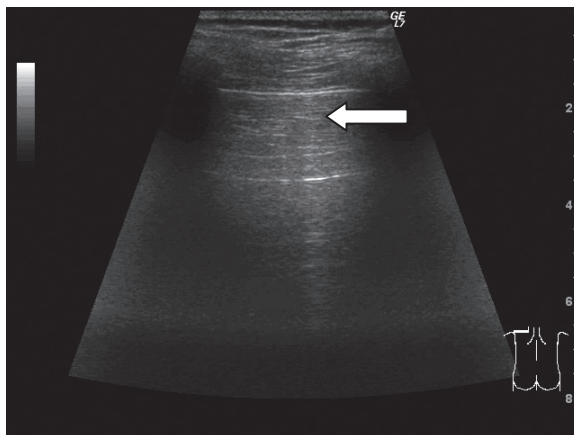
Rycina 3. Prawidłowy obraz ultrasonograficzny płuc - obrazowanie głowicą liniową; głowica przyłożona poprzecznie - obraz linii opłucnej z pomiarem jej grubości

Artefakty ultrasonograficzne widoczne w prawidłowym przezklatkowym badaniu ultrasonograficznym płuc

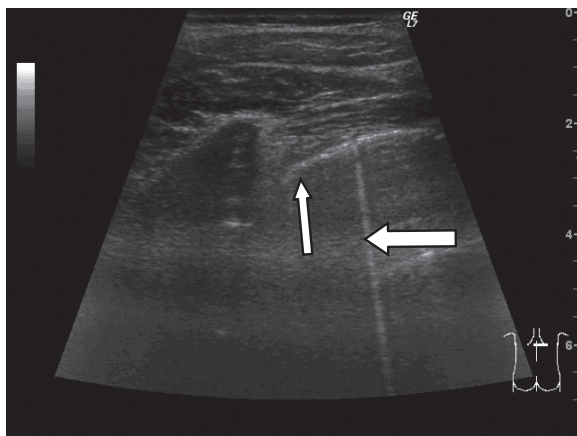
W każdym PBUP wykonanym u osób zdrowych uwidocznia się trzy podstawowe artefakty ultrasonograficzne: dwa artefakty dynamiczne i jeden artefakt statyczny. Artefakty dynamiczne to: objaw ślizgania i związany z nim „power/color doppler sign”, jeżeli korzystamy z opcji dopplera kodowanego kolorem [18] i artefakty statyczne określane jako artefakty linii A (Rycina 4) [13]. Kolejne dwa artefakty stwierdza się w prawidłowym obrazie usg płuc to: artefakty statyczne określane jako artefakty linii Z (Rycina 5), które stwierdza się w około 80% badań i artefakty linii B (Rycina 6) obecne w około 27% badań, głównie w tylny-dolnych segmentach płuc [13].



Rycina 4. Artefakt linii A (zaznaczony strzałką) - obraz prawidłowy (opis w tekście)



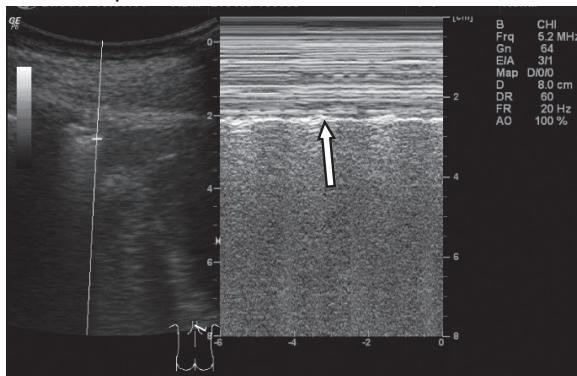
Rycina 5. Artefakt linii Z (strzałka pozioma) - obraz prawidłowy (opis w tekście)



Rycina 6. Artefakt linii B - obraz prawidłowy (opis w tekście) (artefakt linii B - strzałka pozioma, linia opłucnej - strzałka pionowa)

„Objaw ślizgania”

Artefakt określany jako objaw ślizgania (ang. *lung sliding* lub *gliding sign*) jest artefaktem dynamicznym. Powstaje on na linii opłucnej, w wyniku przemieszczania się zgodnie z akcją oddechową opłucnej płucnej względem nieruchomej opłucnej ściennej jako konsekwencja zmian w objętości płuca. Zdecydowanie lepiej widoczny w przypadkowych partiach płuc niż w ich szczytach.



Rycina 7. Objaw „brzegu morskigo” - obrazowanie w opcji M-mode - płuco z prawidłową ruchomością oddechową oraz dodatnim objawem ślizgania (linia opłucnej - strzałka pionowa)

W szczególnych przypadkach przy problemach z uwidocznieniem tego objawu w prezentacji B-mode, należy próbować udokumentować jego obecność

korzystając z opcji M-mode. W opcji tej prawidłowy obraz określany jest jako obraz „brzegu morskigo” (ang. *seashore sign*) (Rycina 7) [7] i charakteryzuje się brakiem ruchu widocznym powyżej linii opłucnej oraz jednorodnie ziarnistym wzorcem odbić poniżej tej linii.

„Power/color doppler sign”

Artefakt ten należy do grupy artefaktów pojawiających się w obrazowaniu z zastosowaniem opcji dopplerowskich [19]. Powstaje na linii opłucnej podczas obserwacji objawu ślizgania opłucnej z wykorzystaniem opcji dopplera kodowanego kolorem (CD) lub opcji dopplera mocy (PD). Widoczny jest wówczas kodowany kolorem ruch opłucnej płucnej jako zmieniające się barwy w opcji CD, a w opcji PD pojawia się kolor na linii opłucnej „pulsujący” zgodnie z ruchami oddechowymi. Równoczesna ocena w opcji dopplera spektralnego pozwala w wątpliwych przypadkach wykluczyć lub potwierdzić obecność patologicznych naczyń w badanym obszarze [18].

Wykonując PBUP ocena objawu ślizgania rozpoczyna się już w momencie uwidocznienia „objawu nietoperza”. Obecność lub brak objawu ślizgania jest istotnym kryterium przy rozpoznawaniu chorób płuc, pozwalając na pośrednią ocenę stopnia ich ruchomości oddechowej.

Artefakty linii: A, B i Z

■ Artefakty linii A

Artefakty linii A: to poziome, miernie hiperechogenne linie, równoległe do linii opłucnej, powtarzające się w tej samej odległości od siebie do granicy ekranu. Odległość pomiędzy tymi poziomymi liniami odpowiada odległości pomiędzy linią opłucnej a powierzchnią klatki piersiowej. Artefakty te powstają na linii opłucnej, są artefaktami rewerberacji, a generowane są przez obecność powietrza w mięszu płuc [5].

■ Artefakty linii B

Artefakty linii B: to pionowe, hiperechogenne linie, powstające na linii opłucnej, widoczne na całej długości ekranu i przemieszczające się zgodnie z ruchami opłucnej płucnej. Artefakty te generowane są przez obecność niewielkiej objętości płynu pod opłucną płucną, najczęściej w przegrodach międzypęcherzykowych. Uważa się, że są one typowym artefaktem rewerberacji [8,20,21].

Najlepiej scharakteryzował je Daniel Lichtenstein przypisując im siedem cech:

1. mają charakter artefaktów ogona komety,
2. jednoznacznie powstają na linii opłucnej (pleural line),
3. są hiperechogenne,
4. są dobrze widoczne i podczas akcji oddechowej układają się podobnie do światła lasera,
5. widoczne są na całej długości ekranu monitora, bez efektu znikania,
6. przemieszczają się zgodnie z akcją oddechową,
7. jeżeli widoczne są linie B to nie widzimy artefaktów linii A [6].

Taki obraz artefaktów linii B obserwowany jest podczas badania wykonywanego głowicami o niższej częstotliwości i innymi niż głowice liniowe. Z doświadczenia autora wynika, że w grupie pacjentów pediatrycznych wykonując PBUP głowicami liniowymi o wyższych częstotliwościach (10-14MHz) można w jednym przyłożeniu głowicy uwidocznąć zarówno artefakty linii B, jak i artefakty linii A.

Obecność jednego lub dwóch artefaktów linii B (ang. *dubbed B-lines*) w jednym przyłożeniu głowicy wykonanym z dowolnego miejsca klatki piersiowej uznawane jest za normę. Artefakty te są bardziej hiperechogenne podczas wdechu [20], a ich liczba jest ściśle związana ze stopniem upowietrznienia płuc [22].

■ Artefakty linii Z

Artefakty linii Z_x mają bardzo podobny obraz do artefaktu linii B. Są to pionowe hiperechogenne linie, rozpoczynające się na linii opłucnej, a generowane

przez obecność niewielkiej objętości płynu w przegrodach międzypęcherzykowych pod linią opłucnej.

Różnią się od linii B tym, że kończą się w około 1/2-2/3 jego długości nie dochodząc do granic ekranu i nie „wymazują” artefaktów linii A. Znaczenie praktyczne obecności tego artefaktu nie jest jednoznacznie określone, lecz w pierwotnych założeniach nadano im literę Z, jako ostatnią z liter alfabetu sugerując brak znaczenia klinicznego [7]. Obecnie przyjęto, że artefakty linii Z są składową częścią obrazu prawidłowego ze względu na fakt, iż ich obecność stwierdza się w około 80% badań wykonanych w populacji osób zdrowych [5,13].

Przedstawione powyżej podstawowe założenia teoretyczne przekłatkowej ultrasonografii płuc z wykorzystaniem artefaktów oparte są w głównej mierze na koncepcji opracowanej przez Daniela Lichtensteina i współpracowników. Liczne publikacje tego zespołu potwierdzają praktyczną przydatność PBUP z wykorzystaniem artefaktów w codziennej praktyce klinicznej i akceptowane są przez większość badaczy potwierdzoną liczbą cytowań.

Adres do korespondencji:

Wojciech Kosiak

Pracownia Diagnostyki Ultrasonograficznej i Biopsyjnej, Katedra i Klinika Pediatrii, Hematologii, Onkologii i Endokrynologii

Gdański Uniwersytet Medyczny

ul. Dębinki 7; 80-211 Gdańsk

Tel.: (+48 58) 3492922

E-mail: kwojtek@gumed.edu.pl

Piśmiennictwo

1. <http://www.sciencedaily.com/releases/2006/11/061128140624.htm>
2. <http://www.signosticsmedical.com/>
3. Filly RA. Ultrasound: the stethoscope of the future, alas. Radiology 1988;167:400.
4. <http://www.winfocus.org/>
5. Lichtenstein DA. Ultrasound in the management of thoracic disease. Crit Care Med 2007;35:S250-S261.
6. Lichtenstein DA. Ultrasound examination of the lungs in the intensive care unit. Pediatr Crit Care Med 2009;10:693-8.
7. Lichtenstein DA. Lung ultrasound in the critically ill. In: Yearbook of Intensive Care and Emergency Medicine. Heidelberg: Springer; 2004:625-44.
8. Lichtenstein DA, Meziere G. A lung ultrasound sign allowing bedside distinction between pulmonary edema and COPD: The comet-tail artifact. Intensive Care Med 1998;24:1331-4.
9. Lichtenstein DA, Meziere G, Biderman P, Gepner A. The lung point: An ultrasound sign specific to pneumothorax. Intensive Care Med 2000;26:1434-40.

10. Mathis G, Blank W, Reissig A, Lechleitner P, Reuss J, Schuler A, et al. Thoracic Ultrasound for Diagnosis Pulmonary Embolism. *Chest* 2005;128:1531-8.
11. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest* 2008;134:117-25.
12. Reissig A, Kroegel C. Sonographic Diagnosis and Follow-Up of Pneumonia: A Prospective Study. *Respiration* 2007;74:537-47.
13. Lichtenstein DA. The Respiratory System. In: *Practical Ultrasound in Anesthesia for Critical Care and Pain Management*. New York: Informa Healthcare USA; 2008. pp. 194-214.
14. Kosiak W. Diagnostyka ultrasonograficzna chorób zapalnych płuc. Część 1. Obraz prawidłowy i podstawy diagnostyki ultrasonograficznej zmian zapalnych w płucach. *Ultrasonografia* 2009;9:26-31.
15. Lichtenstein DA. *General ultrasound in the critically ill*. France: Springer; 2002. pp. 96, 105, 116.
16. Bouhemad B, Zhang M, Lu Q, Rouby JJ. Clinical review: bedside lung ultrasound in critical care practice. *Crit Care* 2007;11:205.
17. Mathis G. Thoraxsonography - Part I: chest wall and pleura. *Ultrasound Med Biol* 1997;23:1131-9.
18. Cunningham J, Kirkpatrick AW, Nicolaou S, Liu D, Hamilton DR, Lawless B, et al. Enhanced recognition of „lung sliding“ with power color Doppler imaging in the diagnosis of pneumothorax. *J Trauma* 2002;52:769-71.
19. Campbell SC, Cullinan JA, Rubens DJ. Slow Flow or No Flow? Color and Power Doppler US Pitfalls in the Abdomen and Pelvis. *Radiographics* 2004;24:497-506.
20. Lichtenstein DA, Meziere G, Biderman P, Gepner A, Barre O. The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156:1640-6.
21. Soldati G, Copetti R, Sher S. Sonographic interstitial syndrome: the sound of lung water. *J Ultrasound Med* 2009;28:163-74.
22. Lichtenstein DA, Goldstein I, Mourgeon E, Cluzel P, Grenier P, Rouby JJ. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acuterespiratory distress syndrome. *Anesthesiology* 2004;100:9-15.