Dostępne online www.sciencedirect.com

ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/alergo

Praca poglądowa/Review

Badanie USG przezklatkowe w ręku alergologa. Podstawy przezklatkowego badania USG

Lung ultrasound for allergologists

Małgorzata Michalczuk [1,2], *Anna Chudoba* [2], *Adam J. Sybilski* [1,2,*]

[1] *Zakład Profilaktyki Zagrożeń Środowiskowych i Alergologii, WUM, Warszawa, Polska*
[2] *Oddział Chorób Dziecięcych i Noworodkowych z Centrum Alergologii i Dermatologii, CSK MSWiA w Warszawie, Polska*

INFORMACJE O ARTYKULE

Historia artykułu:
Otrzymano: 01.03.2016
Zaakceptowano: 04.04.2016
Dostępne online: 16.04.2016

Słowa kluczowe:
- przezklatkowa ultrasonografia płuc
- choroby płuc
- dzieci
- diagnostyka

Keywords:
- Transthoracic lung ultrasound
- Lung disease
- Children
- Diagnostics

ABSTRACT

Transthoracic lung ultrasound (TLU) is a non-invasive and easily accessible method for diagnosing diseases of the pleura and lung. No ionizing radiation allows its use in people with diseases such as Nijmegen breakage syndrome (NBS) or pregnant women. Possibility of repeated studies allows to monitoring therapy. The method uses the artifacts caused by changes out to the periphery of the lungs. Visualization of specific artifacts in lung ultrasound in conjunction with the medial examination often allows the correct diagnosis. In addition, the sensitivity and specificity of TLU are often comparable to the radiological examination and computed tomography. Another advantage is the availability and the short duration of the study which is important in emergency cases.

The article presents study techniques and basic artifacts evaluated in TLU. Proper pleural line is characterized by equal outlines, without irregularities. The movement of the pleura is called “lung sliping sign”. Acoustic shadows of two adjacent ribs and pleural line form the so-called “bat sign”. The main artifacts assessed in TLU include artifacts line A, line B and line Z.

© 2016 Polish Society of Allergology. Published by Elsevier Sp. z o.o. All rights reserved.

Przezklatkowe badanie ultrasonograficzne płuc (PBUP) wykonywane jest od ponad 40 lat jako uzupełnienie badania przedmiotowego, badania rentgenowskiego czy tomografii komputerowej. Początkowo znajdowało ono swoje zastosowanie głównie w diagnostyce i terapii zmian zapalnych w płucach i oceny jam opłucnowych [1]. Jednak w badaniu możliwa jest również ocena miąższu płucnego znajdującego się podopłucnowo. Jest to o tyle ważne, że od 90% [2] do 98,5% [3] zmian istotnych klinicznie lokalizuje się pod linią opłucnej, co warunkuje ich dobrą dostępność w badaniu USG. Zdrowa tkanka płuca nie wykazuje żadnych artefaktów, jest więc niedostępna badaniu USG. Dzieje się tak, ponieważ powietrze znajdujące się w płucach powoduje prawie całkowite odbicie i rozproszenie emitowanych fal.

* *Adres do korespondencji*: Oddział Chorób Dziecięcych i Noworodkowych, CSK MSW w Warszawie, ul. Wołoska 137, 02-507 Warszawa, Polska.
Adres email: adam.sybilski@cskmswia.pl (A.J. Sybilski).

http://dx.doi.org/10.1016/j.alergo.2016.04.001
2353-3854/© 2016 Polish Society of Allergology. Published by Elsevier Sp. z o.o. All rights reserved.

Jednak z chwilą pojawienia się patologii, zmniejsza się upowietrznienie płuc, co powoduje powstawanie różnych artefaktów, na podstawie których możliwe jest różnicowanie patologii [4]. W diagnozowaniu płuc przeszkodą wydają się być struktury kostne otaczające tkankę płucną: mostek, łopatki czy żebra. Jednak przestrzenie międzyżebrowe są doskonałymi oknami akustycznymi, które wykorzystuje się jako miejsca przyłożenia głowicy [4, 5]. Do tej pory podstawą diagnostyki obrazowej płuc były metody wykorzystujące promienie jonizujące (zdjęcia rentgenowskie, tomografia komputerowa). W wielu pracach wykazano szkodliwość tego promieniowania dla tkanek człowieka, zwłaszcza u najmłodszych pacjentów [6–8]. Ultrasonografia wykorzystująca nieszkodliwe ultradźwięki jest badaniem nieobciążającym pacjenta, może więc być z powodzeniem wykorzystywana w pediatrii, ginekologii czy też do częstego monitorowania przebiegu leczenia. Do bezwzględnych przeciwwskazań badań obrazowych z promieniowaniem jonizującym zalicza się: ciążę, nosicielstwo genu *BRCA* 1 i 2 oraz zespół Nijmegen [9]. Dodatkowo ze względu na dostępność nowych, zminiaturyzowanych aparatów ultrasonograficznych są one także powszechnie wykorzystywane w diagnostyce stanów nagłych, zwłaszcza w oddziałach ratunkowych (diagnostyka obrzęku płuc, odmy opłucnowej, RDS) [10].

Fakt dostępności aparatów, braku działań niepożądanych, łatwość przeprowadzenia badania, niski koszt oraz możliwość szczegółowej analizy obrazu sprawiają, że badanie USG przezklatkowe płuc może być niezwykle przydatnym narzędziem przy planowaniu odpowiedniej terapii oraz monitorowaniu skutków leczenia. Na podstawie wielu przeprowadzonych badań, przede wszystkim Copettiego i wsp. [11], wykazano wysoką czułość i swoistość badania ultrasonograficznego płuc w porównaniu z innymi badaniami obrazowymi (zdjęcia radiologiczne, a nawet TK). W populacji dziecięcej, u pacjentów z zapaleniem oskrzelików, czułość i swoistość PBUB w porównaniu z RTG wynosiła 92–100% [12]. Możliwość wykonania w gabinecie prostego i szybkiego badania, którym jest USG przezklatkowe, wydaje się wychodzić naprzeciw potrzebom lekarza praktyka. Ta koncepcja upowszechnienia badania ultrasonograficznego, by było ono narzędziem w rękach lekarza praktyka bezpośrednio leczącego pacjenta, rozwija się od wielu lat i zwana jest *point of care* [13, 14]. Dla pulmonologa czy alergologa znajomość wykonywania PBUP może ułatwić różnicowanie duszności, kaszlu czy bólu w klatce piersiowej. PBUP pomaga w rozpoznaniu zapalenia płuc, płynu w jamie opłucnowej, odmy (np. u młodych dorosłych czy u pacjentów z POChP), zatorowości bądź zespołów śródmiąższowych. Ponadto pewne charakterystyczne cechy obrazu ultrasonograficznego wraz z badaniem podmiotowym i przedmiotowym mogą sugerować etiologię zmian zapalnych w płucach (np. infekcje atypowe), choć to wciąż pozostaje kwestia sporną, nawet dla najbardziej doświadczonych badaczy.

Technika wykonania badania

W badaniu ultrasonograficznym klatki piersiowej wykorzystuje się zjawisko odbijania fali ultradźwiękowej przez powietrze, które znajduje się w płucach. Rozchodzenie się ultradźwięków w tkankach zależy od ich gęstości i struktury, czyli od tzw. impedancji akustycznej, która jest różna dla poszczególnych tkanek [15]. Badanie wykonuje się aparatem dowolnej klasy, z wykorzystaniem trzech rodzajów głowic: convex, liniowej i mikroconvex (Ryc. 1).



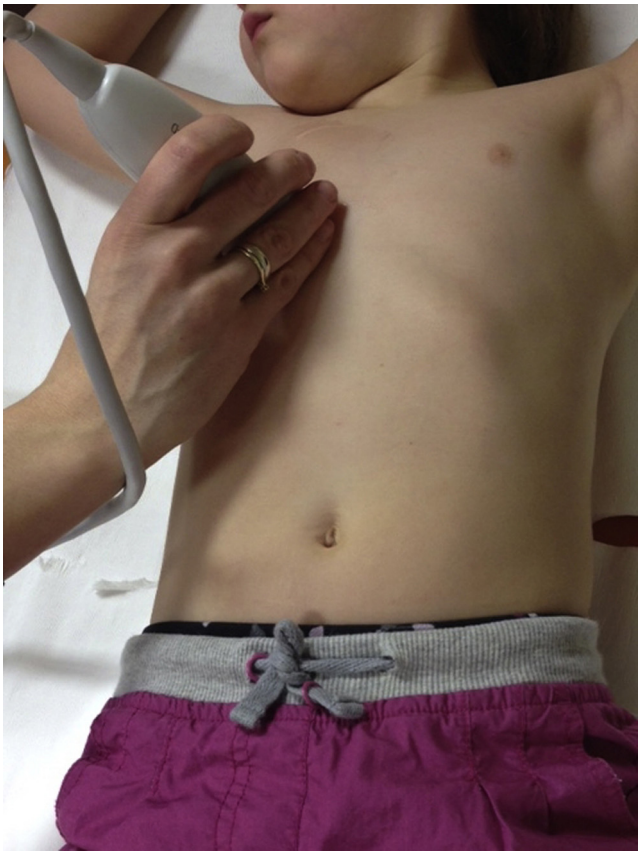
Ryc. 1 – Głowica convexowa i liniowa
Fig. 1 – Head convex and head Line

Głowica convex ma dużą powierzchnię przyłożenia, niską częstotliwość fal ultradźwiękowych co daje dobrą penetrację ale słabszą rozdzielczość obrazu. Głowica liniowa (zalecana zwłaszcza do badania dzieci) ma stosunkowo dużą powierzchnię przyłożenia, bardzo dobrą rozdzielczość obrazu, czuły Doppler, ale słabszą penetrację niż głowica convex. Głowica mikroconvex ma małe rozmiary, szeroki kąt natarcia, wysoką rozdzielczość i dobrą penetrację. Stosowana jest najczęściej w przypadku zmian położonych między wąskimi przestrzeniami międzyżebrowymi, częściej u noworodków i niemowląt.

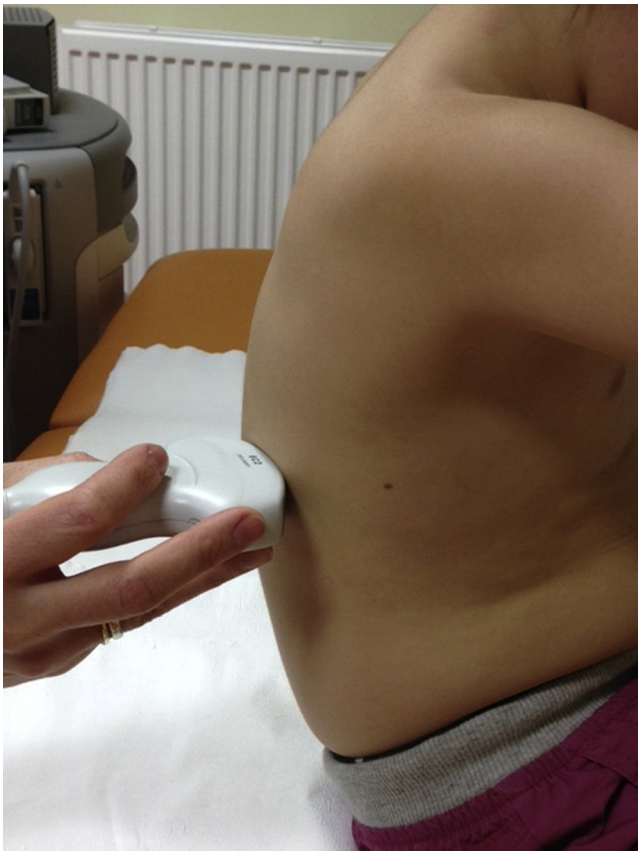
Pacjenta można badać w pozycji stojącej, leżącej bądź siedzącej [16]. Najczęściej bada się z przodu w pozycji leżącej (Ryc. 2 i 3) i z tyłu w pozycji siedzącej (Ryc. 4). Szczyty płuc ocenia się z dostępu nadobojczykowego (Ryc. 5).

W celu zbadania tkanki płucnej zlokalizowanej za strukturami kostnymi, można poprosić pacjenta o położenie rąk na/za głową, o nabranie czy wypuszczenie powietrza [17]. Głowice przykłada się w przyłożeniach podłużnych, przesuwając ją wzdłuż międzyżebrzy, oraz poprzecznych, przesuwając od góry do dołu [4]. Badanie zaczyna się z użyciem głowicy convexowej („skanującej"), następnie w celu oceny zmian położonych powierzchownie (ściany klatki piersiowej, szczegółowo opłucna i obszary położone bezpośrednio poniżej linii opłucnej) zmienia się głowicę na liniową.

Badanie wykonywane jest w czasie rzeczywistym w opcji B-mode, za pomocą której otrzymujemy obraz dwuwymiarowy. W niektórych sytuacjach korzystamy z opcji M-mode, aby ocenić w wybranym przekroju narządy ruszające się (diagnostyka odmy opłucnowej, ruchomości przepony, fizjologiczny objaw ślizgania opłucnej). Opcja Dopplera kodowanego kolorem umożliwia ocenę unaczynienia konsolidacji czy ocenę obecności płynu w jamach opłucnowych.



Ryc. 2 – Badanie pacjenta z przodu w pozycji leżącej
Fig. 2 – Examination of the patient from the front of the supine



Ryc. 4 – Badanie pacjenta z tyłu w pozycji siedzącej
Fig. 4 – Examination of the patient with the back in a sitting position

Co można „zobaczyć” w PBUP?

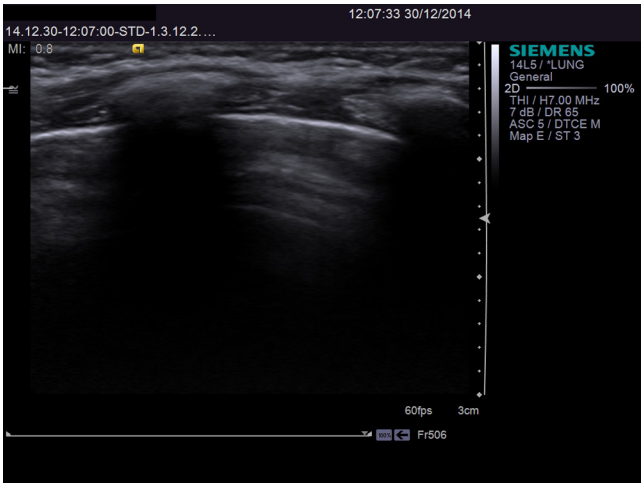
Daniel Lichtenstein, twórca diagnostyki obrazowej płuc, zauważył, że na granicy środowiska wodnego i powietrznego w płucach powstają artefakty. Znajomość morfologii artefaktów, stwierdzenie ich obecności bądź braku umożliwia różnicowanie najczęstszych patologii układu oddechowego [18]. Liczne późniejsze publikacje potwierdziły słuszność teorii Lichtensteina [2, 3, 19–23].



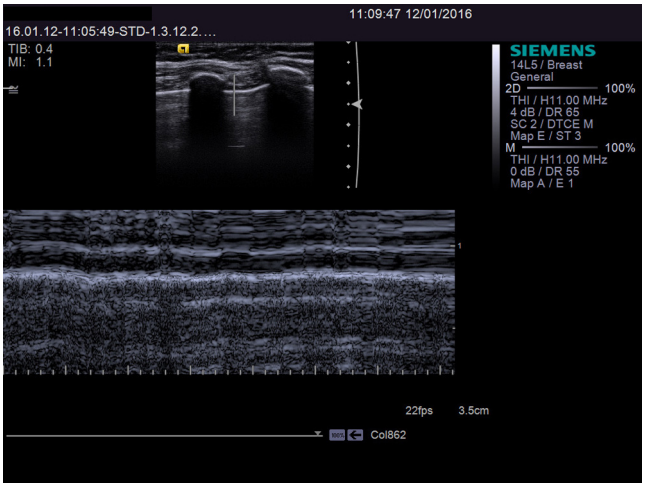
Ryc. 3 – Badanie pacjenta z boku w pozycji leżącej
Fig. 3 – Examination of the patient from the side of the supine



Ryc. 5 – Badanie pacjenta w pozycji siedzącej, okolice nadobojczykowe – ocena szczytów płuc
Fig. 5 – Examination of the patient in a sitting position, supraclavicular area



Ryc. 6 – Linia opłucnej
Fig. 6 – Pleura line



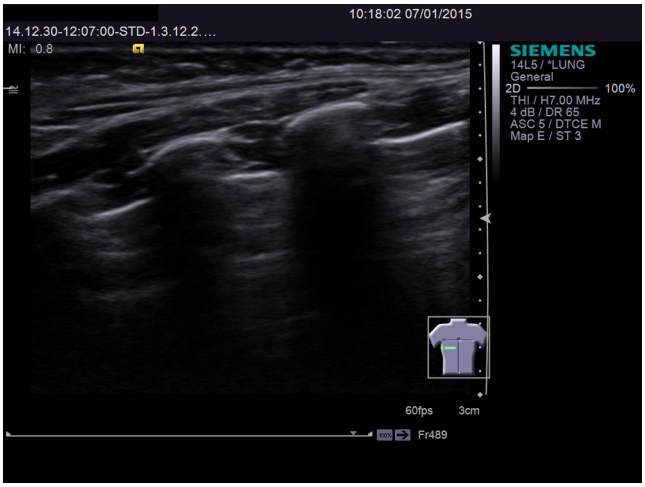
Ryc. 7 – Objaw brzegu morskiego w opcji M-mode
Fig. 7 – Sea shore sign in M-mode

Prawidłowy obraz płuc

Po przyłożeniu głowicy do ścian klatki piersiowej pod tkankami miękkimi widoczne są żebra dające charakterystyczny cień akustyczny. Pod nimi widoczna jest poruszająca się wraz z akcją oddechową hiperechogenna linia opłucnej (Ryc. 6). Prawidłowa linia opłucnej charakteryzuje się równymi zarysami, bez nieregularności. Ruch opłucnej zwany jest „objawem ślizgania" (*lung sliping sign*) i jest to objaw fizjologiczny, którego należy poszukiwać podczas każdego badania [21]. Jest on efektem przemieszczania się opłucnej płucnej po nieruchomej opłucnej ściennej. Objaw ten jest intensywniej widoczny u podstawy płuc. W warunkach fizjologicznych warstwy obu opłucnych wraz ze śladową ilością płynu miedzy nimi widziane są jako jedna struktura i nie powinny przekraczać grubości 2 mm.

W celu weryfikacji ruchu obu blaszek opłucnej można posłużyć się opcją M-mode. Uzyskuje się wtedy tzw. objaw brzegu morskiego (*seashore sign*) (Ryc. 7), gdzie linię brzegową stanowi linia opłucnej, piasek – tkankę płucną, a fale morza – struktury powyżej [21].

Cienie akustyczne dwóch sąsiadujących żeber oraz rozpostarta pomiędzy nimi hiperechogenna linia opłucnej – widziane w poprzecznym przyłożeniu głowicy, tworzą tzw. objaw nietoperza (*bat sign*) (Ryc. 8) [24].

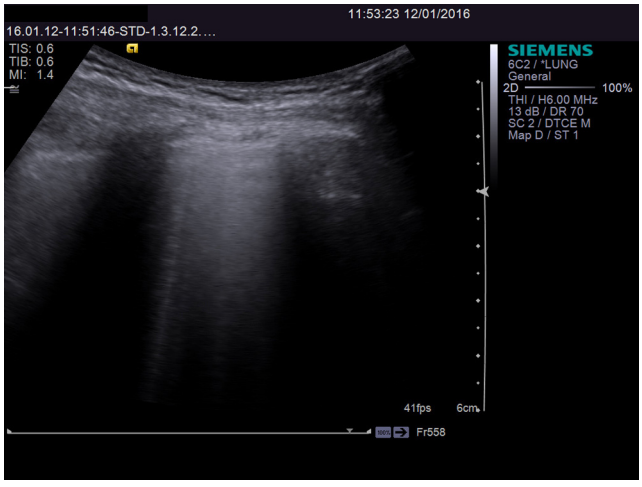


Ryc. 8 – Objaw nietoperza
Fig. 8 – Bat sign

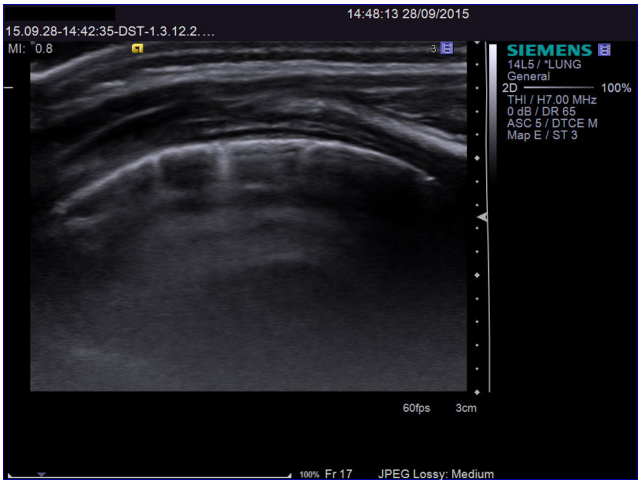
Artefakty

Poniżej linii opłucnej widoczne są artefakty linii A (Ryc. 6 i 8). Są to hiperechogeniczne linie, powtarzające się w odległości równej odległości ściany klatki piersiowej do opłucnej. Są to artefakty rewerberacji, stopniowego zanikania energii fal związanego z dużą liczbą fal odbitych (pogłos) [24, 25]. Występują one fizjologicznie w zdrowym płucu oraz np. w odmie opłucnowej [19].

Pionowo poniżej linii opłucnej powstają hiperechogeniczne **artefakty linii B** (Ryc. 9). Są one skutkiem obecności



Ryc. 9 – Artefakty linii B
Fig. 9 – B-line artifacts



Ryc. 10 – Artefakty linii Z
Fig. 10 – Z-line artifacts

niewielkiej ilości płynu pod opłucną płucną (najczęściej w przegrodach międzypęcherzykowych lub przy włóknieniu opłucnej). Artefakty te widoczne są przy użyciu każdej z głowic, ale ze względu na ich długość weryfikuje się je sondą convexową. Artefakty linii B, niczym promienie słoneczne spomiędzy chmur, biegną prze całą długość ekranu i przemieszczają się wraz z ruchem opłucnej [3, 18]. Najczęściej „wymazują" one artefakty linii A. Oba artefakty można zaobserwować u dzieci podczas badania głowicą liniową [4]. Artefakty linii B występują u 27% zdrowych pacjentów, najczęściej z tyłu (1–2 linii w jednym przyłożeniu głowicy) oraz w stanach patologicznych, np. w zapaleniach dróg oddechowych, zespołach śródmiąższowych czy obrzęku płuc.

U 80% zdrowych osób w badaniu USG płuc mogą występować **artefakty linii Z** (Ryc. 10) [20, 22]. Są one podobne do artefaktów linii B, ale są krótsze (1/2–2/3 długości ekranu) i nie mają wpływu na obecność artefaktów linii A. Część badaczy uważa je za mało istotne klinicznie [2].

Podsumowanie

Znajomość podstaw przezklatkowego badania USG płuc umożliwia rozpoczęcie badania pacjentów z patologiami układu oddechowego. W niektórych patologiach opisano szczegółowe kryteria obrazów USG, które umożliwiają właściwą diagnozę. Umiejętność właściwego interpretowania obrazów wymaga niewątpliwie doświadczenia badającego, jego regularnego szkolenia oraz dużej ilości wykonywanych badań [26].

Znaczenie PBUP potwierdza fakt umieszczenia go w międzynarodowych rekomendacjach [27] oraz wpisania go jako obowiązkową procedurę w programie specjalizacji z pulmonologii. Biorąc pod uwagę liczne korzyści PBUP, warto propagować ten rodzaj diagnozowania pacjentów i szerzyć wiedzę dotyczącą ultrasonografii płuc. Jest to badanie, które, w ocenie autorów, w przyszłości zmieni podejście wielu lekarzy i stanie się w ich rękach „stetoskopem XXI wieku" [28–30].

Wkład autorów/Authors' contributions

MM – koncepcja pracy, zebranie i interpretacja danych, przygotowanie piśmiennictwa. AJS – koncepcja pracy, interpretacja danych, akceptacja ostatecznej wersji. AC – zebranie i interpretacja danych.

Konflikt interesu/Conflict of interest

Nie występuje.

Finansowanie/Financial support

Nie występuje.

Etyka/Ethics

Treści przedstawione w artykule są zgodne z zasadami Deklaracji Helsińskiej, dyrektywami EU oraz ujednoliconymi wymaganiami dla czasopism biomedycznych.

PIŚMIENNICTWO/REFERENCES

[1] Reissing A, Copetti R, Mathis G, Mempel C, Schuler A, Zechner P, et al. Lung ultrasound in the diagnosis and follow-up of community-acquired pneumonia: a prospective, multicenter, diagnostic accuracy study. Chest 2012;142:965–972.
[2] Lichtenstein DA. Lung ultrasound in the critically ill. W: Yearbook of Intensive Care and Emergency Medicine. Heidelberg: Springer; 2004: 625–644.
[3] Lichtenstein DA. Ultrasound examination of the lungs in the intensive care unit. Pediatr Crit Care Med 2009;10:693–698.
[4] Kosiak W. Ultrasonograf stetoskopem w anestezjologii I medycynie ratunkowej: mit czy rzeczywistość? Część 1. Obraz prawidłowy i podstawy diagnostyki ultrasonograficznej płuc. Anestezjologia i Ratownictwo 2010;4:22–110.
[5] Gargani L. Lung ultrasound: a New tool for the cardiologist. Cardiovasc Ultrasound 2011;9:6.
[6] Datz H, Ben-Shlomo A, Bader D, Sadetzki S, Juster-Reicher A, Marks K, et al. The additional dose to radiosensitive organs by using under-collimated X-ray beams in neonatal intensive care radiography. Radiat Prot Dosimetry 2008;130:518–524.
[7] Armpilia CI, Fife IA, Croasdale PL. Radiation dose quantities and risk in neonates in a special care baby unit. Br J Radiol 2002;75:590–595.
[8] Dougeni ED, Delis HB, Karatza AA, Kalogeropoulou CP, Skiadopoulos SG, Mantagos SP, et al. Dose and image quality optimization in neonatal radiography. Br J Radiol 2007;80:807–815.
[9] Andrieu N, Easton DF, Chang-Claude J, Rookus MA, Brohet R, Cardis E, et al. Effect of chest X-rays on the risk of breast canser among BRCA1/2 mutation carriers in the international BRCA ½ carier cohort study:a raport from the Embrace, GENESPO, GEOHEBON and IBCCS Collaborators Group. J Clin Oncol 2006;24:3361–3366.

[10] Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E, Cluzel P, Grenier P, Rouby JJ. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. Anesthesiology 2004;100:9–15.
[11] Copetti R, Cattarossi L. Ultrasound diagnosis of pneumonia in children. Radiol Med 2008;113:190–198.
[12] Caiulo VA, Gargani L, Caiulo S, Fisicaro A, Moramarco F, Latini G, et al. Lung ultrasound in bronchiolitis: comparison with chest X-ray. Eur J Pediatr 2011;170:1427–1433.
[13] Darge K, Chen A. Point-of-care ultrasound in diagnosis pneumonia in children. J Pediatr 2013;163:302–303.
[14] Shah VP, Tunik MG, Tsung JW. Prospective evaluation of point-of-care ultrasonography for the diagnosis of pneumonia in children and young adults. JAMA Pediatr 2013;167:119–125.
[15] Kremer H, Dobrinski W. Diagnostyka ultrasonograficzna. Wrocław: Urban & Partner; 1996: 3–10.
[16] Mong A, Epelman M, Darge K. Ultrasound of the pediatric chest. Pediatr Radiol 2012;42:1287–1297.
[17] Buda N, Kosiak W, Paczkowski K. Przezklatkowa ultrasonografia płuc w Klinice Pneumonologii Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego – podsumowanie studenckiego projektu badawczego. Ultrasonografia 2009;9:31–38.
[18] Lichtenstein DA, Meziere G. A lung ultrasound sign allowing bedside distinction between pulmonary edema and COPD: The comet-tail artifact. Intensive Care Med 1998;24:1331–1334.
[19] Lichtenstein DA, Meziere G, Biderman P, Gepner A. The lung point: An ultrasound sign specific to pneumothorax. Intensive Care Med 2000;26:1434–1440.
[20] Lichtenstein DA. Ultrasound in the management of thoracic disease. Crit Care Med 2007;35:S250–S261.
[21] Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. Chest 2008;134:117–125.
[22] Lichtenstein DA. The Respiratory System. W: Practical Ultrasound in Anesthesia for Critical Care and Pain Management. New York: Informa Healthcare USA; 2008: 194–214.
[23] Lichtenstein D. General ultrasound in the critically ill, 2nd Ed., Heidelberg: Springer-Verlag; 2005: 70–95.
[24] Soldati G, Sher S. Bedside lung ultrasound In critical care practise. Minerva Anestesiol 2009;75:509–517.
[25] Lichtenstein D. General Ultrasound in the Critically Ill. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag; 2010: 117–127.
[26] Islam S, Tonn H. Thoracic Ultrasound Overview. Basel: Karger; 2009.
[27] Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. International Liaison Committee of Lung Ultrasound (ILC-LUS) for International Consensus Conference on Lung Ultrasound (ICC-LUS) International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. Intensive Care Med 2012;38:577–591.
[28] Filly RA. Ultrasound: the stethoscope of the future, alas. Radiology 1988;167:400.
[29] Darge K, Chen A. Ultrasonography of the lungs and pleurae for the diagnosis of pneumonia in children: prime time for routine use. JAMA Pediatr 2013;167:187–188.
[30] Gillman LM, Kirkpatrick AW. Portable bedside ultrasound: the visual stethoscope of the 21st centry. Scand J Trauma Resusc Emerg Med 2012.