

Marta Rudnicka

Przekłatkowe badanie ultrasonograficzne płuc – podstawy

Transthoracic lung ultrasound – the basics

Oddział I Pediatrii, Alergologii i Pulmonologii, Samodzielny Publiczny Specjalistyczny Zakład Opieki Zdrowotnej „ZDROJE”, Szczecin, Polska

Adres do korespondencji: Marta Rudnicka, Oddział I Pediatrii, Alergologii i Pulmonologii, Samodzielny Publiczny Specjalistyczny Zakład Opieki Zdrowotnej „ZDROJE”, ul. Mączna 4, 70-780 Szczecin, tel.: +48 91 880 63 83, e-mail: marta.rudnicka09@gmail.com

Streszczenie

Przekłatkowe badanie ultrasonograficzne płuc jest wykonywane od ponad 40 lat. Początkowo jego głównym zastosowaniem była ocena płynu w jamie opłucnowej, z biegiem czasu liczne badania potwierdziły jego przydatność w diagnostyce chorób płuc. W porównaniu z badaniem rentgenowskim jest pozbawione szkodliwego promieniowania jonizującego, dzięki czemu można je wielokrotnie powtarzać, nie powodując zagrożenia dla zdrowia pacjenta. Przekłatkowe badanie ultrasonograficzne płuc umożliwia ocenę opłucnej płucnej, opłucnej ściennej, przestrzeni pomiędzy nimi oraz samej tkanki płucnej. Niniejsze opracowanie przedstawia technikę badania oraz podstawowe artefakty występujące w prawidłowym badaniu ultrasonograficznym płuc. Do wykonania badania potrzebny jest dowolnej klasy aparat ultrasonograficzny posiadający głowice typu convex oraz liniową. Podstawowy obraz stanowi tak zwany objaw nietoperza, czyli obraz, na jaki składają się cienie dwóch sąsiadujących ze sobą żeber oraz hiperechogenna linia pomiędzy nimi, czyli linia opłucnej. Następnie należy ocenić objaw ślizgania, czyli ruch opłucnej. Brak tego objawu może świadczyć o odmie opłucnowej. Ponadto należy poszukiwać artefaktów występujących w prawidłowym badaniu, takich jak poziome linie równoległe do linii opłucnej, nazywane liniami A, i pionowe linie przemieszczające się zgodnie z ruchami oddechowymi, nazywane liniami Z, liniami I oraz liniami B. Znajomość podstaw przekłatkowego badania ultrasonograficznego płuc jest pomocna w poszukiwaniu patologii. Wykonywanie dużej liczby badań ultrasonograficznych pozwala na zwiększenie własnego doświadczenia, przydatnego w interpretacji tego stosunkowo prostego badania.

Słowa kluczowe: przekłatkowa ultrasonografia płuc, linie B, objaw nietoperza

Abstract

Transthoracic lung ultrasound has been conducted for over 40 years. Initially, it was mainly performed to evaluate pleural fluid, but, with time, studies confirmed its usefulness in the diagnosis of lung diseases. By contrast with X-ray, ultrasound does not expose patients to harmful ionising radiation, owing to which it can be repeated many times without hazards to the patient. Transthoracic lung ultrasound enables evaluation of the pulmonary pleura, the parietal pleura, the pleural space and the pulmonary tissue itself. This review presents the scanning technique and basic artefacts observed in a normal ultrasound scan. The examination can be performed with any ultrasound machine equipped with convex and linear-array probes. The basic image is referred to as a “bat sign,” i.e. the image made up by shadows of two neighbouring ribs and a hyperechoic line between them, which is the pleural line. Subsequently, the sliding sign, i.e. pleural movement, must be assessed as its absence may indicate pneumothorax. Moreover, one must search for artefacts present in normal images, such as horizontal lines parallel to the pleural line, called A-lines, and vertical lines that move according to the respiratory movements, called Z-lines, I-lines and B-lines. The knowledge of the basics of transthoracic lung ultrasound is useful in the search for pathology. Performing ultrasound examinations frequently increases one's experience, which helps to interpret this relatively simple examination.

Key words: transthoracic lung ultrasound, B-lines, bat sign

WSTĘP

Badanie radiologiczne stanowi podstawową metodę diagnostyczną w przypadku chorób płuc i opłucnej. Najczęściej wykonywanym badaniem, zarówno w populacji osób dorosłych, jak i wśród dzieci, jest zdjęcie prześwietlowe klatki piersiowej. Jednocześnie jednym z podstawowych założeń współczesnej radiologii, przede wszystkim pediatricznej, jest redukcja dawki promieniowania jonizującego. Dzieci są bardziej wrażliwe na niższe dawki promieniowania, ponieważ w ich organizmach znajduje się wiele szybko dzielących się komórek, w których naprawa mutacji jest mniej efektywna niż w komórkach, które uległy już podziałowi. Ze względu na niską masę ciała dziecko w porównaniu z osobą dorosłą otrzymuje potencjalnie większą dawkę promieniowania⁽¹⁾. Ryzyko powikłań promieniowania jest tym wyższe, im dziecko jest młodsze. Przy tej samej dawce roczne dziecko cechuje się 10–15-krotnie większym ryzykiem zachorowania na nowotwór niż osoba dorosła^(2,3). W ostatnim czasie istotną alternatywą dla zdjęcia klatki piersiowej zaczyna się stawać przekłatkowe badanie ultrasonograficzne płuc (PBUP), które jeszcze kilkanaście lat temu było uważane za nieużyteczne w diagnostyce chorób płuc.

PBUP – ZASTOSOWANIE

Początkowo uważano, że PBUP nie nadaje się do oceny płuc, a jedynie opłucnej. Przekonanie to wynikało z zasad fizyki. W badaniu przekłatkowym płuc nie można uwidocznić prawidłowo powietrznych płuc. Wynika to ze zjawiska odbicia fali ultradźwiękowej na granicy dwóch tkanek. Miarą oporu, jaki stawia ośrodek rozchodzącej się w nim fali dźwiękowej, jest impedancja akustyczna. Na pograniczu ośrodków o różnej impedancji akustycznej fale ultradźwiękowe ulegają odbiciu. Większość tkanek miękkich ma zbliżoną impedancję akustyczną, natomiast impedancja akustyczna powietrza jest bardzo niska, dlatego tkanka powietrzna odbija falę dźwiękową, zatem niemożliwa jest ocena jakiejkolwiek struktury znajdującej się za taką powierzchnią⁽⁴⁾. Jednak w przypadku spadku upowietrznienia płuc zmiany patologiczne stają się oknem akustycznym – umożliwiają przechodzenie fali ultradźwiękowej w głębsze struktury klatki piersiowej i ich obrazowanie na ekranie monitora. Przekłatkowe badanie ultrasonograficzne płuc umożliwia ocenę opłucnej płucnej, opłucnej ściennej, przestrzeni pomiędzy tymi błonami oraz samej tkanki płucnej, znajdującej się podopłucnowo. Co niezmiernie istotne, od 90%⁽⁵⁾ do 98,5%⁽⁶⁾ zmian patologicznych w płucach jest umiejscowione obwodowo, pod linią opłucnej, dzięki czemu są dostępne badaniu ultrasonograficznemu. Przekłatkowe badanie ultrasonograficzne płuc jest stosunkowo proste, możliwe do przeprowadzenia przy łóżku chorego przez lekarza klinicystę, a co ważne, ze względu na brak ekspozycji na promieniowanie rentgenowskie można je też wielokrotnie powtarzać. W praktyce w ciągu ostatnich kilku lat PBUP z powodzeniem wykorzystuje się do oceny płynu

w jamach opłucnowych, potwierdzenia bądź wykluczenia odmy opłucnowej (czułość 100%, swoistość 88%), zatorowości płucnej (czułość 80–94%, swoistość 84–92%), zapalenia płuc (czułość 90%, swoistość 98%) oraz wielu innych jednostek chorobowych^(7–9).

RYS HISTORYCZNY

Przekłatkowe badanie ultrasonograficzne płuc jest wykonywane od ponad 40 lat. Pierwsze analizy dotyczyły oceny płynu w jamach opłucnowych. Jednym z pierwszych, którzy włożyli swój wkład w rozwój ultrasonografii płuc, był Polak doktor Janusz Grymiński, który już w latach 70. XX wieku podkreślał znaczenie wykorzystania ultrasonografii do lokalizacji wysięku w jamach opłucnowych oraz diagnostyki innych chorób płuc⁽¹⁰⁾. W latach 90. wzrosło zainteresowanie tą metodą diagnostyczną wśród lekarzy klinicystów z całego świata. W Europie niekwestionowanym liderem i propagatorem PBUP był Daniel Lichtenstein, który wraz ze swoim zespołem podkreślał znaczenie ultrasonografii płuc u chorych w stanie bezpośredniego zagrożenia życia. Uwzględniając liczbę publikacji, można go uznać za głównego twórcę współczesnej ultrasonografii płuc. Daniel Lichtenstein jest autorem koncepcji wykorzystania artefaktów ultrasonograficznych do diagnostyki płuc. Pod jego przewodnictwem opracowano ultrasonograficzne kryteria rozpoznawania chorób płuc u osób dorosłych. Liczba badań dotyczących dzieci jest znacznie mniejsza w porównaniu z badaniami dotyczącymi populacji dorosłych, jednak w ostatnich kilkunastu latach ukazały się liczne publikacje dotyczące przede wszystkim wykorzystania PBUP w diagnostyce zapaleń płuc u dzieci i zaburzeń oddychania u noworodków.

TECHNIKA BADANIA ULTRASONOGRAFICZNEGO

Do wykonania PBUP potrzebny jest dowolnej klasy aparat ultrasonograficzny. Badanie wykonuje się przy użyciu głowicy typu convex i głowicy liniowej. Głowice typu convex o częstotliwości 2–5 MHz charakteryzują się doskonałą penetracją i możliwością obrazowania z wykorzystaniem dopplera kodowanego kolorem. Głowice liniowe cechują się wyższą częstotliwością (8 MHz i więcej) i pozwalają uzyskać dokładniejsze obrazy struktur położonych bardziej powierzchownie. Zalecane są do badania pacjentów pediatricznych. Głowicę przykładamy do powierzchni klatki piersiowej zarówno podłużnie, jak i poprzecznie, przesuwając ją wzdłuż międzyżebry. Badanie można wykonać zarówno w pozycji leżącej, jak i siedzącej^(11–13).

PBUP – OBRAZ PRAWIDŁOWY

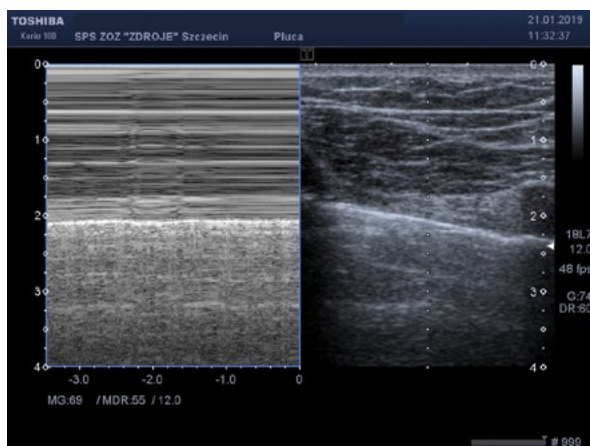
Po przyłożeniu głowicy do ściany klatki piersiowej uwi-
docznimy: tkankę podskórną, warstwę mięśni, powięź
wewnątrzpiersiową, linię opłucnej. Przy podłużnym



Ryc. 1. Objaw nietoperza. Poniżej linii dwóch sąsiadujących ze sobą żeber (oznaczone strzałkami) znajduje się hiperechogenna linia opłucnej

ustawieniu głowicy widzimy charakterystyczne podłużne cienie akustyczne generowane przez żebra. Poniżej linii dwóch sąsiadujących ze sobą żeber znajduje się hiperechogenna linia opłucnej. Taki obraz nazywamy objawem nietoperza (*bat sign*)⁽¹⁴⁾ (ryc. 1). Jest to podstawowy obraz w badaniu ultrasonograficznym płuc. Prawidłowa linia opłucnej to hiperechogenna, równa linia, która oddziela tkanki miękkie klatki piersiowej od powietrznego płuca. W wyniku przemieszczania się opłucnej płucnej względem opłucnej ściennej powstaje fizjologiczny objaw ślizgania, którego należy poszukiwać przy każdym badaniu. Jest on synchronizowany z oddechem⁽¹⁵⁾. Obrazowanie w trybie M-mode pomaga zrozumieć, że jest to ruch względny do tkanek powierzchniowych. Nazywa się go objawem brzegu morskiego. Powyżej linii opłucnej brak ruchu jest widoczny jako warstwowy wzór, poniżej widać ziarniste odbicia wskazujące na ruch linii opłucnej⁽¹⁴⁾ (ryc. 2).

Klatka piersiowa stanowi obszar, w którym powietrze pozostaje w ścisłym związku z wodą. Zgodnie z jedną

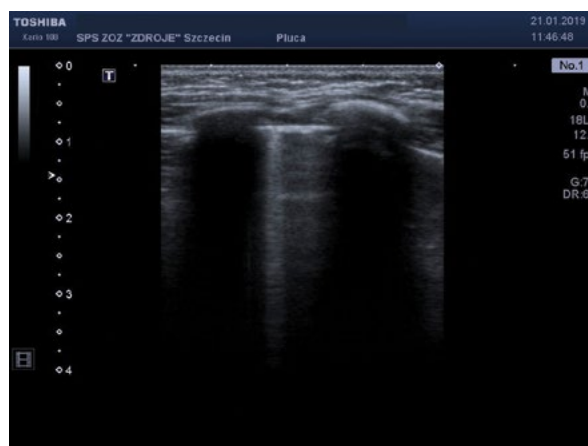


Ryc. 2. Objaw brzegu morskiego. Powyżej linii opłucnej brak ruchu widoczny jako warstwowy wzór, poniżej ziarniste odbicia wskazujące na ruch linii opłucnej



Ryc. 3. Linie A – oznaczone strzałkami

z podstawowych zasad oceny ultrasonograficznej płuc według Lichtensteina na granicy tych dwóch ośrodków powstają artefakty służące do oceny prawidłowych płuc⁽¹⁴⁾. Poziome linie równoległe do linii opłucnej, powtarzające się regularnie w tej samej odległości, jaka dzieli linię opłucnej i skórę, nazywamy artefaktami linii A⁽⁷⁾ (ryc. 3). Generuje je obecność powietrza w mięszu płuca. Pionowe hiperechogenne linie powstające na linii opłucnej, sięgające do końca ekranu, przemieszczające się zgodnie z ruchami opłucnej płucnej to artefakty linii B⁽¹⁶⁾, generowane przez niewielką objętość płynu w przegrodach międzyplacikowych. Charakteryzuje je siedem cech: mają charakter artefaktów ogona komety; jednoznacznie powstają na linii opłucnej; są hiperechogenne i dobrze widoczne; podczas oddychania układają się podobnie do światła lasera; są widoczne na całej długości monitora ekranu, bez efektu znikania; przemieszczają się zgodnie z akcją oddechową; jeżeli widoczne są artefakty linii B, to nie widać artefaktów linii A⁽¹²⁾. U dzieci jednak podczas badania głowicą liniową możemy zaobserwować artefakty obu rodzajów. Artefakty linii B występują u 27% zdrowych osób dorosłych, głównie z tyłu u podstawy płuc (ryc. 4). Artefakty linii Z to pionowe



Ryc. 4. Linia B



Ryc. 5. Linie Z

hiperechogenne linie, powstające na linii opłucnej, sięgające do 1/2 lub 2/3 ekranu, podobne do artefaktów linii B. Występują razem z artefaktami linii A. Ich obecność stwierdzono u 80% zdrowych dorosłych^(7,16,17) (ryc. 5). Sytuację, gdy nie widać artefaktów linii A ani artefaktów linii B, nazywa się artefaktem O. Według Lichtensteina jego znaczenie jest takie samo jak w przypadku artefaktów linii A⁽¹⁷⁾. Artefakty linii I powstają na linii opłucnej, nie wymazują artefaktów linii A, mają charakter ogona komety, ich długość wynosi około 1–3 cm. Znaczenie kliniczne oraz częstotliwość występowania nie zostały jednoznacznie wskazane⁽¹⁸⁾ (ryc. 6).

PODSUMOWANIE

W ostatnich latach znacznie zwiększyła się liczba aparatów ultrasonograficznych dostępnych na oddziałach szpitalnych oraz w gabinetach lekarza rodzinnego. W związku z tym warto poszerzać swoją wiedzę na temat badań, jakie można wykonać u pacjentów. Przekłatkowe badanie ultrasonograficzne płuc jest badaniem stosunkowo prostym oraz bezpiecznym, ponieważ jest pozbawione szkodliwego promieniowania jonizującego. Poznanie jego podstaw umożliwia poszukiwanie patologii. Istotną rolę odgrywa kształcenie się poprzez uczestnictwo w różnych kursach i zjazdach naukowych, ważne jest też nabywanie własnego doświadczenia podczas badania pacjentów. Z czasem badanie ultrasonograficzne płuc może się stać stetoskopem XXI wieku⁽¹⁹⁾.

Konflikt interesów

Autorzy nie zgłaszają żadnych finansowych ani osobistych powiązań z innymi osobami lub organizacjami, które mogłyby negatywnie wpłynąć na treść publikacji oraz rościć sobie prawo do tej publikacji.

Piśmiennictwo

1. Bahreyni Toossi MT, Malekzadeh M: Radiation dose to newborns in neonatal intensive care units. *Iran J Radiol* 2012; 9: 145–149.



Ryc. 6. Linie I

2. Mazrani W, McHugh K, Marsden PJ: The radiation burden of radiological investigations. *Arch Dis Child* 2007; 92: 1127–1131.
3. Hall EJ: Lessons we have learned from our children: cancer risks from diagnostic radiology. *Pediatr Radiol* 2002; 32: 700–706.
4. Jędrzejewska M, Jankowski P, Węckowski B: Podstawy obrazowania USG – część 1. *Inżynier i Fizyk Medyczny* 2014; 3 (2): 59–65.
5. Lichtenstein DA: Lung ultrasound in the critically ill. In: *Yearbook of Intensive Care and Emergency Medicine*. Springer, Heidelberg 2004: 625–644.
6. Lichtenstein DA: Ultrasound examination of the lungs in the intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med* 2009; 10: 693–698.
7. Lichtenstein DA, Mezière GA: Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest* 2008; 134: 117–125.
8. Reissig A, Kroegel C: Transthoracic ultrasound of lung and pleura in the diagnosis of pulmonary embolism: a novel non-invasive bedside approach. *Respiration* 2003; 70: 441–452.
9. Lichtenstein DA, Lascols N, Mezière G et al.: Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med* 2004; 30: 276–281.
10. Grymowski J, Krakówka P, Lypcewicz G: The diagnosis of pleural effusion by ultrasonic and radiologic techniques. *Chest* 1976; 70: 33–37.
11. Kosiak W: Diagnostyka ultrasonograficzna chorób zapalnych płuc. Część 1. *Obraz prawidłowy i podstawy diagnostyki ultrasonograficznej zmian zapalnych w płucach*. *Ultrasonografia* 2009; 9 (37): 26–31.
12. Kryger M, Kosiak W: Rola przekłatkowej ultrasonografii płuc u dzieci. *Pediatr Med Rodz* 2014; 10: 386–396.
13. Jakubowski W (ed.): *Standardy badań ultrasonograficznych Polskiego Towarzystwa Ultrasonograficznego*. 4th ed., Roztoczańska Szkoła Ultrasonografii, Warszawa 2011: 79–85.
14. Lichtenstein DA: Lung ultrasound in the critically ill. *Ann Intensive Care* 2014; 4: 1.
15. Lichtenstein DA, Menu Y: A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill. *Lung sliding*. *Chest* 1995; 108: 1345–1348.
16. Lichtenstein D, Mezière G: A lung ultrasound sign allowing bedside distinction between pulmonary edema and COPD: the comet-tail artifact. *Intensive Care Med* 1998; 24: 1331–1334.
17. Lichtenstein D, Mézière G, Biderman P et al.: The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 156: 1640–1646.
18. Lichtenstein DA: *General Ultrasound in the Critically Ill*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York 2010: 117–127.
19. Gillman LM, Kirkpatrick AW: Portable bedside ultrasound: the visual stethoscope of the 21st century. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2012; 20: 18.