

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 2. Możliwości wykorzystania przekłatkowego badania ultrasonograficznego płuc w diagnostyce odmy opłucnowej, obrzęku płuc, zatorowości płucnej i chorób zapalnych płuc w medycynie ratunkowej

Ultrasound: the stethoscope in anaesthesiology and critical care medicine - myth or reality? Part 2. Clinical usefulness of chest ultrasound in diagnosis of pneumothorax, pulmonary edema, pulmonary thromboembolism and infectious diseases in critical care medicine



Wojciech Kosiak

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

Streszczenie

W drugiej części pracy przedstawiono możliwości wykorzystania przekłatkowego badania ultrasonograficznego płuc w opiece przedszpitalnej, szpitalnym oddziale ratunkowym i oddziale intensywnej opieki medycznej oraz ultrasonograficzne kryteria rozpoznania najczęściej spotykanych zmian w płucach: odmy opłucnowej, obrzęku płuc, zatorowości płucnej i zapalenia płuc. *Anestezjologia i Ratownictwo 2010; 4: 361-372.*

Słowa kluczowe: przekłatkowe badanie ultrasonograficzne płuc, medycyna ratunkowa, odma opłucnowa, obrzęk płuc, zatorowość płucna, zapalenia płuc

Summary

The second part of the article presents usefulness of thoracic ultrasound examination in pre-hospital care, emergency room and intensive care unit. The aim of this review is to summarize the applications of sonographic imaging of the lungs and the findings associated with major respiratory disorders: pneumothorax, pulmonary edema, pulmonary thromboembolism and pneumonia. *Anestezjologia i Ratownictwo 2010; 4: 361-372.*

Keywords: chest ultrasound, intensive care medicine, pneumothorax, pulmonary edema, pulmonary thromboembolism, pneumonia

Przekłatkowa ultrasonografia płuc w opiece przedszpitalnej

W opiece przedszpitalnej klasyczny stetoskop w połączeniu z pulsoksymetrem jest nadal głównym instrumentem medycznym wykorzystywanym do oceny płuc chorego.

Trudności, jakie napotykamy podczas tego badania często uniemożliwiają jego wykonanie ze względu na poziom hałasu. Pewna i jednoznaczna ocena zmian osłuchowych w wielu przypadkach nie jest możliwa. Przekłatkowe badanie ultrasonograficzne płuc (PBUP) w opiece przedszpitalnej na miejscu wezwania czy w środkach transportu sanitarnego wykonywane jest jeszcze stosunkowo rzadko i tylko w niektórych ośrodkach. Jednakże duża już dostępność do małych przenośnych aparatów ultrasonograficznych typu „hand-held” stwarza podstawy do coraz szerszego wykorzystania ich również w opiece przedszpitalnej. Parametry obrazowania, jakość uzyskiwanych obrazów i doświadczenia kliniczne w pełni uzasadniają tę tezę [1,2].

W czym zatem może nam pomóc PBUP?

Pozwala w sposób pewny i jednoznaczny określić prawidłową lokalizację rurki dotchawiczej.

W przypadku tępego urazu klatki piersiowej: umożliwia szybkie i pewne rozpoznanie odmy opłucnowej i w przypadku konieczności jej odbarczenia pozwala na ocenę skuteczności wykonanego zabiegu. W przypadku stłuczenia płuca możliwe jest wstępne określenie jego rozległości i wykluczenie bądź potwierdzenie współistniejącej odmy opłucnowej, czy masywnego krwawienia do jamy opłucnowej.

Pewnym paradoksem może wydawać się fakt, że za pomocą PBUP wykonanego u pacjenta z dusznością jesteśmy w stanie z bardzo dużym prawdopodobieństwem określić jej przyczynę. Badanie wykonane może być zarówno w miejscu wezwania zespołu ratunkowego, jak i w przychodni (w opiece przedszpitalnej).

Oceniając obecność lub brak podstawowych artefaktów ultrasonograficznych możemy potwierdzić lub wykluczyć: odmę opłucnową [3,4] zapalenie płuc [5-7], obrzęk płuc [8-12], czy zmiany w przebiegu choroby obturacyjnej płuc [5,6,13].

Przekłatkowa ultrasonografia płuc w szpitalnym oddziale ratunkowym

Znając możliwości PBUP wydawać by się mogło, że nie ma lepszej metody do wstępnej diagnostyki pacjentów z problemami ze strony układu oddechowego w oddziale ratunkowym. I tak rzeczywiście jest, jeżeli zastąpimy klasyczny stetoskop „sonoskopem”, czyli przenośnym aparatem ultrasonograficznym, lub klasycznym aparatem usg, możemy podobnie jak w opiece przedszpitalnej z dużą pewnością postawić wstępne rozpoznanie, wdrożyć terapię i ukierunkować dalszą diagnostykę. Dodatkowo badanie w warunkach oddziału ratunkowego pozwala, w przypadku pacjentów z dusznością, na nieco spokojniejszą ocenę niż w opiece przedszpitalnej i na monitorowanie skuteczności postępowania terapeutycznego. W wielu ośrodkach PBUP wraz z badaniem echokardiograficznym jest pierwszym badaniem diagnostycznym wykonywanym u pacjentów z dusznością i/lub bólem w klatce piersiowej. Wynik tego badania ukierunkowuje dalsze postępowanie diagnostyczno-terapeutyczne. Podobnie jak w opiece przedszpitalnej, wykonując PBUP możemy potwierdzić lub wykluczyć odmę opłucnową, obrzęk płuc, zapalenie płuc, czy też zaostrzenie przewlekłej choroby obturacyjnej płuc. Dodatkowo uwidocznić możemy zmiany sugerujące zatorowość płucną [14-16]. W pewnych sytuacjach klinicznych może to w istotny sposób przyspieszyć wczesne rozpoczęcie terapii, a w stanach bezpośredniego zagrożenia życia ocena ultrasonograficzna płuc i serca możliwa jest do wykonania równocześnie z działaniami resuscytacyjnymi. Takie postępowanie umożliwia natychmiastowe rozpoznanie odmy opłucnowej, krwawienia do jam opłucnowych, czy tamponady serca, a także na ocenę skuteczności zabiegów resuscytacyjnych [17-19].

Przekłatkowa ultrasonografia płuc w oddziale intensywnej opieki medycznej

Pewnym paradoksem jest również fakt, że w oddziałach intensywnej opieki medycznej leczeni są pacjenci z najpoważniejszymi schorzeniami układu oddechowego, wymagający respiratoroterapii, a tak naprawdę do oceny układu oddechowego dysponujemy tylko klasycznym stetoskopem i przyłóżkowym aparatem rtg, z często bardzo utrudnionym dostępem do badań za pomocą tomografii komputerowej. Wykonanie badania TK wiąże się z koniecznością

transportu ciężko chorego pacjenta, ograniczoną możliwością powtarzania badań i nie zawsze można je wykonać natychmiast. Uwzględnić należy również aspekt potencjalnych, zarówno wczesnych, jak i odległych powikłań tej metody obrazowania [20].

W pracy D. Lichtenstein i wsp. „*Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acuterespiratory distress syndrome*” porównano czułość i swoistość oceny zmian w płucach za pomocą stetoskopu, klasycznego badania rtg i przezklatkowej ultrasonografii płuc w najczęściej spotkanych zmianach w grupie pacjentów oddziału intensywnej opieki [21]. Wnioski są jednoznaczne, czułość i swoistość badania płuc za pomocą ultrasonografu przewyższa znacznie klasyczny stetoskop i przyłóżkowo wykonane badanie rtg klatki piersiowej. Skuteczność diagnostyczna (ang. *diagnostic accuracy*) w przypadku zmian zapalnych w płucach oszacowano na 97% dla PBUP, przy 36% skuteczności dla stetoskopu i 75% dla przyłóżkowo wykonanego badania rtg klatki piersiowej, a w zespole śródmiąższowo-pęcherzykowym odpowiednio 95% dla PBUP, 55% w ocenie stetoskopem i 72% w przyłóżkowo wykonanym badaniu rtg klatki piersiowej [21].

W oddziałach intensywnej opieki medycznej PBUP można wykonać w dowolnym momencie, wielokrotnie powtarzać z pełnym bezpieczeństwem badania.

Korzystając z „sonoskopu” możliwa jest pełna ultrasonograficzna ocena pacjenta, od pomiaru szerokości pochewki nerwu wzrokowego w ocenie przezgałkowej w poszukiwaniu cech obrzęku mózgu [22,23], do oceny naczyń kończyn dolnych przy podejrzeniu zatorowości płucnej [24].

Analiza obrazów ultrasonograficznych płuc [11,25,26] i żyły głównej dolnej oraz aorty brzusznej [27-29] pozwala wnioskować o stopniu nawodnienia pacjenta i wydaje się, że jest to niedoceniany jeszcze aspekt diagnostyki ultrasonograficznej, nie tylko w oddziałach intensywnej terapii.

Przezklatkowe badanie ultrasonograficzne płuc – ograniczenia metody

Podstawowym ograniczeniem PBUP jest brak możliwości uwidocznienia zmian, które nie mają bezpośredniego kontaktu z opłucną, lecz - jak przedstawiono powyżej - dotyczy to tylko niewielkiego odsetka zmian w przebiegu chorób zapalnych, a wszystkie pozostałe ostre stany chorobowe płuc posiadają stosunkowo charakterystyczny wzorzec ultrasonograficzny. Kolejnymi ograniczeniami badania w stanach nagłych mogą być: utrudniona (często niemożliwa) ocena tylnej powierzchni płuc, pacjenci ze znacznego stopnia oty-

Tabela 1. Artefakty ultrasonograficzne wykorzystywane w diagnostyce odmy opłucnowej w PBUP – znacznie kliniczne, czułość, swoistość i odnośne piśmiennictwo

Artefakt	Obecny	Brak	Czułość/swoistość	Piśmiennictwo
objaw ślizgania	wyklucza	potwierdza	100% /91% w ogólnej populacji i 60-78 % w grupie pacjentów w stanie krytycznym	[32,33]
artefakty linii A i obraz w opcji M – mode – tzw. objaw „stratosphere sign”*	potwierdza	wyklucza	100%/ 60%	[34,35]
artefakty linii B	wyklucza	potwierdza	100%/100%	[34,35]
„lung point”**	potwierdza	wyklucza	66-79%/100%	[4,30,32,33,36,37]

* tzw. „stratosphere sign” (ang.) - objaw oceniany w opcji M-mode. Widoczny jest w przypadku ujemnego objaw ślizgania. Odpowiada całkowitemu zniesieniu ruchomości opłucnej w ocenianym obszarze [38]. (Brak jest odpowiedniego odnośnika w języku polskim, zdaniem autora równie dobrym określeniem może być objaw kodu paskowego, ze względu na liczne, równoległe układające się linie przypominające kod paskowy) (Rycina 1);

** „lung point” (ang.) - to angielskie określenie miejsca granicznego pomiędzy prawidłowo powietrznym płucem a obszarem odmy opłucnowej, czyli granicy, na której widzimy objaw ślizgania opłucnej i strefy płuca bez tego objawu. Objaw ten jest efektem przybliżania się do ściany klatki piersiowej zapadniętego płuca w wyniku nieznacznego wzrostu jego objętości podczas wdechu. Na ekranie monitora widoczna jest granica pomiędzy prawidłowym obrazem płuca, a obrazem określanym jako wzorzec A – lines (widoczne są tylko liczne linie A) (Rycina 2). Uwidocznienie tzw. „lung point” możliwe jest również w opcji M-mode, stwierdzamy wówczas dwa graniczące ze sobą objawy: objaw brzegu morskiego – ang. „seashore sign” - jako obraz prawidłowy i objaw kodu paskowego – ang. „stratosphere sign” jako potwierdzający obecność odmy opłucnowej.

łością, brak (lub niepełny) wywiadu co do przebytych lub aktualnych chorób płuc.

Niestety, wydaje się, że w chwili obecnej za ograniczenie metody uznać należy również fakt barku powszechnej akceptacji PBUP przez klinicystów.

Przezskłatkowe badanie ultrasonograficzne płuc – jak rozpoznać odmę opłucnową?

W znacznej liczbie badań wykonywanych w stanach nagłych miejsce przyłożenia głowicy ograniczone jest do przednio-bocznych powierzchni ciała, ze znacznie utrudnionym dostępem do tylnych powierzchni klatki piersiowej. Nie jest to jednak istotnym ograniczeniem przydatności PBUP w rozpoznawaniu odmy opłucnowej, gdyż zgodnie z zasadami fizyki powietrze przemieszcza się do najwyżej położonych obszarów opłucnej.

W pozycji leżącej na plecach, oceniamy przestrzenie międzyżebrowe po obu stronach mostka i na bocznych powierzchniach płuc, pomiędzy liniami pachowymi tylnymi i przednimi.

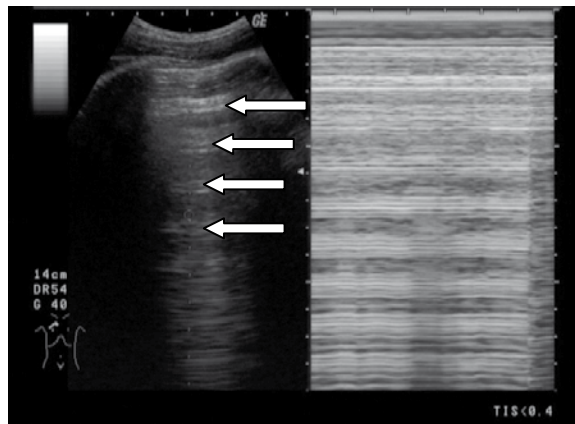
W sytuacjach nagłych zaleca się stosowanie głównie przekrojów podłużnych korzystając z głowicy sektorowej lub convex [30]. W stanach niezagrażających bezpośrednio życiu możliwe jest obrazowanie płuc za pomocą głowic linowych o wyższych częstotliwościach (7,5-10 MHz i wyższych) [31], a które zdaniem autora powinny być głowicami z wyboru w PBUP u dzieci.

Obraz ultrasonograficzny

Obraz prawidłowy płuc w przekłatkowym badaniu ultrasonograficznym i podstawowe artefakty omówiono w pierwszej części pracy. W diagnostyce odmy opłucnowej wykorzystywane są cztery artefakty: objaw ślizgania opłucnej, artefakty linii A, artefakty linii B i tzw. „lung point”. Ich znaczenie diagnostyczne, czułość i swoistość w diagnostyce odmy opłucnowej oraz odnośne piśmiennictwo przedstawiono w tabeli 1.

W przekłatkowym badaniu ultrasonograficznym płuc rozpoznanie lub wykluczenie odmy opłucnowej opiera się na analizie występowania artefaktów przedstawionych w tabeli 1. Pierwszym artefaktem są artefakty linii A, czyli liczne poziome linie stanowiące wielokrotne powtórzenie linii opłucnej (Rycina 3) [5]. Drugim kryterium ultrasonograficznym odmy opłucnowej jest zniesienie objawu ślizgania, czyli brak ruchu opłucnej względem opłucnej ściennej

podczas oddychania [5]. W opcji M-mode ujemny objaw ślizgania w odmie opłucnowej, widoczny jest jako tzw. „stratosphere sign” [33].

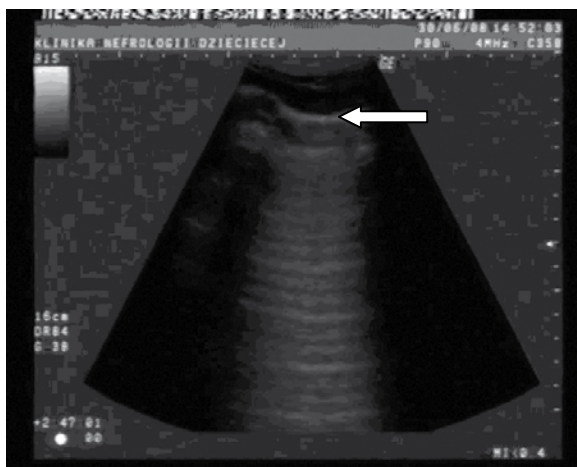


Rycina 1. „Stratosphere sign” (ang.) - objaw oceniany w opcji M-mode (powtarzające się artefakty linii A oznaczono strzałkami)



Rycina 2. „Lung point” (ang.) - to angielskie określenie miejsca granicznego (oznaczono strzałką) pomiędzy prawidłowo powietrznym płucem (strona lewa zdjęcia) a obszarem odmy opłucnowej (strona prawa)

Trzecim kryterium pozwalającym potwierdzić obecność odmy opłucnowej jest tzw. „lung point” [33], ze swoistością ocenianą na 100% [24]. Wykorzystując wszystkie artefakty czułość i swoistość przekłatkowego ultrasonograficznego badania płuc w diagnostyce odmy opłucnowej szacuje się odpowiednio na 88% i 100% [5].



Rycina 3. Odma opłucnowa - artefakty linii A; liczne poziome linie stanowiące wielokrotne powtórzenie linii opłucnej (linia opłucnej oznaczona strzałką)

Podkreślić należy, że ocena rozległości odmy opłucnowej w PBUP jest znacznie mniej precyzyjna niż w badaniu TK, jednak na podstawie lokalizacji stwierdzanych artefaktów uważa się, że w około 8% drenaż konieczny jest, jeżeli objaw „lung point” stwierdza się na przedniej powierzchni klatki piersiowej, w 90%, jeżeli na bocznej powierzchni. W przypadkach obecności tego objawu na tylnej powierzchni klatki piersiowej lub, jeśli nie udało się go udokumentować a obecne są pozostałe objawy ultrasonograficzne, rozpoznać należy masywną odmę opłucnową [31]. Tak więc wydaje się, że na podstawie lokalizacji tzw. „lung point” można z dużym prawdopodobieństwem określić rozległość zmian i wnioskować o konieczności inwazyjnej terapii. Jednak brak szerokich badań prospektywnych skłania do stwierdzenia, że w przypadkach niewymagających natychmiastowej interwencji należy potwierdzić rozpoznanie badaniem za pomocą tomografii komputerowej.

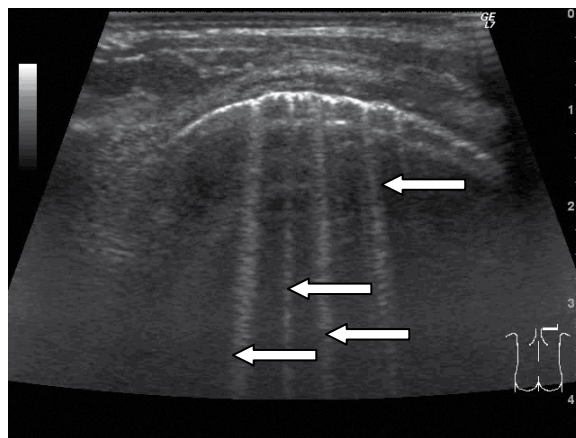
Jak rozpoznać obrzęk płuca w przekłatkowym badaniu ultrasonograficznym?

Uważa się, że rozpoznanie obrzęku płuca w przekłatkowym badaniu ultrasonograficznym należy do jednych z łatwiejszych zadań. Dodatkowo nauczyć się tego można w stosunkowo krótkim czasie [10].

Podczas badania korzysta się zarówno z głowic

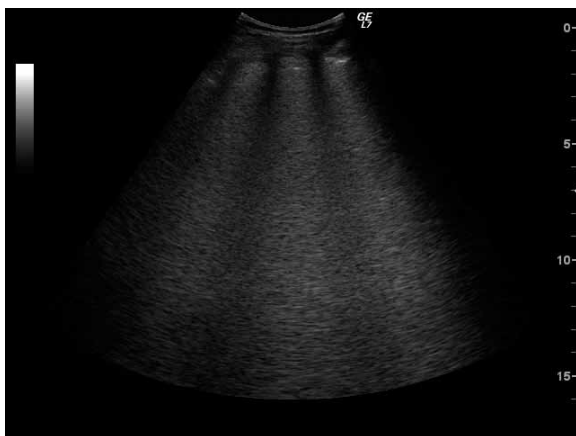
sektorowych, typu convex, jak i głowic liniowych. Ocenia się cały obszar klatki piersiowej, a pozycja pacjenta podczas badania nie wpływa na uzyskany wynik. U pacjenta z nasiloną dusznością pozycja siedząca (preferowana przez tę grupę chorych) jest równie dobra jak każda inna.

Podstawą rozpoznania obrzęku płuca jest stwierdzenie w obrazie ultrasonograficznym licznych układających się obok siebie artefaktów linii B, które wychodząc z linii opłucnej biegną promieniście do brzegu ekranu. Tworzą one wówczas obraz określany przez Daniela Lichtensteina jako typ B + Line lub „lung rockets” [39,40] (Rycina 4). Jeżeli zmiany tego typu stwierdza się nad całą powierzchnią przednio-boczną lub boczną płuca mamy podstawy do rozpoznania obrzęku płuca [11].

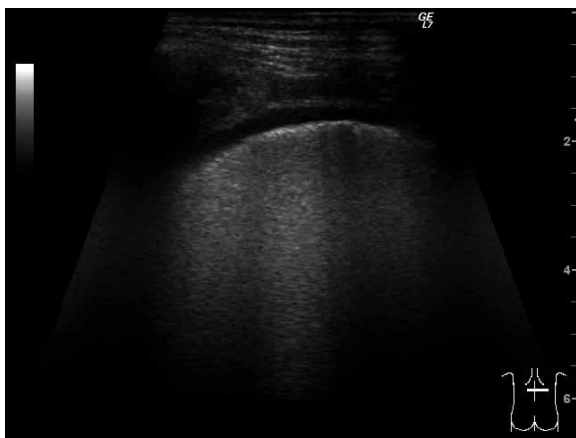


Rycina 4. Artefakty linii B, które wychodząc z linii opłucnej, biegną promieniście do brzegu ekranu (strzałki poziome)

U pacjentów dorosłych odległość pomiędzy liniami B wynosząca 7 ± 1 mm odpowiada pogrubieniu lub obrzękowi przegrod międzypłatikowych i klinicznie manifestuje się jako tzw. zespół przegrodowy, najczęściej spotykany we wczesnej fazie kardiogenego obrzęku płuca [8] (wzorzec- B7 – lines). Odległość między tymi liniami wynika z odległości pomiędzy przegrodami międzypłatikowymi w ujęciu anatomicznym [31]. Odległość pomiędzy liniami B mniejsza lub równa 3 ± 1 mm odpowiada obrazowi tzw. mlecznej szyby w badaniach radiologicznych i określany jest jako wzorzec B3 – lines. Zlewające się ze sobą linie B dają obraz ultrasonograficzny tzw. białego płuca, który klinicznie manifestuje się tzw. zespołem śródmiąższowo-pęcherzykowym [11] (Ryciny: 5A i 5B).



Rycina 5A. Obrazowanie głowicą convex

Rycina 5B. Obrazowanie głowicą liniową;
zlewające się ze sobą linie B dają obraz
ultrasonograficzny tzw. białego płuca

Potwierdzono pełną korelację tego ultrasonograficznego wzorca z wynikami badań wykonanych za pomocą tomografii komputerowej płuc w grupie pacjentów z cechami nasilonego śródmiąższowego obrzęku płuc [9].

Zaznaczyć należy, że dane te odnoszą się do obrazowania głowicami innymi niż liniowe i u pacjentów dorosłych. Uważa się, że ultrasonograficzne linie B są odpowiednikiem linii Kerleya w klasycznym badaniu rtg klatki piersiowej [35].

Należy podkreślić, że zespoły śródmiąższowo-pęcherzykowe stwierdzić można już we wczesnym okresie śródmiąższowego obrzęku płuc, a czułość i swoistość tej metody szacuje się odpowiednio na 97% i 95% [5].

Jednakże, aby w pełni wykorzystać możliwości PBU w diagnostyce różnicowej obrzęku płuc (obrzęk kardiogeny czy z innych przyczyn), wymagane jest

większe doświadczenie badającego. Taka diagnostyka różnicowa jest możliwa z wykorzystaniem PBUP, a kluczowym jej elementem jest ocena linii opłucnej [8]. Opanowanie tego elementu PBUP jest niezwykle ważne, gdyż wynik badania może mieć bezpośrednie przełożenie na zastosowane leczenie.

Podstawy rozpoznania zapalenia płuc w przezklatkowym badaniu ultrasonograficznym

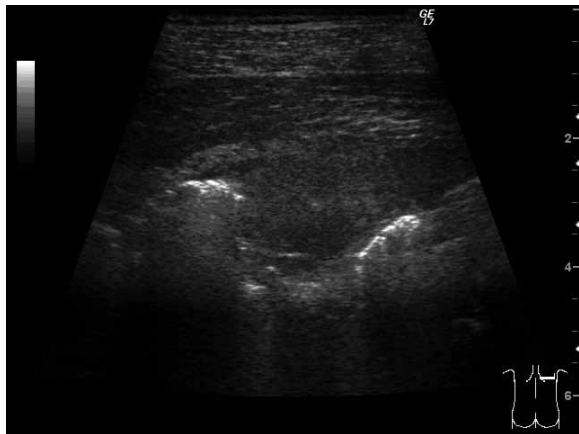
Obrazy ultrasonograficzne zmian zapalnych w mięszu płuc, podobnie jak obecność płynu w jamie opłucnej, znane i opisywane są od ponad 30 lat [41,42].

Podstawą możliwości obrazowania zmian zapalnych jest ich bezpośredni kontakt z opłucną i tylko takie zmiany możemy stwierdzić w PBUP. Nie stanowi to jednak ograniczenia metody, gdyż 98,5% zmian istotnych klinicznie ma taką lokalizację [35]. W ocenie tych zmian wykorzystujemy zarówno objawy ultrasonograficzne, w języku angielskim określane jako: „*tissue-like sing*” i „*shred sing*” [24] (niestety brak jest dobrych odpowiedników w języku polskim), jak i kryteria ultrasonograficzne zapalenia płuc: kryteria miąższowe, kryteria opłucnowe, kryteria naczyniowe opracowane przez Angelikę Ressing i wsp. [43].

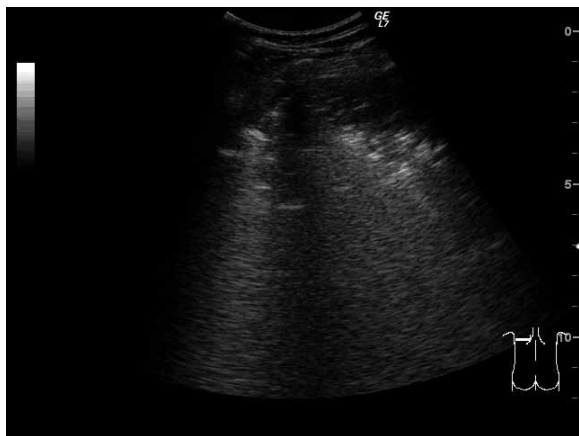
Objawy ultrasonograficzne rozpoznania zapalenia płuc wykorzystujemy głównie podczas obrazowania w stanach nagłych, kiedy badanie wykonujemy głowicami typu convex lub sektorowymi. Ocena zmian zapalnych zgodnie z podanymi wyżej kryteriami wymaga znacznie więcej czasu, wskazana jest ocena zmian głowicą liniową i z wykorzystaniem obrazowania w opcjach dopplerowskich [7,43,44], z tych też względów do oceny stanów nagłych wykorzystuje się głównie objawy ultrasonograficzne.

Wykonując PBUP w poszukiwaniu zmian zapalnych oceniamy całą powierzchnię płuc, zarówno przednią, jak i tylną ścianę klatki piersiowej. Podstawowym objawem jest tzw. „*tissue-like sign*” (Rycina 6). Jest to obszar konsolidacji tkanki płucnej przylegający do linii opłucnej lub do opłucnej płucnej, jeżeli obecny jest płyn w jamie opłucnej. Obszar ten we wczesnej fazie choroby w obrazie ultrasonograficznym zbliżony jest echogenicznością i echostrukturą do obrazu wątroby [24,45], z widocznym przylegającym do niego obszarem prawidłowo powietrznego płuca. Objaw określany jako „*shred sign*” (Rycina 7), jest objawem opisującym obszar konsolidacji, a odpowiada postrzępionemu, nieregular-

nemu zarysowi zewnętrznemu zmiany. Stwierdzenie obu tych objawów jest wystarczające do postawienia rozpoznania zapalenia płuc, z czułością szacowaną na 90%, a swoistością na 98% [46].



Rycina 6. „Tissue-like sign” - obszar konsolidacji tkanki płucnej przylegający do linii opłucnej



Rycina 7. „Shred sign” - objaw opisujący obszar konsolidacji, a odpowiada postrzępionemu, nieregularnemu zarysowi zewnętrznemu zmiany

Należy podkreślić, że wymiary stwierdzonych zmian zapalnych w PBUP są zaniżone w stosunku do zmian stwierdzanych w badaniu za pomocą tomografii komputerowej [45].

Dodatkowymi obawami ultrasonograficznymi stwierdzanymi w obszarze zapalenia płuc są: objaw pułapki powietrznej i bronchogramy: powietrzny, płynny i mieszany – powietrzno-płynny.

Objaw pułapki powietrznej to obszar o podwyż-

szonej echogeniczności i soczewkowatym kształcie widoczny wewnątrz obszaru konsolidacji tkanki płucnej (Rycina 8) a bronchogram powietrzny (Rycina 9) to obecność licznych, drobnych hiperechogenicznych odbić w obszarach konsolidacji tkanki płucnej odpowiadających pęcherzykom powietrza w drogach oddechowych, przemieszczających się zgodnie z akcją oddechową lub obecność hiperechogenicznych struktur układających się w kształcie drzewa oskrzelowego (objaw ten widoczny jest w 87% przypadków we wczesnej fazie zapalenia) [47,48].



Rycina 8. Objaw pułapki powietrznej - drobne hiperechogenne zmiany o podwyższonej echogeniczności i soczewkowatym kształcie widoczne wewnątrz obszaru konsolidacji tkanki płucnej



Rycina 9. Bronchogram powietrzny - widoczne liczne, drobne, hiperechogenne odbicia w obszarach konsolidacji tkanki płucnej odpowiadające pęcherzykom powietrza w drogach oddechowych

Bronchogram płynny stwierdzany rzadziej niż bronchogram powietrzny, sugeruje niedrożność oskrzela lub oskrzeli, odpowiada obecności płynu wysiękowego w drogach oddechowych i widoczny jest wówczas jako bezechowe, linijne struktury w obszarach konsolidacji tkanki płucnej i układające się w kształcie drzewa oskrzelowego, wymaga różnicowania z naczyniami płucnymi z zastosowaniem opcji dopplerowskich [48].

Bronchogram mieszany płynno-powietrzny rozpoznajemy, gdy uwidocznimy zmiany typowe dla bronchogramu płynnego z dodatkowo widocznymi drobnymi, hiperechogenicznymi odbiciami na tle bezechowych tabularnych struktur, które nie przemieszczają się z akcją oddechową a obraz taki, podobnie jak bronchogram płynny, sugeruje niedrożność oskrzela lub oskrzeli (czasami jednak widoczna jest "pulsacja" tych struktur zgodnie z akcją serca, która określana jest jako - „*cardiac puls*” (ang.) lub „*lung plus*” (ang.) i odpowiada znacznego stopnia rozległości zmian zapalnych) [7,43,45].

Podstawy rozpoznania zatorowości płucnej w przezklatkowym badaniu ultrasonograficznym

Pierwsze publikacje o możliwości wizualizacji zmian zatorowych w płucach przy użyciu ultradźwięków pochodzą sprzed ponad około 40 lat [49-51].

Złotym standardem diagnostyki obrazowej w rozpoznawaniu zatorowości płucnej (ZP) jest spiralna tomografia komputerowa z kontrastem. Jej specyficzność wynosi od 81 do 100% a czułość od 60 do 100% [52,53]. Wartość diagnostyczna metody w znacznym stopniu zależy od klasy tomografu, na którym wykonuje się badania. Jednorzędowe tomografy pozwalają z dużą czułością i specyficznością diagnozować zatory zlokalizowane w tętnicach płatowych i segmentalnych. Natomiast wizualizacja zatorów zlokalizowanych w tętnicach subsegmentalnych wymaga użycia wielorzędowego spiralnego tomografu komputerowego (WS-TK) [53].

Z dotychczas przeprowadzonych analiz wynika, że negatywny wynik spiralnej tomografii komputerowej z kontrastem nie pozwala z całą pewnością wykluczyć ZP i odstąpić od leczenia fibrynolitycznego [53,54].

Pomimo niewątpliwych zalet, metoda ta ma jednak swoje kolejne ograniczenia: w sytuacjach nagłych konieczny jest transport pacjenta na badanie, badanie

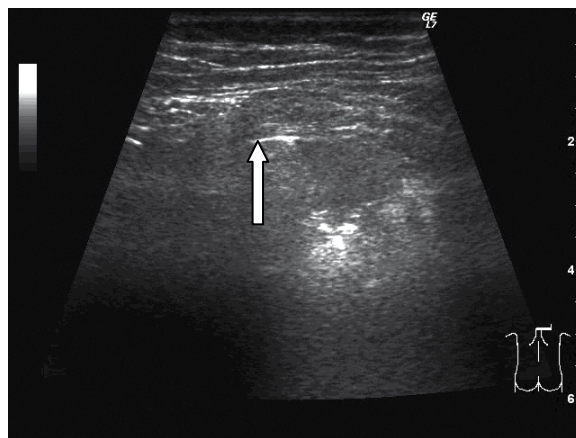
odbywa się w pozycji leżącej (duszność), często brak współpracy pacjenta (duszność), trudna decyzja o jego wykonaniu u kobiet w ciąży i u najmłodszych dzieci.

Dlatego też w ostatnim czasie coraz większe zainteresowanie wzbudzają doniesienia o możliwości wykrywania i monitorowania zmian w płucach powstających w przebiegu zatorowości płucnej z wykorzystaniem przezklatkowego badania ultrasonograficznego. Pomimo iż w ostatnim dziesięcioleciu ustalono obraz ultrasonograficzny zatorowości płucnej oraz określono jego przydatność kliniczną, metoda ta ma nadal znacznie mniej zwolenników jak adwersarzy.

Zmiany możliwe do zobrazowania muszą lokalizować się pod linią opłucnej lub opłucną płucną w przypadku obecności płynu w opłucnej. W tym przypadku oknem akustycznym jest obszar konsolidacji mięszu płucnego, do którego dochodzi w przebiegu ZP [15,55].

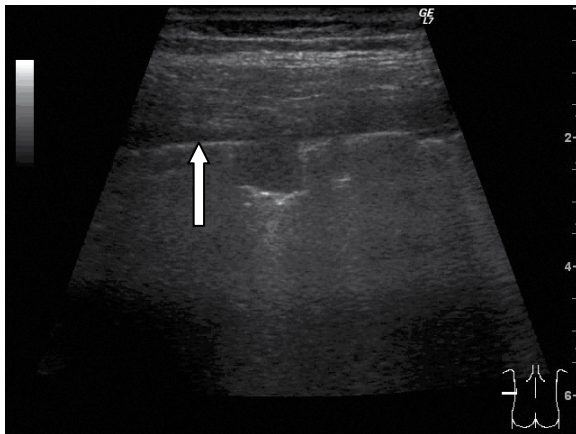
W okolicy zamkniętego światła naczynia, w mięszu płucnym pojawia się niedodma. W części dystalnej do miejsca zamknięcia naczynia niedodma jest wynikiem zmniejszenia się ilości surfaktantu wyścielającego pęcherzyki płucne. W części płuca proksymalnej do miejsca zamknięcia światła naczynia niedodma jest efektem zwiększonego ciśnienia hydrostatycznego, uwolnienia mediatorów zapalnych, zwiększonej przepuszczalności naczyń i - w konsekwencji - gromadzenia się płynu w pęcherzykach płucnych [15].

Obraz ultrasonograficzny stwierdzanych zmian jest stosunkowo charakterystyczny.



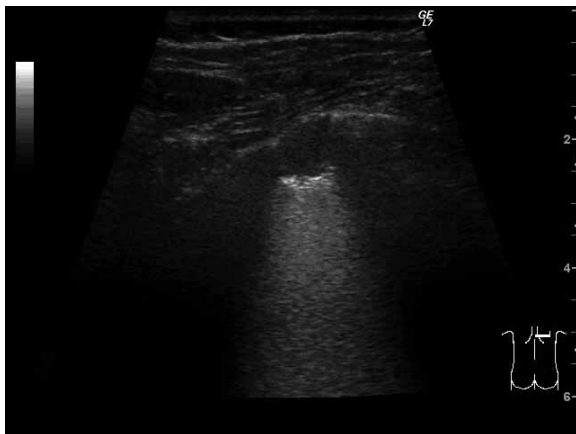
Rycina 10. Zatorowość płucna - niskoechogeniczny, prawie bezechowy obszar konsolidacji tkanki płucnej, klinowatego kształtu podstawą zwrócony do linii opłucnej (linia opłucnej - strzałka pionowa)

Najczęściej spotyka się hipoechogeniczne, prawie bezechowe, zmiany klinowatego kształtu (85%) (Rycina 10), rzadziej okrągłe (Rycina 11) czy z nieregularnym zarysem brzeżnym [15] podstawą zwrócone do linii opłucnej. W części przypadków we wnętrzu zmiany można uwidocznąć miernie hiperechogeniczną strukturę, która jest objawem świadczącym o zajęciu materiałem zatorowym naczyń segmentalnych [14].



Rycina 11. Zatorowość płucna - niskoechogeniczny, prawie bezechowy obszar konsolidacji tkanki płucnej, owalnego kształtu, przylegający do linii opłucnej (linia opłucnej - strzałka pionowa)

W zatorowości płucnej pojawia się kolejny z artefaktów ultrasonograficznych, jakie obserwujemy w PBUP, jest nim artefakt określany jako artefakt linii C (Rycina 12).



Rycina 12. Artefakt linii C - opis w tekście

Widoczny jest jako hiperechogeniczne pasmo, wymiarami zbliżone do szerokości podopłucnowo położonego obszaru konsolidacji. Rozpoczyna się na dolnym brzegu zmiany i przebiegając pionowo kończy się na granicy ekranu [56].

Z czasem echogeniczność zmian zatorowych zwiększa się a ich brzegi mogą być zarówno dobrze odgraniczone, jak i nieregularne, zazębiane [14,15].

W jamie opłucnej zwykle stwierdza się niewielką objętość płynu, a linia opłucnej staje się mniej echogeniczna i fragmentaryczna (poprzerywana), zmiany te są konsekwencją współistniejącego stanu zapalnego opłucnej [15].

W grupie pacjentów z zatorowością płucną obecność płynu w jamach opłucnowych stwierdza u 51% pacjentów w badaniu przeglądowym klatki piersiowej, u około 57% pacjentów w tomografii komputerowej oraz u 61% w przekłatkowym badaniu USG [14,57].

Mechanizm gromadzenia się płynu może być związany z uwalnianiem mediatorów zapalnych i zwiększoną przepuszczalnością naczyń, jak również ze zwiększonym ciśnieniem w kapilarach opłucnej ściennej [57].

Ultrasonograficzne kryteria rozpoznania zatorowości płucnej opracowane zostały przez Mathis i wsp. Wyróżnia się trzy typy zmian możliwe do uwidocznienia w PBUP: typ I – zatorowość płucna pewna, typ II – zatorowość płucna prawdopodobna, typ III – zatorowość płucna możliwa. O typie I ZP - pewnym ultrasonograficznym rozpoznaniu zatorowości płucnej można mówić, gdy w badaniu uwidoczni się dwie lub więcej charakterystyczne zmiany, okrągłego lub trójkątnego kształtu, podstawą zwrócone do opłucnej. Typ II – prawdopodobna ZP występuje, gdy uwidoczni się jedną typową zmianę i obecny płyn w jamie opłucnej. Typ III, czyli możliwą zatorowość płucną rozpoznaje się, gdy uwidocznione zmiany są zmianami małymi (<5 mm) podstawą zwróconymi do opłucnej płucnej z widoczną niewielką objętością płynu w jamie opłucnej. Autorzy badania swoje oparli o grupę 352 pacjentów dorosłych. Średnia wielkość zmiany położonej podopłucnowo wynosiła 15,5x12,4 mm. Analizując I i II typ zmian, czułość i swoistość metody wyniosła odpowiednio 74% i 95%, przy CTPA (*computed tomography pulmonary angiography*) jako metodzie referencyjnej [14].

Autorzy tej pracy uważają, że obrazowanie za pomocą dopplera kodowanego kolorem nie jest konieczne do rozpoznania ZP w przekłatkowym badaniu ultrasonograficznym. Jednakże opcja ta pozwala na uzyskanie dodatkowych informacji umożliwiających

różnicowanie zatorowości płucnej ze zmianami zapalnymi płuc lub zmianami o charakterze rozrostowym [58].

W badaniu za pomocą opcji dopplerowskich nie uwidacznia się przepływu naczyniowego w obszarze zmiany zatorowej. Przepływ widoczny jest tylko do brzegu zmiany, czasami nieco głębiej (Rycina 13). Taki obraz zmian w opcji dopplera kodowanego kolorem, z „amputacją” przepływu w naczyniu na szczycie zmiany, pozwala potwierdzić rozpoznanie ZP, podobnie do zmian obserwowanych w badaniach wykonanych za pomocą tomografii komputerowej [59].



Rycina 13. Obraz ultrasonograficzny zmiany zatorowej płuca prawego; przepływ w naczyniu tętnicznym widoczny jest tylko do granicy zmiany

Wydaje się, że przezklatkowe badanie ultrasonograficzne płuc w połączeniu z pomiarem stężenia

D-dimerów może stanowić pierwszy krok w diagnostyce zatorowości płucnej u osób z czynnikami ryzyka jej wystąpienia, a w przypadku pacjentów w ciężkim stanie klinicznym powinno być badaniem z wyboru.

Podsumowanie

Przezskłatkowe badanie ultrasonograficzne płuc to metoda znana od dawna, obecnie odświeżona w nowym wydaniu, tak najprościej można ją scharakteryzować. Nowe trendy i perspektywy dalszego jej rozwoju są efektem pracy głównie lekarzy zajmujących się intensywną terapią i anestezjologią. Na korzyści wynikające z praktycznego jej stosowania są już dzisiaj bardzo silne argumenty, częściowo zaprezentowane w tej pracy. Pomimo iż w chwili obecnej PBUP w naszym kraju wykonywane i akceptowane jest przez niewielką grupę lekarzy, wydaje mi się, że jest to już tylko kwestia chwili, gdy ultrasonograf jako nowy stetoskop będzie podstawowym instrumentem medycznym każdego lekarza w diagnostyce pacjentów z problemami ze strony układu oddechowego.

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. Kirkpatrick AW, Simons RK, Brown R, Nicolaou S, Dulchavsky S. The hand-held FAST: experience with hand-held trauma sonography in a level-I urban trauma center. *Injury* 2002;33:303-8.
2. Kirkpatrick AW, Simons RK, Brown DR, Ng AK, Nicolaou S. Digital hand-held sonography utilised for the focused assessment with sonography for trauma: a pilot study. *Ann Acad Med Singapore* 2001;30:577-81.
3. Raio CC, Modayil V, Cassara M, Dubon M, Patel J, Shah T, et al. Emergency medical services personnel identify pneumothorax on focused ultrasound examinations? *Crit Ultrasound J* 2009;1:65-8.
4. Zhang M, Liu ZH, Yang JX, Gan JX, Xu SW, You XD, et al. Rapid detection of pneumothorax by ultrasonography in patients with multiple trauma. *Crit Care* 2006;10:112.
5. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest* 2008;134:117-25.
6. Bouhemad B, Zhang M, Lu Q, Rouby JJ. Clinical review: Bedside lung ultrasound in critical care practice. *Critical Care* 2007;11:205.

7. Reisig A, Gorg C, Mathis G. Transthoracic sonography in the diagnosis of pulmonary diseases: a systematic approach. *Ultraschall in Med* 2009;30:438-58.
8. Copetti R, Soldati G, Copetti P. Chest sonography: a useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary edema from acute respiratory distress syndrome. *Cardiovasc Ultrasound* 2008;29:16.
9. Soldati G, Copetti R, Sher S. Sonographic interstitial syndrome: the sound of lung water. *J Ultrasound Med* 2009;28:163-74.
10. Arbelot C, Ferrari F, Bouhemad B, Rouby JJ. Lung ultrasound in acute respiratory distress syndrome and acute lung injury. *Curr Opin Crit Care* 2008;14:70-4.
11. Agricola E, Bove T, Oppizzi M, Marino G, Zangrillo A, Margonato A, et al. "Ultrasound Comet – Tail Images": a marker of pulmonary edema: a comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest* 2005;127:1690-5.
12. Bedetti G, Gargani L, Corbisiero A, Frassi F, Poggianti E, Mottola G. Evaluation of ultrasound lung comets by hand-held echocardiography. *Cardiovasc Ultrasound* 2006;4:34-8.
13. Slater A, Goodwin M, Anderson KE, Gleeson FV. COPD Can Mimic the Appearance of Pneumothorax on Thoracic Ultrasound. *Chest* 2006;129:545-50.
14. Mathis G, Blank W, Reissig A, Lechleitner P, Reuss J, Schuler A, et al. Thoracic Ultrasound for Diagnosis Pulmonary Embolism. A prospective multicenter study of 352 patients. *Chest* 2005;128:1531-8.
15. Reissig A, Kroegel C. Transthoracic Ultrasound of Lung and Pleura in the Diagnosis of Pulmonary Embolism: A Novel Non – Invasive Bedside Approach. *Respiration* 2003;70:441-52.
16. Kosiak M, Korbus-Kosiak A, Kosiak W, Potaz P. Is chest sonography a breakthrough in diagnosis of pulmonary thromboembolism in children? *Pediatr Pulmonol* 2008;43:1183-7.
17. Neri L, Storti E, Lichtenstein DA. Toward an ultrasound curriculum for critical care medicine. *Crit Care Med* 2007;35:S290-S304.
18. Gillman LM, Ball CG, Panebianco N, Al-Kadi A, Kirkpatrick AW. Clinician performed resuscitative ultrasonography for the initial evaluation and resuscitation of trauma. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2009;6:34.
19. Kirkpatrick AW. Clinician-performed focused sonography for the resuscitation of trauma. *Crit Care Med* 2007;35:S162-S172.
20. Amis ES Jr, Butler PF, Applegate KE, Birnbaum SB, Brateman LF, Hevezi JM, et al. American College of Radiology. American College of Radiology white paper on radiation dose in medicine. *J Am Coll Radiol* 2007;4:272-84.
21. 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.
22. Kimberly HH, Shah S, Marill K, Noble V. Correlation of optic nerve sheath diameter with direct measurement of intracranial pressure. *Acad Emerg Med* 2008;15:201-4.
23. Tsung JW, Blaivas M, Cooper A, Levick NR. A rapid noninvasive method of detecting elevated intracranial pressure using bedside ocular ultrasound: application to 3 cases of head trauma in the pediatric emergency department. *Pediatr Emerg Care* 2005;21:94-8.
24. Lichtenstein DA. Ultrasound in the management of thoracic disease. *Crit Care Med* 2007;35:S250-S261.
25. Jambrik Z, Monti S, Coppola V, Agricola E, Mottola G, Miniati M, et al. Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water. *Am J Cardiol* 2004;15:1265-70.
26. Picano E, Frassi F, Agricola E, Gligorova S, Gargani L, Mottola G. Ultrasound lung comets: a clinically useful sign of extravascular lung water. *J Am Soc Echocardiogr* 2006;19:356-63.
27. Stawicki SP, Braslow MB, Panebianco NL, Kirkpatrick JN, Gracias VH, Hayden GE, et al. Intensivist use of hand-carried ultrasonography to measure IVC collapsibility in estimating intravascular volume status: Correlations with CVP. *J Am Coll Surg* 2009;209:55-61.
28. Lyon M, Blaivas M, Brannam L. Sonographic measurement of the inferior vena cava as a marker of blood loss. *Am J Emerg Med* 2005;23:45-50.
29. Kosiak W, Swieton D, Piskunowicz M. Sonographic inferior vena cava/aorta diameter index, a new approach to the body fluid status assessment in children and young adults in emergency ultrasound--preliminary study. *Am J Emerg Med* 2008;26:320-5.
30. Lichtenstein DA, Meziere G, Lascols N, Biderman P, Courret JP, Gepner A, et al. Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax. *Crit Care Med* 2005;33:1231-8.
31. Soldati G, Sher S. Bedside lung ultrasound in critical care practice. *Minerva Anestesiol* 2009;75:509-17.
32. Lichtenstein DA, Menu Y. A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill. Lung sliding. *Chest* 1995;108:1345-8.
33. Lichtenstein DA, Meziere G, Biderman P, Gepner A. The lung point: An ultrasound sign specific to pneumothorax. *Intensive Care Med* 2000;26:1434-40.
34. Lichtenstein DA, Meziere G, Biderman P, Gepner A. The comet-tail artifact: an ultrasound sign ruling out pneumothorax. *Intensive Care Med* 1999;25:383-8.
35. Lichtenstein DA. Ultrasound examination of the lungs in the intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med* 2009;10:693-8.
36. Dulchavsky SA, Schwarz KL, Kirkpatrick AW, Billica RD, Williams DR, Diebel LN, et al. Prospective evaluation of thoracic ultrasound in the detection of pneumothorax. *J Trauma* 2001;50:201-5.
37. Kirkpatrick AW, Sirois M, Laupland KB, Liu D, Rowan K, Ball CG, et al. Handheld thoracic sonography for detecting post-traumatic pneumothoraces: the Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma (EFAST). *J Trauma* 2004;57:288-95.
38. Lichtenstein D. General ultrasound in the critically ill. 2nd Ed. Heidelberg: Springer-Verlag; 2005. p. 70-95.

39. 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.
40. Volpicelli G, Caramello V, Cardinale L, Mussa A, Bar F, Frascisco MF. Detection of sonographic B-lines in patients with normal lung or radiographic alveolar consolidation. *Med Sci Monit* 2008;14:122-8.
41. Joyner CR Jr, Miller LD, Dudrick SJ, Eskin DJ, Bloom P. Reflected ultrasound in the study of diseases of the chest. *Trans Am Clin Climatol Assoc* 1967;78:28-37.
42. Weinberg B, Diakoumakis EE, Kass EG, Seife B, Zvi ZB. The air bronchogram: sonographic demonstration. *AJR Am J Roentgenol* 1986;147:593-5.
43. Reissig A, Kroegel C. Sonographic Diagnosis and Follow-Up of Pneumonia: A Prospective Study. *Respiration* 2007;74:537-47.
44. Kosiak W. Diagnostyka ultrasonograficzna chorób zapalnych płuc. Część 1. Obraz prawidłowy i podstawy diagnostyki ultrasonograficznej zmian zapalnych w płucach. *Ultrasonografia* 2009;9:26-31.
45. Mathis G. Thoraxsonography - Part II: Peripheral pulmonary consolidation. *Ultrasound Med Biol* 1997;23:1141-53.
46. Lichtenstein DA, Lascols N, Mezière G, Gepner A. Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med* 2004;30:276-81.
47. Weinberg B, Diakoumakis EE, Kass EG, Seife B, Zvi ZB. The air bronchogram: sonographic demonstration. *AJR Am J Roentgenol* 1986;147:593-5.
48. Yang PC, Luh KT, Chang DB, Yu CJ, Kuo SH, Wu HD. Ultrasonographic evaluation of pulmonary consolidation. *Am Rev Resp Dis* 1992;146:757-62.
49. Dudrick SJ, Joyner CR, Miller LD, Eskin DJ, Knight DH. Ultrasound in the early diagnosis of pulmonary embolism. *Surg Forum* 1966;17:117-8.
50. Joyner CR Jr, Miller LD, Dudrick SJ, Eskin DJ, Knight DH. Reflected ultrasound in the detection of pulmonary embolism. *Trans Assoc Am Physicians* 1966;79:262-77.
51. Miller LD, Joyner CR Jr, Dudrick SJ, Eskin DJ. Clinical use of ultrasound in the early diagnosis of pulmonary embolism. *Ann Surg* 1967;166:381-93.
52. Hiorns M.P, Mayo J.R. Spiral computed tomography for acute pulmonary embolism *Can Assoc Radiol J* 2002;53:258-68.
53. Rathbun SW, Raskob GE, Whitsett TL. Sensitivity and specificity of helical computed tomography in diagnosis of pulmonary embolism. *Arch Intern Med* 2000;132:227-32.
54. Kokot F, Januszewicz W. Interna. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2004: 240-5.
55. Herth F JF, Becker HD. Transthoracic ultrasound. *Respiration* 2003;70:87-94.
56. Lichtenstein DA. The Respiratory System. In *Practical Ultrasound in Anesthesia for Critical Care and Pain Management*. New York: Informa Healthcare USA, Inc.; 2008:194-214.
57. Kroegel C, Reissig A. Principle Mechanisms Underlying Venous Thromboembolism: Epidemiology, Risk Factors, Pathophysiology and Pathogenesis. *Respiration* 2003;70:7-30.
58. Yuan A, Yang PC, Chang CB. Pulmonary infarction: use of color doppler sonography for diagnosis and assessment of reperfusion of the lung. *AJR Am J Roentgenol* 1993;160:419-20.
59. Ren H, Kuhlman JE, Hruban RH, Fishman EK, Wheeler PS, Hutchins GM. CT of infarction-fixed lungs: wedge-shaped density and vascular sign in the diagnosis of infarction. *J Comput Assist Tomogr* 1990;14:82-6.