

Ultrasonografia w intensywnej terapii

Ultrasound in critical care

Paweł Andruszkiewicz^{1,3} Dorota Sobczyk^{2,3}

¹*II Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego*

²*Krakowski Szpital Specjalistyczny Jana Pawła II w Krakowie*

³*Sekcja Ultrasonografii i Echokardiografii Polskiego Towarzystwa Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Criticalusg*

Abstract

Ultrasound has been revolutionising our specialty. The introduction of new, portable machines and goal-directed protocols has led many anaesthetists to use this diagnostic tool in their daily practice.

Immediate, bedside ultrasound diagnosis of many life-threatening emergencies (pneumothorax, cardiac tamponade, or internal haemorrhage) enables not only the institution of proper treatment, but also the monitoring of its effectiveness. Ultrasound guided invasive procedures (such as vascular cannulations, toraco- and pericardiocentesis) have superseded the old anatomical landmarks-based techniques due to a greater safety margin.

In order to perform a credible ultrasound examination, a proper level of competence is required. In this review article, the authors present various critical ultrasound applications.

Key words: intensive therapy, diagnostics; intensive therapy, ultrasound; intensive therapy, echocardiography

Słowa kluczowe: intensywne terapia, diagnostyka; intensywne terapia, ultrasonografia; intensywne terapia, echokardiografia

Anestezjologia Intensywna Terapia 2013, tom XLV, nr 3, 187–192

Diagnostyka z udziałem ultradźwięków jest wykorzystywana na oddziałach anestezjologii i intensywnej terapii już od wielu lat. Długo pozostawała jednak wyłącznie domeną radiologów (USG) i kardiologów (echokardiografia). W ostatnich latach coraz powszechniej z tej technologii korzystają lekarze innych specjalności, w tym również anestezjolodzy. Bez wątplenia jest to spowodowane z jednej strony olbrzymimi i wszechstronnymi możliwościami, jakie daje ta technika obrazowania, z drugiej zaś postępowaniem technologicznym, który nastąpił w ostatnich latach. Wprowadzenie przenośnych, zmminiaturyzowanych aparatów USG umożliwia natychmiastową, przyłóżkową diagnostykę wielu zagrażają-

cych życiu schorzeń, bez konieczności przewożenia chorego do pracowni diagnostycznej.

Bardzo przydatną dla anestezjologa cechą ultrasonografu jest czas potrzebny do osiągnięcia gotowości do pracy po jego włączeniu. Może to mieć kolosalne znaczenie, gdy aparat jest wykorzystywany w resuscytacji. Niektóre urządzenia są gotowe do pracy w ciągu zaledwie kilku sekund. Nowoczesne aparaty wyposażone są w „przyjazne” użytkownikowi oprogramowanie oraz technologię, która ułatwia obrazowanie nawet mniej wprawnym sonografistom. Niektórzy producenci, dostrzegając specyficzne potrzeby naszej grupy zawodowej, stworzyli aparaty z wbudowanym oprogra-

Należy cytować angielską wersję artykułu:

Andruszkiewicz P, Sobczyk D: Ultrasound in critical care. *Anaesthesiol Intensive Ther* 2013; 45: 177–181.

mowaniem do samokształcenia. W trakcie wykonywania procedury lekarz może na ekranie aparatu przypomnieć sobie, jak wygląda anatomia topograficzna danego obszaru ciała oraz zobaczyć animację ułatwiającą przeprowadzenie badania USG lub wykonanie blokady regionalnej.

Aparaty ultrasonograficzne są obecnie dodatkowo wyposażone w systemy umożliwiające archiwizację danych w postaci zdjęć lub krótkich klipów filmowych. Zapisane dane można odtwarzać i przenosić na nośniki pamięci. W ostatnich latach opracowano również systemy umożliwiające transmisję obrazu USG na odległość w czasie rzeczywistym. Taki system z powodzeniem zastosowano na przykład do przekazania na Ziemię badania wykonywanego przez jednego z astronautów w stacji kosmicznej i w wysokogórskim obozie w Himalajach [1]. Telemedycyna może być bardzo przydatna dla mniej doświadczonych sonografistów, którzy mogą w ten sposób skonsultować badanie z doświadczonym lekarzem.

W zapelnionym aparaturą medyczną OIT pożądaną cechą urządzeń może być ich niewielki rozmiar, który pozwala na wykonanie badania nawet na bardzo ograniczonej przestrzeni. Przydatne są również takie cechy jak odporność na uderzenia (upadek z wysokości) czy łatwość czyszczenia (np. przez zastosowanie płaskiej powierzchni klawiatury), które zmniejsza ryzyko przeniesienia zakażeń [2].

Porównując ultrasonografię z innymi, powszechnie stosowanymi metodami diagnostycznymi, takimi jak badanie radiologiczne czy tomografia komputerowa, użycie USG nie wiąże się ze stosowaniem promieniowania jonizującego. Może mieć to ważne znaczenie u osób wymagających długiej terapii i narażonych na wielokrotne ekspozycje.

ECHOKARDIOGRAFIA

Echokardiografia była od lat tradycyjnie domeną kardiologów. Jedną z przyczyn takiego stanu rzeczy stanowi powszechne przeświadczenie, że technika badania jest bardzo skomplikowana. Sytuację diametralnie zmieniło wprowadzenie do powszechnego użytku małych, przenośnych aparatów USG oraz wdrożenie uproszczonych protokołów przezklatkowego badania echokardiograficznego. Protokoły takie jak FATE (*Focused Assessed Transthoracic Echocardiography*), FEEL (*Focused Echocardiographic Evaluation in Life Support*) [3–6], zostały opracowane z myślą o osobach niezajmujących się na stałe echokardiografią czy kardiologią. Zastosowanie wspomnianych protokołów umożliwia: ograniczenie do niezbędnego minimum liczby uzyskiwanych projekcji, korzystanie jedynie z podstawowych technik badania (czyli w praktyce 2D) oraz ukierunkowanie badania na określone spektrum zmian patologicznych.

Szybko okazało się, że echokardiografia to narzędzie diagnostyczne wręcz niezbędne na intensywnej terapii czy oddziale ratunkowym. Przekłatkowe badanie echokardio-

graficzne jest nieinwazyjne, możliwe do wykonania przy łóżku chorego i absolutnie nieobciążające. Ukierunkowane badanie echokardiograficzne pozwala na rozpoznanie (lub wykluczenie) większości kardiologicznych stanów zagrożenia życia, takich jak: tamponada worka osierdziowego, hipowolemia, rozwarstwienie aorty, zawał serca czy ostra niewydolność prawej komory. Pozwala też na monitorowanie zastosowanego leczenia oraz wykorzystanie w trakcie zabiegów interwencyjnych (np. perikardiocentezy) [4, 5]. Coraz częściej postuluje się też wykonanie podstawowej diagnostyki echokardiograficznej w trakcie resuscytacji krążeniowo-oddechowej. Znalazło to odzwierciedlenie w wytycznych *European Resuscitation Council* z 2010 roku [7], które przy podejrzeniu aktywności elektrycznej bez tętna dopuszczają wykonanie badania w trakcie 10-sekundowej przerwy, w czasie której oceniana jest obecność tętna. Wykonanie badania echokardiograficznego według protokołu FEEL pozwala na rozpoznanie niektórych potencjalnie odwracalnych przyczyn zatrzymania krążenia [6].

Coraz częściej mówi się też o wykorzystaniu przez anestezjologów echokardiografii przezprzełykowej (TEE, *transesophageal echocardiography*). Trzeba jednak pamiętać, że jest to badanie półinwazyjne, które powinno być wykonywane z określonych wskazań klinicznych. W ramach OIT wykorzystanie tego badania ogranicza się z reguły do przypadków, w których uzyskane za pomocą echokardiografii przezklatkowej obrazy są niediagnostyczne albo kiedy wykonanie badania przezklatkowego jest technicznie niemożliwe (np. z powodu rozległych obrażeń klatki piersiowej). Szerszy jest z pewnością zakres zastosowania echokardiografii przezprzełykowej na bloku operacyjnym. Standardowo wykorzystuje się TEE w kardiokirurgii w trakcie operacji naprawczych zastawek, przy małoinwazyjnych lub przezskórnych zabiegach wymiany zastawki [8]. W niektórych ośrodkach na świecie (np. *Toronto General Hospital*) śródoperacyjną echokardiografią przezprzełykową wykorzystuje się standardowo do monitorowania stanu hemodynamicznego w trakcie zabiegów kardiokirurgicznych. Istnieje również wiele wskazań do planowego wykorzystania TEE w trakcie zabiegów niekardiokirurgicznych, takich jak: neurochirurgia (wykrywanie żylnych zatorów powietrznych), przeszczepy płuc i wątroby oraz operacje u tak zwanych chorych dużego ryzyka sercowo-naczyniowego (np. z istotnie obniżoną frakcją wyrzutową lewej komory). Głównym wskazaniem do zastosowania TEE „w trybie pilnym” na bloku operacyjnym, pozostaje nagła hipotonia (szczególnie u chorego obciążonego kardiologicznie) [4].

Echokardiografia jest na pewno jednym z najtrudniejszych działów ultrasonografii. Interpretacja uzyskanych wyników wymaga dużego doświadczenia, rozległej wiedzy z dziedziny anatomii, fizjologii i samej kardiologii oraz ciągłego szkolenia [9].

ULTRASONOGRAFIA PŁUC

Do niedawna wśród radiologów panowało przekonanie, że ultrasonografia jest bezużyteczna w diagnostyce chorób płuc. Pogląd ten opierał się na założeniu, że w upowietrzonych płucach fale dźwiękowe ulegają całkowitemu rozproszeniu. Obrazowanie opierające się na interpretacji charakterystyki odbitej od obiektów fali dźwiękowej jest więc niemożliwe [10]. Wieloletnie obserwacje prowadzone przez Daniela Lichtensteina, pioniera diagnostyki ultrasonograficznej płuc, zmusiły do rewizji tego poglądu. Lichtenstein udowodnił, że w wielu schorzeniach płuc i opłucnej, w których zmienia się proporcja pomiędzy komponentem powietrznym i płynowym, w obrazie USG powstają charakterystyczne artefakty, których interpretacja jakościowa i ilościowa pozwala na postawienie rozpoznania klinicznego [11]. Ultrasonografia, jako przyłóżkowe, mobilne narzędzie diagnostyczne znakomicie nadaje się do diagnostyki różnicowej schorzeń prowadzących do rozwoju ostrej niewydolności oddechowej [11–17].

Doskonałym przykładem uproszczonego schematu badania, ukierunkowanego na identyfikację przyczyn niewydolności oddechowej jest opracowany przez Lichtensteina protokół BLUE (*Bedside Lung Ultrasonography in Emergency*) [11]. W ciągu kilkuminutowego badania, przykładając głowicę USG w kilku określonych miejscach na klatce piersiowej, można rozpoznać lub wykluczyć: odmę opłucnową, płyn w jamie opłucnej, obrzęk lub zapalenie płuc. Właściwe rozpoznanie i wdrożenie natychmiastowego leczenia przyczynowego może mieć kluczowe znaczenie dla losów chorego z ciężką dusznością. Wywiad i badanie przedmiotowe nie zawsze pozwalają na postawienie trafnej diagnozy. Badanie radiologiczne i tomografia komputerowa wymagają czasu lub wiążą się z koniecznością przewiezienia chorego do pracowni diagnostycznej, co może być niemożliwe ze względu na stan chorego.

W licznych pracach [11, 15–19] wykazano, że USG płuc jest badaniem bardziej czułym i swoistym niż badanie radiologiczne klatki piersiowej i pod tym względem nieznacznie ustępuje tomografii komputerowej. Olbrzymią zaletą ultrasonografii jest możliwość wielokrotnego powtarzania badania w trakcie trwania procesu terapeutycznego. Pozwala to na natychmiastową weryfikację efektywności wdrożonego leczenia i monitorowanie ustępowania objawów chorobowych. Przykładem takiego właśnie wykorzystania USG może być ocena stopnia rozprężania płuca po drenażu opłucnej lub ocena zmniejszania rozmiaru konsolidacji po zastosowaniu PEEP [19].

Należy jednak podkreślić, że USG płuc ma swoje ograniczenia. Uwidocznienie obszarów patologicznych jest możliwe tylko wtedy, gdy pomiędzy zmianą a głowicą obecne jest medium przenoszące dźwięk. Powietrze stanowi nieprzekraczalną barierę dla fal dźwiękowych. Nawet duży ropień

płuca będzie zatem „niewidoczny”, jeśli otacza go prawidłowo upowietrzony miąższ płuca. Z podobnych powodów utrudnieniem diagnostycznym jest rozedma podskórna [20].

OCENA GAŁEK OCZNYCH

Ultrasonografia może być niezwykle przydatną metodą diagnostyczną u osób po urazach głowy, szczególnie wtedy, gdy istnieje podejrzenie uszkodzenia gałki ocznej. W ciągu kilkuminutowego badania można łatwo uwidocznić obecność takich patologii jak ciało obce w ciele szklistym, pourazowe zwknięcie soczewki lub odwarstwienie siatkówki [21]. Przy niewielkiej wprawie można również ocenić reakcję źrenic na światło. Badanie USG jest szczególnie przydatne wtedy, gdy ze względu na obrzęk powiek badanie okulistyczne jest utrudnione lub niemożliwe.

Ocena szerokości osłonki nerwu wzrokowego może umożliwić przyłóżkowe, nieinwazyjne wykrycie wzmożonego ciśnienia śródczaszkowego (ICP, *intracranial pressure*) [21–24]. Osłonka nerwu wzrokowego jest „wypustką” śródczaszkowej przestrzeni podpajecznówkowej i dlatego wzmożone ICP może prowadzić do poszerzenia wymiaru osłonki [21, 25, 26]. Badanie wykonuje się za pomocą głowicy liniowej, oceniając szerokość osłonki w określonym punkcie w odcinku pozagałkowym (0,3 cm). Należy jednak podkreślić, że ocena ultrasonograficzna nie zastępuje pomiaru inwazyjnego ICP, który pozostaje „złotym standardem” [27].

OCENA ZATOK PRZYNOSOWYCH

Ultrasonografia może być przydatnym badaniem w diagnostyce potwierdzającej zapalenie zatok przynosowych [28]. Ocenia się, że nawet u co trzeciego chorego poddanego sztucznej wentylacji przyczyną gorączki może być zapalenie zatok. Fizjologicznie są one wypełnione powietrzem i z tego powodu niewidoczne w badaniu USG. W stanie zapalnym, gdy pojawia się w nich płyn, tworzy się medium umożliwiający przenoszenie fal dźwiękowych i obrazowanie [29, 30]. Ograniczeniem metody może być brak „okna kostnego” niezbędnego do transmisji fal dźwiękowych. Jednak u wielu osób grubość przedniej ściany zatoki szczękowej nie stanowi przeszkody w obrazowaniu. Badanie USG zatok charakteryzuje się dość dużą czułością i swoistością [31].

PROTOKÓŁ FAST

Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST) jest uproszczonym protokołem badania ultrasonograficznego, stosowanym u osób z tępymi urazami brzucha, ukierunkowanym na identyfikację wolnego płynu w jamach ciała (otrzewna, osierdzie, opłucna). Celem badania nie jest wykrycie przyczyny krwawienia ani ocena uszkodzenia konkretnego narządu mięsżowego. Wykrycie wolnego płynu w kontekście klinicznym urazu wskazuje na obecność krwi [32, 33].

Badanie polega na ocenie ultrasonograficznej czterech zdefiniowanych projekcji: zachyłka Morrisona, przestrzeni wokół śledziony, okolicy podmostkowej (ocena pod kątem obecności płynu w worku osierdziowym) i zachyłka Douglasa lub zachyłka pęcherzowo-odbytniczego u mężczyzn (obecność płynu w miednicy). Badanie może być poszerzone o ocenę jam opłucnowych w kierunku wykluczenia odmy (tzw. e-FAST, *extended FAST*) lub stwierdzenia obecności płynu (krwi).

Wartość FAST jest szczególnie duża u chorych niestabilnych hemodynamicznie, gdy czasochłonna diagnostyka tomograficzna może się wiązać z narażeniem bezpieczeństwa chorego. Potwierdzenie obecności wolnego płynu w jamie brzusznej w takich okolicznościach powinno być wystarczającym wskazaniem do pilnej operacji. Protokół FAST zdobył w ciągu ostatnich lat olbrzymią popularność. Prostota badania spowodowała, że protokół jest z powodzeniem stosowany również w diagnostyce przedszpitalnej np. na polu walki przez wojskowych paramedyków. Należy jednak podkreślić ograniczenia metody, do których należy jej czułość. Trudności diagnostyczne sprawia również zorganizowany krwiak, którego echogeniczność różni się od obrazu świeżej krwi i może przypominać obraz narządu miękkiego.

Protokół FAST jest badaniem przesiewowym, wykonywanym ze wskazań nagłych. Badanie to powinno być jak najszybciej uzupełnione dokładnym USG, wykonanym przez doświadczonego sonografistę.

KANIULACJA NACZYŃ

W ostatnich latach liczne opiniotwórcze instytucje medyczne opublikowały rekomendacje, które zalecają zastosowanie ultrasonografii podczas kaniulacji centralnych naczyń żylnych [34–36]. Wykazano, że zastosowanie USG, w porównaniu z tradycyjną metodą opierającą się na identyfikacji punktów anatomicznych, wiąże się z mniejszą liczbą powikłań (takich jak niezamierzone nakłucie tętnicy) oraz mniejszą liczbą prób potrzebnych do skutecznego nakłucia. Zwrócono również uwagę, że metoda ta pozwoliła na skrócenie czasu potrzebnego do wykonania skutecznej kaniulacji. Wykonanie kaniulacji żyły szyjnej wewnętrznej pod kontrolą USG jest szczególnie przydatne u osób z ciężkimi zaburzeniami krzepnięcia, otyłością lub w sytuacji, gdy nakłucie wykonuje się w nietypowym, przymusowym ułożeniu chorego.

Przed rozpoczęciem procedury nakłucia należy dokonać oceny wstępnej polegającej nie tylko na określeniu wzajemnego położenia naczyń i przylegających ważnych struktur anatomicznych. Ważne jest, aby potwierdzić drożność nakłuwanej żyły. *American Society of Echocardiography* (ASE) zaleca wykonanie kaniulacji z użyciem USG w czasie rzeczywistym, gdy osoba wykonująca nakłucie wykonuje

procedurę pod kontrolą wzroku, trzymając głowicę ultrasonograficzną w drugiej ręce [34].

Ultrasonografia może być również niezmiernie przydatna w ocenie położenia kaniuli i potwierdzaniu lub wykluczeniu jatrogennych powikłań [37]. Manipulując głowicą, można uwidocznić kaniulę w świetle naczynia oraz kierunek jej przemieszczania do żyły bezimiennej. Jeśli jest to możliwe, należy ocenić czy jej koniec nie znajduje się w prawym przedsionku.

Ultrasonografia jest bardziej czułym i swoistym narzędziem w wykrywaniu odmy opłucnowej niż zdjęcie RTG klatki piersiowej [28, 37]. Ocena ultrasonograficzna ukierunkowana na wykluczenie tego powikłania, powinna być wykonana natychmiast po wykonaniu kaniulacji.

INNE ZASTOSOWANIA ULTRASONOGRAFII W INTENSYWNEJ TERAPII

W artykule przedstawiono tylko wybrane, obecnie najpowszechniej stosowane aplikacje USG przydatne w intensywnej terapii. Coraz powszechniejsze wśród anestezjologów jest wykorzystanie tej technologii jako „stetoskopu XXI wieku”, który umożliwia wertykalne, wszechstronne zbadanie chorego „od czubka głowy do palca stopy”.

EDUKACJA

Ultrasonografia to unikalne narzędzie umożliwiające anestezjologowi holistyczne podejście do diagnostyki i leczenia chorego. Aby jednak właściwie korzystać z możliwości tej technologii, konieczna jest nie tylko umiejętność wykonania badania, ale przede wszystkim umiejętność poprawnego zinterpretowania uzyskanego obrazu. Ma to szczególne znaczenie w stanach zagrożenia życia, gdy badanie nie jest wykonywane przez specjalistę od technik obrazowania, a właściwie postawiona diagnoza może w decydujący sposób wpływać na postępowanie i losy chorego. Dlatego kluczowe znaczenie ma uzyskanie przez lekarzy wykonujących badania odpowiedniego poziomu kompetencji.

W niektórych krajach wprowadzane są obecnie systemy edukacji w zakresie „critical USG” opierające się na 3 etapach: kursach zdobywania umiejętności, nadzorowanym szkoleniu w miejscu pracy (tzw. mentoring), egzaminie teoretycznym i praktycznym [5, 38, 39]. Dobrym przykładem funkcjonowania takiego systemu jest certyfikacja w zakresie TEE organizowana przez *European Society of Cardiology*.

Poważnym ograniczeniem w szkoleniu dla praktykujących anestezjologów może być ograniczony dostęp do wykonywania badań i możliwość zetknięcia się z ważnymi patologiami. Niezwykle przydatną rolę w szkoleniu może odegrać e-learning. Sekcja Echokardiografii i Ultrasonografii PTaiT prowadzi jedyną polskojęzyczną stronę www.criticalusg.pl, która zawiera materiały edukacyjne i fil-

my z ważnymi patologiami z zakresu intensywnej terapii. Znakomitym narzędziem edukacyjnym jest również symulacja medyczna. Wprowadzenie zaawansowanych technicznie fantomów symulatorów umożliwia naukę techniki wykonywania badania (w tym również echo przezprzełykowego) i interpretację uzyskiwanego obrazu.

Dostrzegając potencjał ultrasonografii jako „stetoskopu XXI wieku” niektóre uczelnie medyczne w USA wprowadziły od niedawna praktyczne zajęcia z wykorzystaniem USG już od pierwszego roku studiów [40]. Rok 2013 ogłoszono rokiem ultrasonografii, aby promować powszechne używanie tej technologii [41].

PODSUMOWANIE

Ultrasonografia umożliwia wszechstronną, przyłóżkową diagnostykę stanów zagrożenia życia i wdrożenie natychmiastowego leczenia przyczynowego, które może zmienić losy chorego. Powtarzanie badania w krótkich odstępach czasowych ułatwia sprawdzanie efektywności zastosowanego leczenia i monitorowanie upośledzonych funkcji życiowych. Ultrasonografię można z powodzeniem stosować również do wykonywania inwazyjnych procedur, związanych z istotnym ryzykiem powikłań jatrogennych. Rewolucja technologiczna i wprowadzenie przenośnych, łatwych w obsłudze aparatów oraz wprowadzenie uproszczonych protokołów diagnostycznych spowodowało, że ultrasonografia jest coraz powszechniej stosowana przez lekarzy pracujących na OIT.

Warunkiem posługiwania się ultrasonografią w codziennej pracy na OIT jest zdobycie odpowiedniego poziomu kompetencji. Wydaje się, olbrzymią rolę zarówno w promocji zastosowania USG, jak i stworzeniu systemu akredytowanego szkolenia powinno odegrać Polskie Towarzystwo Anestezjologii i Intensywnej Terapii.

Piśmiennictwo:

1. http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2005/16feb_ultrasound/.
2. *Lichtenstein D*: The ultrasound equipment. In: Whole body sonography in the critically ill. Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2010: 11–18.
3. *Labovitz AJ, Noble VE, Biering M, et al.*: Focused cardiac ultrasound in the emergent setting: a consensus statement of the American Society of Echocardiography and American College of Emergency Physicians. *J Am Soc Echocard* 2010; 23: 1225–1230.
4. On Behalf of a Collaborative Working Group of the British Society of Echocardiography: A position Statement: Echocardiography in the critically ill. *JICS* 2008; 9: 197–198.
5. *Price S, Via G, Sloth E, et al.*: *Winfocus Echo-ICU Group*: Echocardiography practice, training and accreditation in the intensive care: document for the World Interactive Network Focused on Critical Ultrasound (WINFOCUS). *Cardiovasc Ultrasound* 2008; 6: 49–84.
6. *Price S, Uddin S, Quinn T*: Echocardiography in cardiac arrest. *Curr Opin Crit Care* 2010; 16: 211–251.
7. Zaawansowane zabiegi resuscytacyjne u osób dorosłych w: Wytyczne resuscytacji 2010. Polska Rada Resuscytacji, Kraków 2010: 121–122.
8. *Otto CM*: Intraoperative TEE, In: Textbook of clinical echocardiography 4th ed. Saunders Elsevier, Philadelphia 2009: 448–468.
9. *Elbarbary M, Melniker L, Volpicelli G, et al.*: Development of evidence-based clinical recommendations and consensus state-

ments in critical ultrasound field: why and how? *Crit Ultrasound J* 2010; 2: 93–95.

10. Harrison's principles of internal medicine 17th ed. McGraw-Hill; New York 2008
11. *Lichtenstein D*: Introduction to ultrasound. In: Whole body sonography in the critically ill. Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2010: 117–128.
12. *Lichtenstein D, Mezere GA*: Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure. The BLUE protocol. *Chest* 2008; 134: 117–125.
13. *Lichtenstein D*: Should lung ultrasonography be more widely used in the assessment of acute respiratory disease? *Expert Rev Resp Med* 2010; 4: 533–538.
14. *Roch A, Bojan M, Michelet P, et al.*: Usefulness of ultrasonography in prediction of pleural effusions > 500 ml in patients receiving mechanical ventilation. *Chest* 2005; 127: 224–232.
15. *Soldati G, Testa A, Sher S, et al.*: Occult traumatic pneumothorax: diagnostics accuracy of lung ultrasonography in the emergency department. *Chest* 2008; 133: 204–211.
16. *Agricola E, Bove T, Oppizzi M, et al.*: “Ultrasound comet-tail images”: a marker of pulmonary edema: a comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest* 2005; 127: 1690–1695.
17. *Reissig A, Copetti R, Kroegel C*: Current role of emergency ultrasound of the chest. *Crit Care Med* 2011; 39: 839–845.
18. *Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, et al.*: International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 2012; 38: 577–591.
19. *Gardelli G, Feletti F, Gamberini E, et al.*: Using sonography to assess lung recruitment in patients with acute respiratory distress syndrome. *Emerg Radiol* 2009; 16: 219–221.
20. *Lichtenstein D*: Pneumothorax, In: Whole body sonography in the critically ill. Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2010: 163–179.
21. *Noble V, Nelson B*: Ocular ultrasound, In: Manual of emergency and critical care ultrasound, 2nd ed. Cambridge Univ Press 2011: 203–211.
22. *Blaivas M, Theodoro D, Sierzenski P*: A study of bedside ocular ultrasonography in the emergency department. *Acad Emerg Med* 2002; 9: 971–979.
23. *Blaivas M, Theodoro D, Sierzenski P*: Elevated Intracranial Pressure detected by bedside emergency ultrasonography of the optic nerve sheath. *Acad Emerg Med* 2003; 10: 376–381.
24. *Harbison H, Shah S, Marill K, Noble V*: Correlation of optic nerve sheath diameter with direct measurement of intracranial pressure. *Acad Emerg Med* 2008; 15: 201–204.
25. *Hansen HC, Helmke K*: Validation of the optic nerve sheath response to changing cerebrospinal fluid pressure: ultrasound findings during intrathecal infusion tests. *J Neurosurg* 1997; 87: 34–40.
26. *Watanabe A, Kinouchi H, Horikoshi T, et al.*: Effect of intracranial pressure on diameter of the optic nerve sheath. *J Neurosurg* 2008; 109: 255–258.
27. *Lavinio A, Menon D*: Intracranial pressure: why we monitor it, how to monitor it, what to do with the number and what's the future? *Curr Opin Anaesthesiol* 2011; 24: 117–123.
28. *Lichtenstein D*: Dead and neck, In: Pneumothorax in: whole body sonography in the critically ill. Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2010: 243–252.
29. *Puhakka T, Heikkinen T, Makela M, et al.*: Validity of ultrasonography in diagnosis of acute maxillary sinusitis. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2000; 126: 1482–1486.
30. *Zagólski O, Stręk P*: Badanie ultrasonograficzne nosa i zatok przynosowych. *Pol Merk Lek* 2007; 22: 127–132.
31. *Hilbert G, Vargas F, Valentino R, et al.*: Comparison of B-mode ultrasound and computed tomography in the diagnosis of maxillary sinusitis in mechanically ventilated patients. *Crit Care Med* 2001; 29: 501–506.
32. *Noble V, Nelson B*: Focused assessment with sonography in trauma (FAST), In: Manual of emergency and critical care ultrasound, 2nd ed. Cambridge Univ Press 2011: 27–60.
33. *Killu K, Dulchavsky S, Caba V (ed.)*: The ICU ultrasound pocket book. Detroit 2010.
34. *Troianos C, Hartman G, Glas K, et al.*: Guidelines for Performing Ultrasound Guided Vascular Cannulation: Recommendations of the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *J Am Soc Echocardiogr* 2011; 24: 1291–1318.
35. National Institute for Health and Clinical Excellence. NICE Technology Appraisal No 49: guidance on the use of ultrasound locating devices for placing central venous catheters. <http://www.nice.org.uk/nicemedia/live/11474/32461/32461.pdf>.

36. *Augoustides J, Cheung A*: Ultrasound should be the standard of care for central catheter Insertion. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2009; 23: 720-724.
37. *Vezzani A, Brusasco C, Palermo S, et al.*: Ultrasound localization of central vein catheter and detection of postprocedural pneumothorax: an alternative to chest radiography. *Crit Care Med* 2010; 38: 533-538.
38. *Marik P, Mayo P*: Certification and training in critical care ultrasound. *Intensive Care Med* 2008; 34: 215-217.
39. *Tsui B, Yun V*: Ultrasound beyond regional anesthesia: formal training? *Can J Anaesth* 2011; 58: 499-503.
40. *Hoppmann R, Rao V, Poston M, et al.*: An integrated ultrasound curriculum (iUSC) for medical students 4-year experience. *Crit Ultrasound J* 2011; 3: 1-12.
41. <http://www.ultrasound2013.org>.

Adres do korespondencji:

dr n. med. Paweł Andruszkiewicz
ul. Dźwiękowa 13, 02-857 Warszawa,
tel.: 602 100 798,
e-mail: pawel_andruszkiewicz@cyberia.pl

Otrzymano: 17.03.2013 r.

Zaakceptowano: 21.06.2013 r.