

Konsensus Grupy Roboczej ds. Zastosowania Ultrasonografii Płuc w trybie *point-of-care* na oddziałach anestezjologii i intensywnej terapii u chorych na COVID-19

Natalia Buda¹, Paweł Andruszkiewicz², Mirosław Czuczwar³, Wojciech Gola⁴, Wojciech Kosiak⁵, Piotr Nowakowski⁶, Krystian Sporysz⁷

¹Klinika Chorób Wewnętrznych, Chorób Tkanki Łącznej i Geriatrii, Gdański Uniwersytet Medyczny, Gdańsk, Polska

²Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Instytut Gruźlicy i Chorób Płuc, Warszawa, Polska

³II Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Uniwersytet Medyczny w Lublinie, Lublin, Polska

⁴Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Szpital św. Łukasza, Końskie, Polska

⁵Klinika Pediatrii, Hematologii i Onkologii, Gdański Uniwersytet Medyczny, Gdańsk, Polska

⁶II Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa, Polska

⁷Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Gdański Uniwersytet Medyczny, Gdańsk, Polska

Streszczenie

Dominującym problemem klinicznym w ciężkim przebiegu choroby COVID-19 jest niewydolność oddechowa. Zarówno na etapie diagnostyki poprzedzającej przyjęcie na oddział anestezjologii i intensywnej terapii, jak i monitorowania ewolucji zmian techniki obrazowe mogą w istotny sposób wpływać na podejmowane decyzje. Chociaż tomografia komputerowa pozostaje złotym standardem w diagnostyce schorzeń płuc, to jej przydatność w czasie pandemii u zakażonych, krytycznie chorych pacjentów jest bardzo ograniczona. W doniesieniach z krajów, w których doszło do największego przeciążenia systemów opieki zdrowotnej pacjentami z zapaleniem płuc w przebiegu COVID-19, podkreślano kluczową rolę, jaką odegrała ultrasonografia płuc wykonywana przez klinicystów w trybie *point-of-care* w diagnostyce wstępnej i monitorowaniu dynamiki choroby. W opracowanym przez interdyscyplinarny zespół specjalistów Konsensusie Grupy Roboczej ds. Zastosowania Ultrasonografii Płuc w trybie *point-of-care* na oddziałach anestezjologii i intensywnej terapii u chorych na COVID-19 przedstawiono szerokie spektrum tematów związanych z omawianym zagadnieniem. Krótka forma opracowania ma służyć klinicyście posługującym się ultrasonografią jako przejrzysty przewodnik informacyjny.

Słowa kluczowe: COVID-19, koronawirus, SARS-CoV-2, ultrasonografia płuc, ultrasonografia *point-of-care*, intensywna terapia.

Anestezjologia Intensywna Terapija
2020; 52, 2: 83–90

ADRES DO KORESPONDENCJI:

dr hab. Paweł Andruszkiewicz, Instytut Gruźlicy i Chorób Płuc, ul. Płocka 26, 01-138 Warszawa, Polska,
e-mail: paul.andruszkiewicz@gmail.com

Według dostępnych danych 5–16% osób z pozytywnym wynikiem testu w kierunku COVID-19 wymagało przyjęcia na oddział anestezjologii i intensywnej terapii (OAIT) z powodu niewydolności oddechowej i konieczności wdrożenia wentylacji mechanicznej płuc [1, 2]. Niewydolność oddechowa jest dominującym problemem w przebiegu tej choroby. Panuje zgodność, że tomografia komputerowa jest złotym standardem w diagnostyce schorzeń płuc i pozwala uwidocznnić zmiany o typie zapalenia śródmiąższowego występujące również w COVID-19 [3]. Przeglądowe badanie radiologiczne klatki piersiowej charakteryzuje się w tych przypadkach znacząco mniejszą czułością i swoistością. W doniesieniach z Chin, Włoch i USA lekarze zwracają uwagę na dużą przydatność ultrasonografii (USG)

w wstępnej diagnostyce i monitorowaniu dynamiki choroby u pacjentów z COVID-19 [4–6].

Ultrasonografia płuc już od wielu lat jest wykorzystywana w ramach badania *point-of-care* (POC) i jest w tym kontekście uznanym narzędziem diagnostycznym [7]. Badanie USG wykonywane przez klinicystę stanowi znakomite uzupełnienie badania fizykalnego i spełnia podobną rolę do osłuchiwania klatki piersiowej. Głowica ultrasonograficzna zastępuje stetoskop, stając się „sonoskopem”, a liczba cennych informacji, które można uzyskać za pomocą tej technologii, jest znacznie większa niż przy osłuchiwaniu klatki piersiowej. Badanie płuc w trybie POC jest jedną z prostszych aplikacji ultrasonograficznych, a zdobycie podstawowych umiejętności, co dowiedziono w licznych badaniach, jest

możliwe po kilkugodzinnym szkoleniu teoretycznym i praktycznym [8].

Pandemia i ryzyko związane z przeniesieniem zakażenia ujawniły jeszcze jedną ważną zaletę USG, tj. możliwość wszechstronnego przyłóżkowego badania za pomocą mobilnego aparatu. Tradycyjne badanie przedmiotowe jest ograniczone przez środki ochrony indywidualnej (ŚOI), a przewiezienie chorego do pracowni diagnostyki obrazowej stanowi poważne przedsięwzięcie logistyczne angażujące ograniczone zasoby ludzkie i stwarzające zagrożenie przeniesienia infekcji poza OAiT. Kwestie bezpieczeństwa epidemiologicznego i wymuszone ograniczoną dostępnością racjonowanie ŚOI składają również do ograniczenia personelu medycznego wchodzącego do strefy czerwonej do koniecznego minimum.

Powszechna dostępność mobilnych aparatów USG na oddziałach intensywnej terapii umożliwia klinicyście sprawującemu opiekę nad chorym szybką przyłóżkową diagnostykę przyczyn gwałtownego pogorszenia stanu chorego (np. wywołanego powstaniem odmy płucnej) i wdrożenie leczenia przyczynowego [7].

Obecnie z oczywistych powodów liczba publikacji dotyczących zastosowania USG płuc u pacjentów z COVID-19 jest ograniczona. Tymczasowe zalecenia opierają się na relacjach przekazywanych przez uznanych specjalistów w formie webinarów organizowanych przez wiodące towarzystwa medyczne [9]. Z drugiej strony publikowane rekomendacje mają często charakter niespójny i wzajemnie sprzeczny, co powoduje dezorientację u czytelników. Celem powstania Konsensusu jest omówienie spektrum tematów związanych z zagadnieniem zastosowania USG płuc na oddziale intensywnej terapii u pacjentów z COVID-19.

WYMAGANE KWALIFIKACJE

Bezpieczeństwo pacjentów jest najważniejsze, co oznacza, że osoby wykorzystujące diagnostykę ultrasonograficzną powinny być odpowiednio przeszkolone. Obecnie w naszym kraju wykonywanie badań USG, w tym badań *point of care*, z uwzględnieniem USG płuc, nie ma klarownych uregulowań prawnych. Zgodnie z opinią prawną z dnia 20 lipca 2017 roku wydaną na zlecenie Polskiego Towarzystwa Ultrasonograficznego należy stwierdzić, że w aktualnym stanie prawnym nie obowiązują żadne regulacje, które wymagałyby od lekarzy, w tym lekarzy świadczących usługi komercyjne (lekarze kontraktowi), jakichkolwiek kwalifikacji stanowiących uprawnienie do wykonywania badań USG. Żaden z przepisów prawa nie wymienia enumeratywnie specjalizacji, których ukończenie byłoby jednoznaczne z nabyciem prawa do realizacji tego

rodzaju badań diagnostycznych. Nie istnieje żaden prawnie ustanowiony katalog certyfikatów przyznających lekarzom takie uprawnienia.

Oznacza to, że lekarze są zobowiązani do przestrzegania zasad wykonywania zawodu wynikających z przepisów ustawy z dnia 5 grudnia 1996 roku o zawodach lekarza i lekarza dentyści¹ uzupełnionych o art. 10 ust. 1 Kodeksu Etyki Lekarskiej², zgodnie z którym „Lekarz nie powinien wykroczać poza swoje umiejętności zawodowe przy wykonywaniu czynności diagnostycznych, zapobiegawczych, leczniczych i orzecznich”.

Co to oznacza dla nas w sytuacji pandemii SARS-CoV-2? To, że nie ma żadnych ograniczeń prawnych w zakresie stosowania USG płuc w diagnostyce wstępnej i monitorowaniu pacjentów z COVID-19. Powinniśmy skorzystać już dostępnych doświadczeń lekarzy z Chin czy Włoch, którzy jednoznacznie podkreślają niezwykle istotną rolę przeklatkowego badania płuc i szeroko pojętego znaczenia USG *point of care*, a może bardziej holistycznej USG u pacjentów leczonych na oddziałach intensywnej terapii i wykorzystać to w naszych warunkach.

Czy to jest dobry czas na naukę USG płuc i wykorzystania jej potencjału we wstępnej diagnostyce i monitorowaniu pacjentów z COVID-19? Nie będziemy mieli lepszej okazji, aby tak znaczna liczba lekarzy zapoznała się z tą metodą obrazowania płuc i zaczęła korzystać z niej w codziennej praktyce. Warto podkreślić, że już obecnie duża grupa lekarzy anesteziologów i lekarzy intensywnej terapii korzysta z tej metody i – co najważniejsze – jest to zgodne z polskimi uregulowaniami prawnymi.

WYMAGANIA SPRZĘTOWE

Aparat ultrasonograficzny

Do wykonania badania płuc wystarczające jest wykorzystanie dowolnego aparatu ultrasonograficznego umożliwiającego uzyskanie obrazu w trybie B. Nie jest konieczna dostępność innych trybów obrazowania (M-mode, Doppler kolorowy/spektralny). Urządzenia o zasilaniu baterijnym posiadające podstawę jezdnią pozwalają na uruchomienie, przygotowanie oraz dokonanie ustawień aparatu w strefie czystej i wejście do strefy pacjenta jedynie na czas niezbędny do wykonania badania. Szczególnie przydatne w takich warunkach mogą być urządzenia przenośne i ultramobilne. Podczas badania zalecana jest akwizycja obrazów/filmów na dysk twardy urządzenia lub ich bezprzewodowy transfer, co pozwala na analizę danych poza strefą badania oraz cyfrową archiwizację. Na czas badania należy odłączyć od aparatu nieużywane głowice i przewody, usunąć zbędne akcesoria. Aparat wyposażony w panel dotykowy lub małą liczbę przycisków/

¹Dz.U. [Journal of Laws] from 1997, No. 28, item 152, as amended

²<https://sip.lex.pl/akty-prawne/akty-korporacyjne/kodeks-etyki-lekarskiej-286454095>

pokręteł jest łatwiejszy do skutecznego czyszczenia/dezynfekcji po zakończeniu badania.

Wybór głowicy

Następujące głowice umożliwiają wykonanie badania USG płuc:

- **konweksowa/mikrokonweksowa:** dzięki głębokiej penetracji wiązki ultradźwięków oraz dobrej rozdzielczości w bliskim polu pozwala na przeprowadzenie pełnego badania płuc, tj. ocenę artefaktów, linii opłucnej i zmian podopłucnowych, okolic nadprzeponowych, jam opłucnowych,
- **liniowa:** pozwala na uzyskanie obrazu o wysokiej rozdzielczości przy penetracji ograniczonej do 4–5 cm; szczególnie dobrze nadaje się do oceny linii opłucnej i strefy podopłucnowej oraz weryfikacji objawu ślizgania; u pacjentów dorosłych utrudniona lub niemożliwa może być ocena zmian nadprzeponowych i jam opłucnowych; u pacjentów pediatrycznych możliwe jest przeprowadzenie pełnego badania płuc przy użyciu głowicy liniowej;
- **sektorowa:** pozwala na uzyskanie głębokiego zakresu penetracji; z uwagi na swoją konstrukcję obraz cechuje się zawężonym polem bliskim, co utrudnia lub uniemożliwia szczegółową ocenę linii opłucnej i zmian podopłucnowych; pozwala na dobre uwidocznienie struktur głębokich i ocenę artefaktów.

Optymalizacja ustawień aparatu/głowicy

W celu uzyskania diagnostycznego obrazu USG płuc wskazane jest:

- wyłączenie filtrów eliminujących artefakty (obrazowanie harmoniczne – THI), obrazowanie w skrzyżowanych ultradźwiękach (*compound imaging*), filtrów wygładzających obraz (*smooth*), redukujących szumy (*speckle reduction*) lub podobnych; pozwala to na zwiększenie czytelności artefaktów,
- zmniejszenie wzmocnienia (*gain*), aby poprawić widoczność artefaktów,
- ustawienie zakresu głębokości (*depth*) – pacjenci dorośli: 10–15 cm, pacjenci pediatryczni 5–10 cm,
- ustawienie zakresu częstotliwości: pośredni (Gen) dla danej głowicy,
- wybór pojedynczej strefy ogniskowania i ustawienie jej na poziomie linii opłucnej.

Zalecane jest korzystanie z predefiniowanych nastawów głowicy zoptymalizowanych pod kątem oceny płuc (tzw. presetów). Użycie presetów pozwala na skrócenie czasu przygotowania urządzenia oraz zapewnienie porównywalnych warunków badania. W razie braku gotowego presetu dla oceny płuc należy zmodyfikować preset brzuszny zgodnie z powyższymi wskazówkami [10–15].

OCHRONA PERSONALNA, OCHRONA GŁOWICY, CZYSZCZENIE APARATU USG

Stosowanie adekwatnych ŚOI jest kluczowym elementem opieki nad pacjentem z podejrzeniem bądź rozpoznaniem COVID-19 leczonym na OAIiT. Z uwagi na to, że badanie USG wymaga bezpośredniego kontaktu klinicysty z pacjentem, konieczne jest zastosowanie pełnych ŚOI:

- maski chirurgicznej FFP2/3,
- gogli/przyłbicy,
- fartucha,
- rękawiczek.

Pacjenci oddychający samodzielnie w trakcie badania powinni mieć założoną (jeśli tolerują) maskę chirurgiczną.

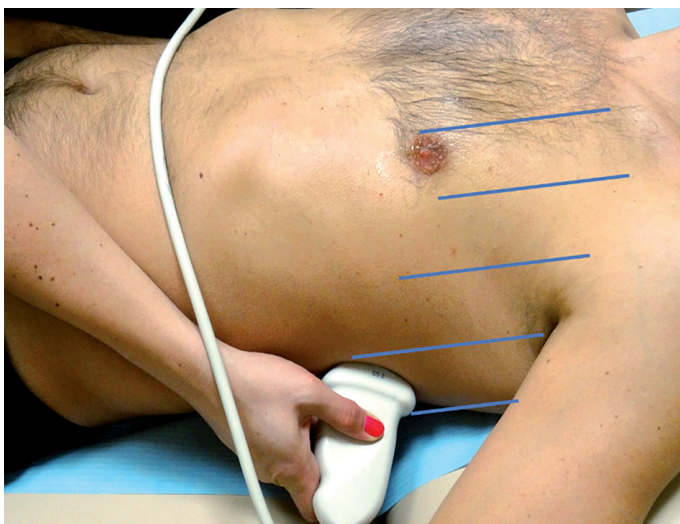
W czasie badania pacjentów z rozpoznaniem/podejrzeniem COVID-19 należy się kierować następującymi zasadami w celu zmniejszenia ryzyka kontaminacji:

- używany jest niżej opisany protokół badania, nagrywane obrazy i pętle w celu późniejszej analizy,
- do badania wykorzystuje się jednorazowy żel USG dedykowany dla jednego pacjenta,
- stosowane są ŚOI według listy powyżej,
- nakładane są jednorazowe osłony i rękawy na aparat USG oraz głowice,
- po zakończeniu badania i wstępnej dezynfekcji osłon preparatem alkoholowym usuwane są zabezpieczenia z aparatu USG i głowic i dokonywana jest dokładna dezynfekcja całego aparatu (łącznie z kółkami) oraz głowic,
- zaleca się używanie (o ile organizacyjnie możliwe) dedykowanego aparatu USG z przeznaczeniem tylko dla pacjentów z COVID-19.

PROTOKÓŁ BADANIA USG PŁUC U PACJENTÓW Z PODEJRZENIEM LUB ROZPOZNANYM COVID-19

Badanie wykonywane w warunkach OAIiT dotyczy pacjentów pozostających najczęściej w pozycji leżącej na plecach. Ponadto pole badania może być ograniczone z uwagi na założone kaniule, opatrunki, dreny i elementy monitorowania. Badanie powinno być wykonane na jak największej dostępnej podczas badania powierzchni płuc (rycina 1).

Badanie rozpoczyna się głowicą typu convex, która pozwala na ocenę zmian zajmujących dużą powierzchnię oddechową płuc, np.: artefakty linii B występujące na znacznej powierzchni, płatowe konsolidacje, znaczna objętość płynu w jamie opłucnej. Dostępną powierzchnię klatki piersiowej skanuje się, przesuując głowicę ułożoną wzdłuż międzyżebry, od szczytu płuc do ich podstawy, w poszczególnych liniach ciała: przymostkowej, środkowo-obojęckowej, pachowych (przedniej, środkowej i tylnej). Ocena okolicy tylnobocznej wymaga precyzyjnie wykonanego badania, ponie-



RYCINA 1. Technika badania USG płuc u pacjenta pozostającego w pozycji leżącej

waż tam występuje większość zmian układających się grawitacyjnie. Zwracamy uwagę, że proponowana technika zaleca korzystanie z przyłożeń wzdłuż przestrzeni międzyżebrowych, a nie jak dotychczas podłużnych w stosunku do osi ciała. Modyfikacja techniki wynika z konieczności dostosowania się zarówno do warunków badania, jak i stanu pacjenta na OAIIT. W przypadku uwidocznienia zmian śródmiąższowych powinno się głowicą liniową ponownie wykonać badanie. Pozwoli to na szczegółową ocenę zmian w zakresie linii opłucnej.

Czas badania jest uzależniony od potrzeb klinicznych i liczby zadanych pytań. W przypadku pacjentów z COVID-19 badanie płuc powinno być wykonane w czasie pozwalającym na uzyskanie diagnostycznych obrazów ultrasonograficznych. W tym celu należy je wykonać zgodnie z opisaną wyżej techniką i nagrać pętle wideo. Następnie po opuszczeniu stanowiska pacjenta można je ponownie analizować. Kolejną zaletą nagrywania materiału wideo z badania jest możliwość konsultowania obrazu USG z bardziej doświadczonym członkiem zespołu, a także powrót po pewnym czasie do materiału w celu porównania i oceny w ramach monitorowania pacjenta.

Obserwacja zmian płucnych w badaniu USG pozwala również na monitorowanie pacjentów leczonych przy użyciu ECMO z powodu zespołu ostrej niewydolności oddechowej (*acute respiratory distress syndrome* – ARDS). Mongodi i wsp. [16] zaproponowali protokół pozwalający na ocenę typu i rozległości poszczególnych zmian ultrasonograficznych wraz z punktacją określającą stopień ciężkości zmian płucnych.

OPIS BADANIA I DOKUMENTOWANIE

Badanie USG płuc wykonywane podczas czynności obserwacyjno-diagnostycznych typu *point-of care* (POC) należy udokumentować. Badanie POC trak-

tuje się jako element badania pacjenta, na równi z osłuchiwaniem stetoskopem, pomiarem SpO_2 , monitorowaniem EKG itp. Powinno się tego dokonać poprzez umieszczenie wyniku przeprowadzonego badania w treści obserwacji. Opis badania powinien zawierać: datę, godzinę badania (z uwagi na możliwą konieczność wykonania go kilkakrotnie w ciągu doby), informację, z jakich głowic korzystano podczas badania POC. Ponadto przed opisem wyniku badania umieszcza się ewentualne uwagi dotyczące tego, co mogło wpłynąć na ograniczenie możliwości obrazowania, np. pozycja pacjenta, otyłość, opatrunki. Druga część opisu zawiera dane dotyczące obrazu USG i wnioski. Ocena płuc w ramach badania POC powinna obejmować następujące elementy:

- objaw ślizgania,
- patologiczne artefakty z podaniem lokalizacji,
- konsolidacje podopłucnowe z podaniem lokalizacji,
- płyn w jamach opłucnowych.

W opisywaniu badań pomocne są nagrane pętle wideo z przeprowadzonego badania. Podczas monitorowania pacjenta okazują się szczególnie przydatne i pozwalają ocenić ewolucję zmian.

PRAWIDŁOWY OBRAZ PŁUC

Prawidłowo powietrzne płuca w obrazie USG charakteryzują się występowaniem objawu ślizgania opłucnej oraz artefaktów linii A [17].

Objaw ślizgania opłucnej (*lung sliding*) wynika z prawidłowej ruchomości blaszek opłucnowych względem siebie (opłucnej płucnej i opłucnej ściennej) i jest widoczny jako boczne przemieszczanie się linii opłucnej wraz z ruchem oddechowym pacjenta. W prawidłowych warunkach linia opłucnej to cienka hiperechogenna linia o zachowanej ciągłości. Jej grubość nie przekracza 2 mm, pomiaru dokonuje się głowicą liniową. Aby bezbłędnie zlokalizować linię opłucnej, można skorzystać z objawu nietoperza (*bat sign*). W tym celu należy przyłożyć głowicę do ściany klatki piersiowej wzdłuż osi długiej ciała i uwidocznić dwa sąsiadujące żebra i cienie akustyczne za nimi. Pomiędzy żebrami i ok. 3–5 mm poniżej linii żeber znajduje się linia opłucnej.

Artefakty linii A to artefakty rewerberacji, które świadczą o prawidłowym upowietrzeniu płuc (rycina 2). Powstają w wyniku odbicia fal ultradźwiękowych od linii opłucnej. Występują jako hiperechogenne poziome linie poniżej linii opłucnej, są do niej równoległe i powtarzają się zawsze w tej samej odległości (równej dystansowi pomiędzy powierzchnią ciała a linią opłucnej).

ZMIANY W PRZEBIEGU COVID U PACJENTÓW NA ODDZIALE INTENSYWNEJ TERAPII

Charakterystyczne zmiany mogące towarzyszyć zakażeniu wirusem SARS-CoV-19 to artefakty linii B

o różnym stopniu nasilenia, zmiany w obrębie linii opłucnej oraz występowanie konsolidacji podopłucnowych [18].

Artefakty linii B to hiperechogenne, pionowe artefakty pochodzące z linii opłucnej, poruszające się wraz z nią oraz biegnące do dolnego brzegu ekranu (niezależnie od ustawionej głębokości) (rycina 3). Zgodnie z dostępnymi danymi z piśmiennictwa, za objaw patologiczny przyjmuje się powyżej dwóch linii B w jednej przestrzeni międzyżebrowej (w podłużnym skanie), lecz odnosi się to do rozpoznania kardiogenego obrzęku płuc. Dotychczas piśmiennictwo nie odnosiło się do tematu norm dotyczących liczby artefaktów linii B zarówno w różnych grupach wiekowych, jak i w innych stanach klinicznych niż obrzęk płuc. W początkowej fazie rozwoju śródmiąższowego zapalenia płuc liczba linii B, która pojawia się ogniskowo, nie jest przewidywalna. Dlatego też każda liczba linii B o nietypowej lokalizacji powinna być uznana w obecnym czasie pandemii za patologiczny objaw ultrasonograficzny. W przebiegu COVID-19 mogą się pojawić zarówno pojedyncze, jak i liczne artefakty linii B widoczne nad całą powierzchnią płuc [19]. Im jest ich więcej, tym bardziej nasilony proces. Ich obecność świadczy o toczącym się procesie chorobowym w śródmiąższu płuc. Taki obraz może towarzyszyć śródmiąższowemu zapaleniu płuc w przebiegu infekcji wirusowych. Wraz z nasileniem zmian dochodzi do zlewania się artefaktów linii B i powstaje szerokie hiperechogenne pasmo – objaw „białego płuca” (rycina 3). Ponadto występują obszary oszczędzonego płuca (tzw. *spared area*) (rycina 4).

Zmiany widoczne w zakresie linii opłucnej to najczęściej nieregularność i brak jej ciągłości, co może się wiązać z występowaniem bardzo drobnych zmian podopłucnowych.

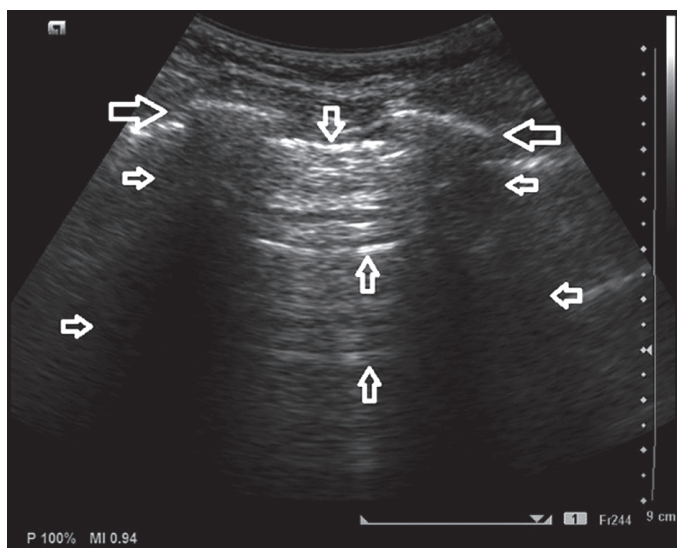
Konsolidacje to bezpowietrzne obszary płuca, najczęściej o obniżonej echogeniczności, pozostające w kontakcie z linią opłucnej (rycina 5). W przebiegu COVID-19 mogą się pojawiać drobne konsolidacje, najczęściej w tylny-dolnych oraz bocznych częściach płuc.

Zgodnie z dostępnym piśmiennictwem bardzo rzadko dochodzi do pojawienia się płynu w jamach opłucnowych oraz powstawania dużych, płatowych konsolidacji. Niemniej jednak mogą one wystąpić w nadkażeniu bakteryjnym.

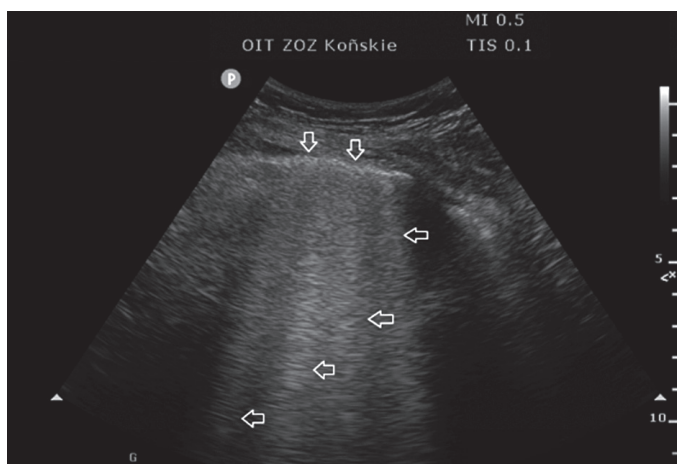
Badanie USG płuc pozwala na monitorowanie nasilenia i ustępowania wyżej wymienionych zmian.

COVID-19 A CHOROBY WSPÓŁISTNIEJĄCE

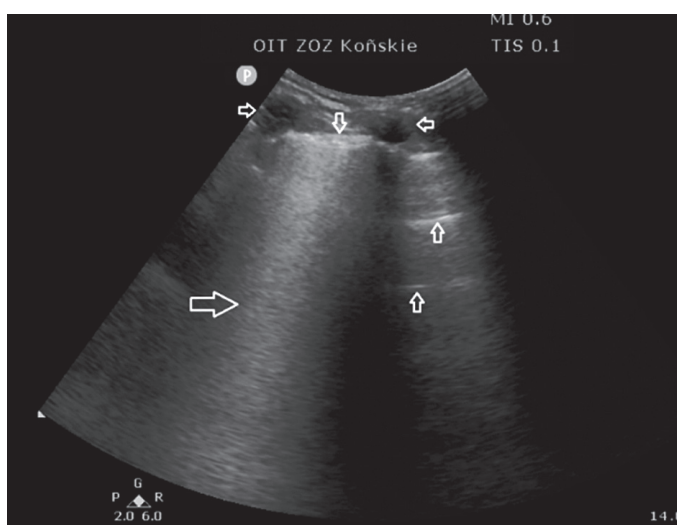
Zmiany pojawiające się w badaniu USG płuc w przebiegu COVID-19 są typowe dla każdego zapalenia płuc o charakterze śródmiąższowym, lecz nie są specyficzne dla zakażenia koronawirusem.



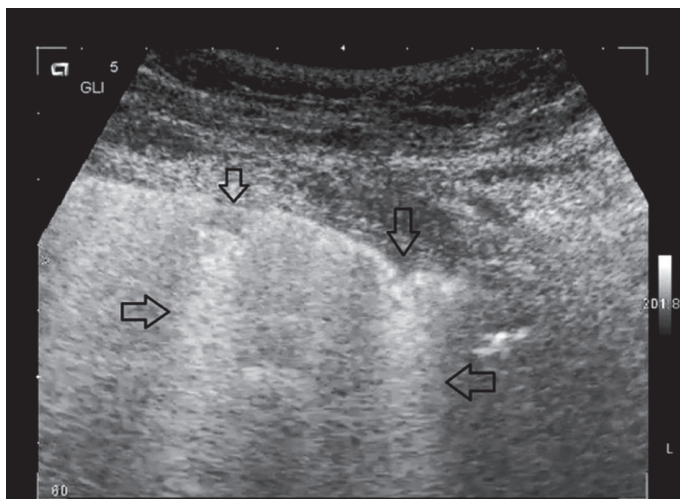
RYCINA 2. Prawidłowo powietrzne płuco w badaniu USG płuc; (↓) linia opłucnej, (↑) artefakt linii A, duże poziome strzałki wskazują na okostną żeber, małe poziome strzałki – na cień akustyczny powstający za częściami kostnymi żeber



RYCINA 3. Zmiany śródmiąższowe płuc w badaniu ultrasonograficznym; (↓) linia opłucnej, (←) pionowe artefakty nazywane liniami B



RYCINA 4. Zmiany śródmiąższowe płuc (→) oraz obszar oszczędzonego płuca (↑), linia opłucnej (↓)



RYCINA 5. Konsolidacje podopłucnowe o średnicy ok. 5 mm (↓) z towarzyszącymi pionowymi artefaktami wychodzącymi z dolnego brzegu zmian podopłucnowych, tzw. artefakty linii C (→ ←)

Podobne zmiany mogą być obserwowane również w innych zakażeniach wirusowych lub o etiologii atypowej [20].

Pacjentami wymagającymi leczenia na OAIIT w przebiegu COVID-19 są najczęściej chorzy w podeszłym wieku oraz z chorobami współistniejącymi. Niewydolność serca w tej grupie pacjentów stanowi jedną z najczęstszych przyczyn hospitalizacji i występuje w populacji geriatrycznej w 6–10%, a powyżej 75. roku życia u powyżej 10% [21, 22], wobec czego w przypadku hospitalizacji pacjentów z COVID-19 należy pamiętać o możliwości nakładania się zmian zajmujących przestrzeń śródmiąższową. Efektem tego w badaniu USG będzie obserwacja licznych artefaktów linii B, wtórnie do obu chorób. W kardiogennym obrzęku płuc linii B gromadzą się grawitacyjnie, obustronnie, zwykle symetrycznie, a linia opłucnej jest prawidłowa. Przypodstawnie możliwe jest uwidocznienie niedodmy z ucisku spowodowanej gromadzącym się płynem w przebiegu niewydolności serca [23]. W grupie pacjentów z nakładaniem się zmian obrzękowych wtórnie do przyczyn kardiogennych i niekardiogennych różnicowanie na podstawie badania USG staje się znacznie ograniczone. W różnicowaniu przydatne są dane kliniczne oraz ocena serca w badaniu echokardiograficznym, a także monitorowanie efektów terapii ukierunkowanej na poprawę wydolności układu krążenia.

Podobne obserwacje dotyczą pacjentów z chorobą śródmiąższową płuc przebiegającą z włóknieniem, których częstość występowania w populacji jest zdecydowanie rzadsza w porównaniu z niewydolnością serca [24]. W ocenie USG wiodącym objawem są jednak również artefakty linii B. U pacjentów z chorobami śródmiąższowymi przebiegającymi z włóknieniem należy pamiętać o ocenie

zmian w zakresie linii opłucnej, które są przyczyną powstawania linii B oraz ich lokalizacji. Zmiany dominują zwykle w polach dolnych i są słabiej wyrażone w polach środkowych i górnych, lecz zależy to od stopnia zaawansowania choroby [22].

W przebiegu wirusowego zapalenia płuc może dojść do nadkażenia bakteryjnego. Obraz USG bakteryjnego zapalenia płuc wiąże się z występowaniem dużych konsolidacji obejmujących znaczną część płata, cały płat lub kilka płatów. W obrębie konsolidacji widoczny jest tzw. dynamiczny bronchogram powietrzny oraz inne cechy: bronchogram płynowy, objaw pułapki powietrznej, hipoechogeniczna linia opłucnej i płyn w jamie opłucnej.

Celem skutecznego monitorowania pacjenta z COVID-19 za pomocą USG jest wykonanie pierwszego badania tuż po wstępnym ustabilizowaniu pacjenta. Kolejne badania zostaną wówczas odniesione do obrazu wyjściowego. Kluczem do powodzenia monitorowania przebiegu choroby za pomocą USG jest udział całego, odpowiednio przeszkolonego zespołu.

PODSTAWOWA OCENA ECHOKARDIOGRAFICZNA PODCZAS WENTYLACJI ZASTĘPCZEJ PŁUC U PACJENTÓW Z COVID-19

Przyłożkowe badanie echokardiograficzne jest bardzo przydatnym narzędziem, które może umożliwić ocenę parametrów hemodynamicznych u pacjenta z niewydolnością oddechową [25]. U chorych z COVID-19 z powodu rygorów epidemiologicznych i ciężkiego stanu chorego wiążącego się z koniecznością podłączenia do aparatury wspomagającej funkcje życiowe (np. wentylacja mechaniczna, terapię pozaustrojowe) badanie USG serca będzie się różniło od standardowego badania, które z reguły jest przeprowadzane przez kardiologa w warunkach pracowni echokardiograficznej. Badanie wykonywane przez lekarza prowadzącego na OAIIT jest z założenia badaniem kontekstowym, które interpretuje się, uwzględniając całość obrazu klinicznego [26].

Badanie echokardiograficzne pacjentów poddanych wentylacji mechanicznej płuc z powodu ciężkiego zapalenia płuc powinno być ukierunkowane na dynamiczną ocenę zjawiska interakcji pomiędzy układem krążenia i układem oddechowym [27]. Taka specyfika badania wynika z potrzeby oceny wpływu generowanych przez respirator dodatknych ciśnień w klatce piersiowej na funkcję układu krążenia (m.in. upośledzenia powrotu żylnego i jego niekorzystnego wpływu na obciążenia wstępne oraz następcze lewej i prawej komory serca) [28, 29]. Wydaje się, że wykorzystanie przyłożkowego badania echokardiograficznego w ocenie pacjentów z COVID-19 może się przyczynić do optymalizacji wentylacji i wyboru terapii dotyczącej układu krążenia.

Rekomendacje dotyczące zastosowania przyłóżkowego badania echokardiograficznego w ocenie pacjentów z COVID-19:

1. Przyłóżkowa echokardiografia przezklatkowa (*trans-thoracic echocardiography* – TTE) powinna być wykonywana jako badanie z wyboru, z uwagi na wszechstronność oraz dostępność [30].
2. Echokardiografia przezklatkowa umożliwia zidentyfikowanie przyczyny niestabilności hemodynamicznej nawet przez lekarza posiadającego podstawowe kompetencje w jej stosowaniu [31, 32].
3. Podstawowe objawy, które należy zidentyfikować/ocenić w trakcie TTE u pacjenta z niestabilnością hemodynamiczną, to:
 - znacznego stopnia upośledzenie kurczliwości lewej komory [33],
 - krążenie hiperkinetyczne [34],
 - ostre przeciążenie prawej komory [35],
 - płyn w osierdziu i jamach opłucnowych [36, 37],
 - stopień zapadalności żyły głównej dolnej [38].
4. Regularna ocena układu krążenia podczas prowadzenia wentylacji mechanicznej może być zastosowana w celu optymalizacji parametrów wentylacyjnych, tak aby negatywny wpływ stosowania dodatknych ciśnień w klatce piersiowej na hemodynamikę pacjenta był jak najmniejszy [39].
5. W sytuacjach, kiedy ocena za pomocą TTE jest niemożliwa lub niepełna, należy rozważyć zastosowanie echokardiografii przezprzełykowej (*transesophageal echocardiography* – TEE) [40, 41].
6. Zaawansowana ocena echokardiograficzna w trakcie wentylacji mechanicznej powinna obejmować:
 - ilościową ocenę czynności skurczowej i rozkurczowej lewej komory [42],
 - ilościową ocenę czynności skurczowej prawej komory [43],
 - ocenę funkcji zastawek serca,
 - ocenę ciśnienia panującego w tętnicy płucnej [44],
 - ocenę skuteczności interwencji terapeutycznych, m.in. płynoterapii i leków wazoaktywnych [45].

SKOLENIE

Pandemia SARS-CoV-2 i hospitalizacja wielu pacjentów z cechami ciężkiego zapalenia płuc w przebiegu COVID-19 umożliwia lekarzom pracującym na OAiT obserwowanie dynamiki przebiegu choroby za pomocą USG. Każde takie badanie jest dla lekarza anestezjologa doświadczeniem edukacyjnym – pomimo zmian typowych dla zapalenia śródmiąższowego, COVID-19 ma nieznaną nam dotąd przebieg kliniczny. Jeśli to możliwe, należy dołożyć starań, aby osoby z większym doświadczeniem w zakresie wykonywania USG w trybie *point-of-care* szkoliły osoby o mniejszych umiejętnościach. W ten sposób zmniejsza się ryzyko sytuacji, w której absencja chorobowa lekarza wykonującego badania USG całko-

wicie sparaliżuje możliwości prowadzenia przyłóżkowej diagnostyki obrazowej.

Pandemia SARS-CoV-2 dotarła do poszczególnych krajów w różnym tempie. Dzięki wymianie informacji z użyciem współczesnych mediów możliwe było przekazanie m.in. obrazów USG zarejestrowanych u osób z COVID-19 hospitalizowanych w Chinach i Włoszech, zanim pierwsi tacy pacjenci pojawili się w innych krajach [4, 6].

Wymuszone wynikającymi z restrykcji przemieszczenia się internetowe konferencje (webinaria) dotyczące m.in. problematyki COVID-19 w intensywnej terapii dowiodły, że taką formę edukacji można z powodzeniem stosować w nauczaniu USG płuc. To jedno z cenniejszych doświadczeń zdobytych podczas pandemii, które będzie można wykorzystać w przyszłości.

DALSZE PERSPEKTYWY ROZWOJU – CO PO COVID?

Pandemia SARS-CoV-2 spowodowała gwałtowny wzrost zainteresowania USG *point-of-care* jako wszechstronnym przyłóżkowym narzędziem diagnostycznym, które umożliwia klinicyście kompleksowe badanie pacjenta w stanie krytycznym. Obecnie nie ma ustalonego konsensusu krajowych towarzystw medycznych dotyczącego pozycji USG *point-of-care* w codziennej praktyce klinicznej. W relacjach i pierwszych publikacjach pochodzących z krajów, w których ultrasonografia POC ma już ugruntowaną pozycję oraz zorganizowany i walidowany system szkolenia w tym zakresie, metoda została z powodzeniem wdrożona nie tylko na oddziale intensywnej terapii, lecz także na etapie triażu na szpitalnych oddziałach ratunkowych [6, 9].

Wydaje się uzasadnione, aby w najbliższym czasie opracować i wdrożyć podobny system edukacji w tym zakresie na podstawie wypracowanych i sprawdzonych wzorców.

PODZIĘKOWANIA

1. Źródła finansowania: brak.
2. Konflikt interesów: PA, MC, WG – honoraria od MS Medical Sp. z o.o. Sp.K. za wykłady dotyczące ultrasonografii POC; PN – honoraria za szkolenia z zakresu ultrasonografii POC od firm: Profimedical, Philips Medical, GE Medical; pozostali autorzy brak.

PIŚMIENNICTWO

1. Grasselli G, Pesenti A, Cecconi M. Critical care utilization for the COVID-19 outbreak in Lombardy, Italy: early experience and forecast during an emergency response. *JAMA* 2020; 323: 1545-1546. doi: 10.1001/jama.2020.4031.
2. Phua J, Weng L, Ling L, et al. Intensive care management of coronavirus disease 2019 (COVID-19): challenges and recommendations. *Lancet Respir Med* 2020. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30161-2.
3. Liang T. Handbook of COVID-19. Prevention and treatment. Alibaba Cloud 2020. Available at: <https://www.alnap.org/help-library/handbook-of-covid-19-prevention-and-treatment> (Accessed: 23.04.2020).

4. Peng QY, Wang XT, Zhang LN; Chinese Critical Care Ultrasound Study Group (CCUSG). Finding of lung ultrasonography of novel coronavirus pneumonia during the 2019–2020 epidemic. *Intensive Care Med* 2020; 46: 849-850. doi: 10.1007/s00134-020-05996-6.
5. Vetrugno L, Bove T, Orso D, et al. Our Italian experience using lung ultrasound for identification, grading and serial follow-up of severity of lung involvement for management of patients with COVID-19. *Echocardiography* 2020; 37: 625-627. doi: 10.1111/echo.14664.
6. Soldati G, Smargiassi A, Inchigolo R, et al. Is there a role for lung ultrasound during the COVID-19 pandemic? *J Ultrasound Med* 2020; 9999: 1-4. doi: 10.1002/jum.15284.
7. Lichtenstein D, van Hooland S, Elbers P, Malbrain M. Ten good reasons to practice ultrasound in critical care. *Anesthesiol Intensive Ther* 2014; 46: 339-351. doi: 10.5603/AIT.2014.0056.
8. Rouby JJ, Arbelot C, Gao Y, et al. Training for lung ultrasound score measurement in critically ill patients. *Am J Respir Crit Care Med* 2018; 198: 398-401. doi: 10.1164/rccm.201802-0227LE.
9. <https://esicm-iv.org/> (Accessed: 23.04.2020).
10. Piettea E, Daoust R, Denault A. Basic concepts in the use of thoracic and lung ultrasound *Curr Opin Anesthesiol* 2013; 26: 20-30. doi: 10.1097/ACO.0b013e32835afd40.
11. Lichtenstein D. Novel approaches to ultrasonography of the lung and pleural space: where are we now? *Breathe* 2017; 13: 100-111. doi: 10.1183/20734735.004717.
12. Nowakowski P. Ultrasonografia point-of-care u pacjentów w stanach nagłych. *OPM – Ogólnopolski Przegląd Medyczny* 2017; 4: 46-53.
13. Mojoli F, Bouhemad B, Mongodi S, Lichtenstein D. Lung ultrasound for critically ill patients. *Am J Respir Crit Care Med* 2019; 199: 701-714. doi: 10.1164/rccm.201802-0236CI.
14. Von Groote-Bidlingmaier F, Koegelenberg CF. A practical guide to transthoracic ultrasound. *Breathe* 2012; 9: 132-142; doi: 10.1183/20734735.024112.
15. Kruisselbrink R, Chan V, Gian A, Cibinel A, Abrahamson S, Goffi A. Indication, acquisition, interpretation, medical decision-making. Framework for point of care lung ultrasound. *Anesthesiology* 2017; 127: 568-582. doi: 10.1097/ALN.0000000000001779.
16. Mongodi S, Pozzi M, Orlando A, et al. Lung ultrasound for daily monitoring of ARDS patients on extracorporeal membrane oxygenation: preliminary experience. *Intensive Care Med* 2018; 44: 123-124. doi: 10.1007/s00134-017-4941-7.
17. Lichtenstein DA. Lung ultrasound in the critically ill. *Ann Intensive Care* 2014; 4: 1. doi: 10.1186/2110-5820-4-1.
18. Huang Y, Wang S, Liu Y, et al. A preliminary study on the ultrasonic manifestations of peripulmonary lesions of non-critical novel coronavirus pneumonia (COVID-19). Available at: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3544750.
19. Lomoro P, Verde F, Zerbini F, et al. COVID-19 pneumonia manifestations at the admission on chest ultrasound, radiographs, and CT: single-center study and comprehensive radiologic literature review. *Eur J Radiol Open* 2020; 7: 100231. doi: 10.1016/j.ejro.2020.100231.
20. Guan WJ, Ni ZY, Hu Y, et al. Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China. *N Engl J Med* 2020; 382: 1708-1720. doi: 10.1056/NEJMoa2002032.
21. Metra M, Teerlink JR. Heart failure. *Lancet* 2017; 390: 1981-1995. doi: 10.1016/S0140-6736(17)31071-1.
22. Dickstein K, Cohen-Solal A, Filippatos G, et al. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2008: the Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2008 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association of the ESC (HFA) and endorsed by the European Society of Intensive Care Medicine (ESICM). *Eur Heart J* 2008; 29: 2388-2442. doi: 10.1016/j.ejheart.2008.08.005.
23. Buda N, Kosiak W, Radzikowska E, et al. Polish recommendations for lung ultrasound in internal medicine (POLLUS-IM); Polish Committee on Lung Ultrasound (PC-LUS) for POLLUS-IM. *J Ultrason* 2018; 18: 198-206. doi: 10.15557/JoU.2018.0030.
24. Xaubet A, Ancochea J, Blanquer R, et al. Diagnosis and treatment of diffuse interstitial lung diseases. *Arch Bronconeumol* 2003; 39: 580-600. doi: 10.1016/s0300-2896(03)75457-x.
25. Monchi M, Bellenfant F, Cariou A, et al. Early predictive factors of survival in the acute respiratory distress syndrome. A multivariate analysis. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158: 1076-1081. doi: 10.1164/ajrccm.158.4.9802009.
26. Vignon P. PRO: physician-performed ultrasound: the time has come for routine use in acute care medicine. *Anesth Analg* 2012; 115: 999-1003. doi: 10.1213/ANE.0b013e31826bfa7d.1003.
27. Grüber MR, Wigger O, Berger D, Blöchliger S. Basic concepts of heart-lung interactions during mechanical ventilation. *Swiss Med Wkly* 2017; 147. doi: 10.4414/smw.2017.14491.
28. Jardin F, Dubourg O, Bourdarias JP. Echocardiographic pattern of acute cor pulmonale. *Chest* 1997; 111: 209-217. doi: 10.1378/chest.111.1.209.
29. Hoffman D, Sisto D, Frater RW, Nikolic SD. Left-to-right ventricular interaction with a noncontracting right ventricle. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994; 107: 1496-1502.
30. Beaulieu Y, Marik PE. Bedside ultrasonography in the ICU (part 1). *Chest* 2005; 128: 881-895. doi: 10.1378/chest.128.2.881.
31. Vieillard-Baron A, Slama M, Chollet B, et al. Echocardiography in the intensive care unit: from evolution to revolution. *Intensive Care Med* 2008; 34: 243-249. doi: 10.1007/s00134-007-0923-5.
32. Kaplan A, Mayo PH. Echocardiography performed by the pulmonary/critical care medicine physician. *Chest* 2009; 135: 529-535. doi: 10.1378/chest.08-0818.
33. Joseph MX, Disney PJS, Da Costa R, Hutchison SJ. Transthoracic echocardiography to identify or exclude cardiac cause of shock. *Chest* 2004; 126: 1592-1597. doi: 10.1378/chest.126.5.1592.
34. Schmidt GA, Koenig S, Mayo PH. Shock. ultrasound to guide diagnosis and therapy. *Chest* 2012; 142: 1042-1048. doi: 10.1378/chest.12-1297.
35. Vieillard-Baron A, Schmitt JM, Augarde R, et al. Acute cor pulmonale in acute respiratory distress syndrome submitted to protective ventilation: incidence, clinical implications, and prognosis. *Crit Care Med* 2001; 29: 1551-1555. doi: 10.1097/00003246-200108000-00009.
36. Tsang TS, Barnes ME, Hayes SN, et al. Clinical and echocardiographic characteristics of significant pericardial effusions following cardiothoracic surgery and outcomes of echo-guided pericardiocentesis for management: Mayo Clinic experience, 1979-1998. *Chest* 1999; 116: 322-331. doi: 10.1378/chest.116.2.322.
37. Lichtenstein DA. Ultrasound in the management of thoracic disease. *Crit Care Med* 2007; 35: S250-S261. doi: 10.1097/01.CCM.0000260674.60761.85.
38. Feissel M, Michard F, Faller J-P, Teboul JL. The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy. *Intensive Care Med* 2004; 30: 1834-1837. doi: 10.1007/s00134-004-2233-5.
39. Jardin F, Vieillard-Baron A. Is there a safe plateau pressure in ARDS? The right heart only knows. *Intensive Care Med* 2007; 33: 444-447. doi: 10.1007/s00134-007-0552-z.
40. Poelaert JI, Trouerbach J, De Buyzere M, Everaert J, Colardyn FA. Evaluation of transesophageal echocardiography as a diagnostic and therapeutic aid in a critical care setting. *Chest* 1995; 107: 774-779. doi: 10.1378/chest.107.3.774.
41. Hilberath JN, Oakes DA, Shernan SK, et al. Safety of transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2010; 23: 1115-1127. doi: 10.1016/j.echo.2010.08.013.
42. Trof RJ, Danan I, Reilingh MW, et al. Cardiac filling volumes versus pressures for predicting fluid responsiveness after cardiovascular surgery: the role of systolic cardiac function. *Crit Care* 2011; 15: R73. doi: 10.1186/cc10062.
43. Bouferrache K, Vieillard-Baron A. Acute respiratory distress syndrome, mechanical ventilation, and right ventricular function. *Curr Opin Crit Care* 2011; 17: 30-35. doi: 10.1097/MCC.0b013e328342722b.
44. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2010; 23: 685-713. doi: 10.1016/j.echo.2010.05.010.
45. Vignon P. Hemodynamic assessment of critically-ill patients using echocardiography Doppler. *Curr Opin Crit Care* 2005; 11: 227-234. doi: 10.1097/01.ccx.0000159946.89658.51.