

## Konsensus Grupy Roboczej ds. Zastosowania Ultrasonografii Płuc w Trybie Point-of-Care w Oddziałach Intensywnej Terapii u Pacjentów z COVID-19

### Konsensus w skróconej formie (jednokartkowiec)

- Wymagane kwalifikacje:
  - Bezpieczeństwo pacjentów powinno być najważniejsze, oznacza to, że osoby wykorzystujące diagnostykę ultrasonograficzną powinny być odpowiednio przeszkolone.
  - W chwili obecnej w Polsce wykonywanie badań ultrasonograficznych, w tym badań „point of care” z uwzględnieniem ultrasonografii płuc, nie ma klarownych uregulowań prawnych. Nie ma żadnych ograniczeń prawnych w zakresie wykorzystywania ultrasonografii płuc w diagnostyce wstępnej i monitorowaniu pacjentów z COVID-19.
- Sprzęt:
  - Dowolny aparat ultrasonograficzny wyposażony w jedną z podstawowych głowic: konweksową, liniową, sektorową. Użyteczne mogą być urządzenia przenośne i ultramobilne, wyposażone w panel dotykowy. Predefiniowane nastawy urządzenia zoptymalizowane pod kątem oceny płuc pozwalają na skrócenie badania oraz zapewnienie porównywalnych warunków oceny.
- Ochrona personalna, ochrona głowicy, czyszczenie aparatu USG:
  - Wymagane zastosowanie przez badającego zalecanych środków ochrony indywidualnej (ŚOI).
  - Zalecane użycie jednorazowego żelu USG dedykowanego dla badanego pacjenta, osłon i rękawów barierowych na aparat USG i głowice.
  - Dokładna dezynfekcja całego aparatu po zakończeniu badania.
  - Zalecane wykorzystywanie dedykowanego aparatu USG przeznaczonego tylko dla pacjentów z COVID-19.
- Prawidłowy obraz płuc:
  - Występowanie objawu ślizgania opłucnej oraz artefaktów linii A.
  - W warunkach prawidłowych linia opłucnej to cienka hiperechogenna linia o zachowanej ciągłości.
- Zmiany w przebiegu COVID-19:
  - Artefakty linii B o różnym stopniu nasilenia, zmiany w obrębie linii opłucnej oraz konsolidacje podopłucnowe.
  - Bardzo rzadko dochodzi do pojawienia się płynu w jamach opłucnowych oraz powstawania dużych, płatowych konsolidacji. Mogą one wystąpić w nadkażeniu bakteryjnym.
- Protokół i opis badania:
  - Skanowanie całej dostępnej podczas badania klatki piersiowej, w poszczególnych liniach ciała głowicą typu convex, a następnie liniową.
  - Czas badania – minimalny lecz pozwalający na uzyskanie diagnostycznych skanów.
  - Zakres badania:
    - objaw ślizgania,
    - patologiczne artefakty z podaniem lokalizacji,
    - konsolidacje podopłucnowe z podaniem lokalizacji,

- ocena płynu w jamach opłucnowych.
  - Opis badania jest dokumentowany jako część obserwacji lekarskiej.
- Diagnostyka różnicowa:
  - Zmiany w przebiegu COVID są typowe dla każdego zapalenia płuc o charakterze śródmiąższowym, lecz nie są specyficzne dla zakażenia koronawirusem.
  - Należy uwzględnić inne schorzenia wywołujące zmiany w śródmiąższu płuc (obrzęk, zwłóknienie, zapalenie bakteryjne).
- Podstawowa ocena echokardiograficzna podczas wentylacji zastępczej pacjentów z COVID-19:
  - Przyłóżkowe badanie echokardiograficzne jest bardzo przydatnym narzędziem, które może pomóc prawidłowo ocenić parametry hemodynamiczne u pacjenta z niewydolnością oddechową w przebiegu COVID-19.
  - Zalety przyłóżkowego badania echokardiograficznego (*ang. transthoracic echocardiography, TTE*) obejmują:
    - Wszechstronność,
    - Brak konieczności przerwania terapii (wentylacja mechaniczna z agresywnymi nastawami respiratora, CRRT, ECMO),
    - unikanie konieczności transportu zakażonego pacjenta w stanie krytycznym,
  - Podstawowe objawy, które należy zidentyfikować/ocenić w trakcie TTE u pacjenta z niestabilnością hemodynamiczną obejmują:
    - znacznego stopnia upośledzenie kurczliwości lewej komory,
    - krążenie hiperkinetyczne,
    - ostre serce płucne,
    - obecność płynu w osierdziu i jamach opłucnowych,
    - ocenę zapadalności żyły głównej dolnej.
  - Zaawansowana ocena echokardiograficzna w trakcie wentylacji mechanicznej powinna obejmować:
    - ilościową ocenę czynności lewej komory,
    - ilościową ocenę czynności prawej komory,
    - ocenę funkcji zastawek serca,
    - ocenę ciśnienia panującego w tętnicy płucnej,
    - ocenę skuteczności interwencji terapeutycznych, m.in. płynoterapii i leków wazoaktywnych.
- Szkolenie:
  - W czasie pandemii proces nabywania i doskonalenia umiejętności w zakresie ultrasonografii płuc POC powinien być kontynuowany, aby zwiększyć pulę lekarzy posługujących się tą techniką.
- Uzasadnione jest opracowanie i wdrożenie systemu edukacji z zakresu USG POC w intensywnej terapii.

# Konsensus Grupy Roboczej ds. Zastosowania Ultrasonografii Płuc w Trybie Point-of-Care w Oddziałach Intensywnej Terapii u Pacjentów z COVID-19

## WERSJA PEŁNOTEKSTOWA

### 1. Wstęp.

Według obecnie dostępnych danych blisko 12-18% osób z rozpoznaną infekcją wywołaną wirusem SARS-CoV-2 wymaga hospitalizacji. Co dziesiąty z tych pacjentów z powodu niewydolności oddechowej i konieczności wdrożenia wentylacji zastępczej trafia do oddziału intensywnej terapii (OIT). Choć u niektórych chorych z COVID-19 pojawiają się cechy niewydolności wielonarządowej to dominującym problemem w przebiegu choroby jest niewydolność oddechowa. Zarówno na etapie diagnostyki poprzedzającej przyjęcie do OIT jak i monitorowania ewolucji zmian, techniki obrazowe mogą w istotny sposób wpływać na podejmowanie decyzji klinicznych. Panuje zgodność, że tomografia komputerowa jest złotym standardem w diagnostyce schorzeń płuc i pozwala uwidocznić zmiany o typie zapalenia śródmiąższowego występujące również w COVID-19 [1]. Badanie radiologiczne klatki piersiowej charakteryzuje się w tych przypadkach znacząco mniejszą czułością i swoistością. W licznych doniesieniach z Chin, Włoch i USA lekarze zwracają jednak uwagę na dużą przydatność ultrasonografii we wstępnej diagnostyce i monitorowaniu dynamiki choroby u pacjentów z COVID-19.

Ultrasonografia płuc od wielu już lat jest wykorzystywana w ramach badania *point-of-care* (POC) i jest w tym kontekście uznanym narzędziem diagnostycznym. Badanie USG wykonywane przez klinicystę jest znakomitym uzupełnieniem badania fizykalnego i spełnia podobną rolę do osłuchiwania klatki piersiowej. Głowica ultrasonograficzna zastępuje stetoskop stając się „sonoskopem”, a ilość cennych informacji, które można uzyskać z pomocą tej technologii jest znacznie większa niż przy osłuchiwaniu klatki piersiowej. Badanie płuc w trybie POC jest jedną z prostszych aplikacji ultrasonograficznych i, co dowiedziono licznymi badaniami, zdobycie podstawowych umiejętności możliwe jest po kilkugodzinnym szkoleniu teoretycznym i praktycznym.

Pandemia i ryzyko związane z przenoszeniem zakażenia ujawniły jeszcze jedną ważną zaletę ultrasonografii, jaką jest możliwość wszechstronnego przyłóżkowego badania przy pomocy mobilnego aparatu. Tradycyjne badanie przedmiotowe jest ograniczone przez środki ochrony indywidualnej (ŚOI), a przewiezienie chorego do pracowni diagnostyki obrazowej jest poważnym przedsięwzięciem logistycznym angażującym ograniczone zasoby ludzkie i stwarzającym zagrożenie przeniesienia infekcji poza OIT. Kwestie bezpieczeństwa epidemiologicznego i wymuszone ograniczoną dostępnością racjonowanie środków ochrony indywidualnej, skłaniają również do ograniczenia personelu medycznego wchodzącego do strefy czerwonej do koniecznego minimum.

Powszechna dostępność mobilnych aparatów USG w oddziałach intensywnej terapii umożliwia klinicyście sprawującemu opiekę nad chorym szybką przyłóżkową diagnostykę przyczyn gwałtownego pogorszenia stanu chorego (np. wywołanego powstaniem odmy opłucnowej) i wdrożeniem leczenia przyczynowego.

W obecnej chwili z oczywistych powodów ilość publikacji dotyczących zastosowania ultrasonografii płuc u pacjentów z COVID-19 jest ograniczona. Tymczasowe zalecenia opierają się na relacjach przekazywanych przez uznanych intensywiistów w formie webinarów organizowanych przez

prestżowe Towarzystwa medyczne. Z drugiej strony publikowane rekomendacje, mają często charakter niespójny i wzajemnie sprzeczny co powoduje dezorientację u czytelników.

Opracowany przez interdyscyplinarną Grupę Roboczą Konsensus nie ma formy Zaleceń, ale służy pokazaniu możliwych zastosowań ultrasonografii płuc u pacjentów z COVID-19 leczonych w oddziale intensywnej terapii.

## **2. Wymagane kwalifikacje.**

Bezpieczeństwo pacjentów powinno być najważniejsze, oznacza to, że osoby wykorzystujące diagnostykę ultrasonograficzną powinny być odpowiednio przeszkolone.

W chwili obecnej w naszym kraju wykonywanie badań ultrasonograficznych, w tym badań „*point of care*” z uwzględnieniem ultrasonografii płuc, nie ma klarownych uregulowań prawnych.

Zgodnie z opinią prawną z dnia 20 lipca 2017 roku wydaną na zlecenie Polskiego Towarzystwa Ultrasonograficznego należy stwierdzić co następuje: 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 ultrasonograficznych. 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 zobowiązani są do przestrzegania zasad wykonywania zawodu wynikających z przepisów ustawy z dnia 5 grudnia 1996 roku o zawodach lekarza i lekarza dentysty (Dz.U.1997 nr 28 poz.152 z późn. zm.) uzupełnionych o art. 10 ust.1 Kodeksu Etyki Lekarskiej, zgodnie z którym:

*„Lekarz nie powinien wykraczać poza swoje umiejętności zawodowe przy wykonywaniu czynności diagnostycznych, zapobiegawczych, leczniczych i orzecznich”.*

Co to oznacza dla nas w sytuacji pandemii SARS-CoV-2?

Oznacza to, że nie ma żadnych ograniczeń prawnych w zakresie wykorzystywania ultrasonografii płuc w diagnostyce wstępnej i monitorowaniu pacjentów z COVID-19. Powinniśmy wykorzystać już dostępne doświadczenia lekarzy z Chin czy Włoch, którzy jednoznacznie podkreślają niezwykle istotną rolę przezklatkowego badania płuc i szeroko pojętego znaczenia ultrasonografii „*point of care*”, a może bardziej holistycznej ultrasonografii u pacjentów leczonych w oddziałach intensywnej terapii i wykorzystać to w naszych warunkach.

Czy jest to dobry czas na naukę ultrasonografii 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 anestezjologów i lekarzy intensywnej terapii z tej metody korzysta i co najważniejsze jest to zgodne z polskimi uregulowaniami prawnymi.

## **3. 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 bateryjnym posiadające podstawę jezdnią pozwalają na uruchomienie, przygotowanie oraz dokonanie nastawów aparatu w strefie czystej i wejście do strefy pacjenta jedynie na czas niezbędny na wykonanie badania. Szczególnie przydatne w takich warunkach mogą być urządzenia przenośne i ultramobilne. Podczas badania zalecane 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/pokręteł jest łatwiejszy do skutecznego czyszczenia/dezynfekcji po zakończeniu badania.

#### **Wybór głowicy:**

Następujące głowice umożliwiają wykonanie badania USG płuc:

- **Konweksowa/mikrokonweksowa.** Umożliwia przeprowadzenie pełnego badania płuc: ocenę artefaktów, linii opłucnej i zmian podopłucnowych, okolic nadprzeponowych, jam opłucnowych dzięki głębokiej penetracji wiązki ultradźwięków oraz dobrej rozdzielczości w bliskim polu.
- **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/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/uniemożliwia szczegółową ocenę linii opłucnej i zmian podopłucnowych. Umożliwia dobre uwidocznienie struktur głębokich i ocenę artefaktów.

#### **Optymalizacja ustawień aparatu/głowicy**

Dla uzyskania diagnostycznego obrazu ultrasonograficznego płuc wskazane jest:

- Wyłączenie filtrów eliminujących artefakty (obrazowanie harmoniczne (THI), obrazowanie w skrzyżowanych ultradźwiękach (ang. *compound imaging*), filtrów wygładzających obraz (ang. *smooth*), redukujących szumy (ang. *speckle reduction*) lub podobnych. Pozwala to na zwiększenie czytelności artefaktów.
- Obniżenie wzmocnienia (ang. *gain*), aby poprawić widoczność artefaktów.
- Ustawienie zakresu głębokości (ang. *depth*) : pacjenci dorośli: 10-15 cm, pacjenci pediatryczni 5-10 cm
- Zakres 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 [2-7].

#### **4. Ochrona personalna, ochrona głowicy, czyszczenie aparatu USG**

Stosowanie adekwatnych środków ochrony indywidualnej (ŚOI) jest kluczowym elementem opieki nad pacjentem z podejrzeniem bądź rozpoznaniem COVID-19 leczonym w OIT. Z uwagi na to, iż badanie ultrasonograficzne wymaga bezpośredniego kontaktu klinicysty z pacjentem, konieczne jest zastosowanie pełnych ŚOI:

- Maska chirurgiczna/FFP2/3,
- Gogle/przyłbica,
- Fartuch,
- Rękawiczki.

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

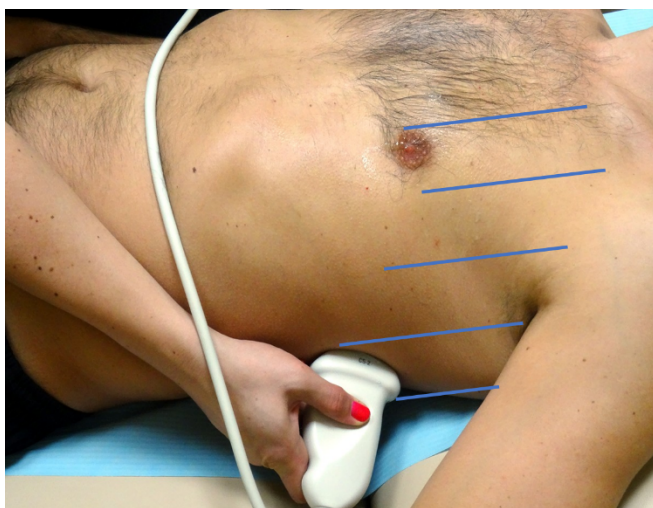
Podczas badania pacjentów z rozpoznaniem/podejrzeniem COVID-19 należy kierować się następującymi zasadami w celu zmniejszenia ryzyka kontaminacji:

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

## **5. Protokół badania usg płuc u pacjentów z podejrzeniem lub rozpoznaniem COVID-19.**

Badanie wykonywane w warunkach oddziału intensywnej terapii 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.

Badanie rozpoczynamy 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 skanujemy przesuwając głowicę ułożoną wzdłuż międzyżebry, od szczytu płuc do ich podstawy, w poszczególnych liniach ciała: przymostkowej, środkowo-objczykowej, pachowych (przedniej, środkowej i tylnej). Ocena okolicy tylnobocznej wymaga precyzyjnie wykonanego badania, ponieważ 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 do warunków badania jak i stanu pacjenta w OIT. W przypadku uwidocznienia zmian śródmiąższowych powinniśmy głowicą liniową ponownie wykonać badanie. Pozwoli to na szczegółową ocenę zmian w zakresie linii opłucnej.



Ryc. Sposób wykonania badania

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 wykonać je zgodnie z opisaną wyżej techniką i nagrać pętle video. Następnie po opuszczeniu stanowiska pacjenta, można je ponownie analizować. Kolejną zaletą nagrywania materiału video z badania jest możliwość konsultowania obrazu ultrasonograficznego z bardziej doświadczonym członkiem zespołu, a także powrót po pewnym czasie do materiału, celem porównania i oceny w ramach monitorowania pacjenta.

Obserwacja zmian płucnych w badaniu ultrasonograficznym pozwala również na monitorowanie pacjentów pozostających na ECMO, z powodu ARDS. Mongodi S. et al. [8] zaproponowali protokół pozwalający na ocenę typu i rozległości poszczególnych zmian ultrasonograficznych wraz z punktacją określającą stopień ciężkości zmian płucnych.

## 6. Opis badania i dokumentowanie.

Badanie ultrasonograficzne płuc wykonywane podczas czynności obserwacyjno-diagnostycznych typu *point-of care* (POC) należy udokumentować. Badanie POC traktujemy jako element badania pacjenta, na równi z osłuchiwaniem stetoskopem, pomiarem saturacji przezskórnej, 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 umieszczamy ewentualne uwagi dotyczące tego co mogło wpłynąć na ograniczenie możliwości obrazowania, np.: pozycja pacjenta, otyłość, opatrunki. Druga część opisu zawiera dane dotyczące obrazu ultrasonograficznego i wnioski. Ocena płuc w ramach badania POC powinna obejmować następujące elementy:

- a) objaw ślizgania
- b) patologiczne artefakty z podaniem lokalizacji
- c) konsolidacje podopłucnowe z podaniem lokalizacji
- d) płyn w jamach opłucnowych

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

## **7. Prawidłowy obraz płuc.**

Prawidłowo powietrzne płuca w obrazie USG charakteryzują się występowaniem objawu ślizgania opłucnej oraz artefaktów linii A [9].

Objaw ślizgania opłucnej (ang. *lung sliding*) wynika z prawidłowej ruchomości blaszek opłucnowych względem siebie (opłucnej płucnej i opłucnej ściennej), widoczny jest jako boczne przemieszczanie się linii opłucnej wraz z ruchem oddechowym pacjenta. W warunkach prawidłowych linia opłucnej to cienka o zachowanej ciągłości, hiperechogenna linia. Jej grubość nie przekracza 2 mm, pomiaru dokonujemy głowicą liniową. Aby bezbłędnie zlokalizować linię opłucnej można skorzystać z objawu nietoperza (ang. *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, świadczą o prawidłowym upowietrzeniu płuc. 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 (równy dystansowi pomiędzy powierzchnią ciała, a linią opłucnej).

## **8. Zmiany w przebiegu COVID u pacjentów na oddziale intensywnej terapii.**

Charakterystyczne zmiany mogące towarzyszyć zakażeniu wirusem SARS-CoV-2 to artefakty linii B o różnym stopniu nasilenia, zmiany w obrębie linii opłucnej oraz występowanie konsolidacji podopłucnowych [10,11].

Artefakty linii B są to hiperechogenne, pionowe artefakty pochodzące z linii opłucnej, poruszające się wraz z nią oraz biegnące do dolnego brzegu ekranu (niezależnie od ustawionej głębokości). 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 pojawić się zarówno pojedyncze jak i liczne artefakty linii B widoczne nad całą powierzchnią płuc. 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”.

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

Konsolidacje to bezpowietrzne obszary płuca, najczęściej o obniżonej echogeniczności, pozostające w kontakcie z linią opłucnej. W przebiegu COVID-19 mogą pojawiać się 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.

### **9. COVID-19, a choroby współistniejące.**

Zmiany pojawiające się w badaniu ultrasonograficznym płuc, w przebiegu COVID-19 są typowe dla każdego zapalenia płuc o charakterze śródmiąższowym, lecz nie są specyficzne dla zakażenia koronawirusem. Podobne zmiany mogą być obserwowane również w innych zakażeniach wirusowych lub o etiologii atypowej [12].

Pacjentami wymagającymi opieki w OIT w przebiegu COVID-19, najczęściej są 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% [13,14]. Wobec czego, w przypadku hospitalizacji pacjentów z COVID-19, należy pamiętać o możliwości nakładania się zmian zajmujących przestrzeń śródmiąższową. Efektem tego w badaniu ultrasonograficznym będzie obserwacja licznych artefaktów linii B, wtórnie do obu chorób. W kardiogennym obrzęku płuc linie 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 [15]. W grupie pacjentów z nakładaniem się zmian obrzękowych wtórnie do przyczyn kardiogennych i niekardiogennych, różnicowanie na podstawie badania ultrasonograficznego staje się znacznie ograniczone. W różnicowaniu przydatne będą 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 przebiegających z włóknieniem, których częstość występowania w populacji jest zdecydowanie niższa, w porównaniu do niewydolności serca [16]. Jednakże w ocenie ultrasonograficznej wiodącym objawem również są 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. Zwykle zmiany dominują w polach dolnych i są słabiej wyrażone w polach środkowych i górnych, lecz zależy to od stopnia zaawansowania choroby [15].

W przebiegu wirusowego zapalenia płuc może dojść do nadkażenia bakteryjnego. Obraz ultrasonograficzny 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 oraz płyn w jamie opłucnej.

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

## 10. Podstawowa ocena echokardiograficzna podczas wentylacji zastępczej płuc u pacjentów z COVID-19.

Przyłóżkowe badanie echokardiograficzne jest bardzo przydatnym narzędziem, które może umożliwić ocenę parametrów hemodynamicznych u pacjenta z niewydolnością oddechową. 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, terapie pozaustrojowe) badanie ultrasonograficzne serca będzie się różniło od standardowego badania, które z reguły jest przeprowadzane przez kardiologa w warunkach pracowni echokardiograficznej. Badanie wykonywane przez lekarza prowadzącego-intensywiście w oddziale intensywnej terapii jest z założenia badaniem kontekstowym, które interpretuje się uwzględniając całokształt obrazu klinicznego.

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. 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 negatywnego wpływu na obciążenia wstępne oraz następcze lewej oraz prawej komory serca). Wydaje się, że wykorzystanie przyłóżkowego badania echokardiograficznego w ocenie pacjentów z COVID-19 może przyczynić się 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 (*ang. transthorasic echocardiography, TTE*) powinna być wykorzystywana jako badanie z wyboru, z uwagi na swoją wszechstronność oraz dostępność.
2. TTE umożliwia zidentyfikowanie przyczyny niestabilności hemodynamicznej, nawet przez lekarza posiadającego podstawowe kompetencje w jej stosowaniu.
3. Podstawowe objawy, które należy zidentyfikować/ocenić w trakcie TTE u pacjenta z niestabilnością hemodynamiczną obejmują:
  - a. znacznego stopnia upośledzenie kurczliwości lewej komory,
  - b. krążenie hiperkinetyczne,
  - c. ostre przeciążenie prawej komory,
  - d. płyn w osierdziu i jamach opłucnowych,
  - e. ocenę zapadalności żyły głównej dolnej.
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.
5. W sytuacjach, kiedy ocena przy pomocy TTE jest niemożliwa lub niepełna, należy rozważyć zastosowanie echokardiografii przezprzełykowej, (*ang. transesophageal echocardiography, TEE*).
6. Zaawansowana ocena echokardiograficzna w trakcie wentylacji mechanicznej powinna obejmować:
  - a. ilościową ocenę czynności skurczowej i rozkurczowej lewej komory,
  - b. ilościową ocenę czynności skurczowej prawej komory,
  - c. ocenę funkcji zastawek serca,
  - d. ocenę ciśnienia panującego w tętnicy płucnej,

- e. ocenę skuteczności interwencji terapeutycznych, m.in. płynoterapii i leków wazoaktywnych.

## 11. Szkolenie.

Pandemia SARS-CoV-2 i hospitalizacja wielu pacjentów z cechami ciężkiego zapalenia płuc w przebiegu COVID-19 umożliwia lekarzom pracującym w OIT obserwowanie dynamiki przebiegu choroby przy pomocy ultrasonografii. Każde takie badanie jest dla intensywyisty doświadczeniem edukacyjnym, po mimo zmian typowych dla zapalenia śródmiąższowego, COVID-19 ma nieznaną nam dotychczas przebieg kliniczny. Jeśli to możliwe, należy dołożyć starań, aby osoby z większym doświadczeniem w zakresie wykonywania ultrasonografii w trybie *point-of-care* szkoliły osoby o mniejszych umiejętnościach. W ten sposób zmniejsza się ryzyko sytuacji, w której absencja chorobowa lekarza wykonującego badania ultrasonograficzne całkowicie sparaliżuje możliwości prowadzenia przyłóżkowej diagnostyki obrazowej.

Pandemia SARS-CoV-2 dotarła do poszczególnych krajów w różnym tempie. Dzięki wymianie informacji przy pomocy współczesnych mediów możliwe było przekazanie między innymi obrazów ultrasonograficznych zarejestrowanych u osób z COVID-19 hospitalizowanych w Chinach i Włoszech zanim pierwsi tacy pacjenci pojawili się innych krajach.

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

## 12. Dalsze perspektywy rozwoju-co po COVID.

Pandemia SARS-CoV-2 spowodowała gwałtowny wzrost zainteresowania ultrasonografią *point-of-care* jako wszechstronnym przyłóżkowym narzędziem diagnostycznym, które umożliwia klinicyście kompleksowe badanie pacjenta w stanie krytycznym. W obecnej chwili nie ma ustalonego konsensusu krajowych towarzystw medycznych dotyczącego pozycji ultrasonografii *point-of-care* w codziennej praktyce klinicznej. W relacjach i pierwszych publikacjach pochodzących z krajów (Włochy, USA), w których ultrasonografia POC ma już ugruntowaną pozycję i zorganizowany i walidowany system szkolenia w tym zakresie metoda została z powodzeniem wdrożona nie tylko w oddziale intensywnej terapii, ale również na etapie triażu w szpitalnych oddziałach ratunkowych.

Wydaje się uzasadnione, aby w najbliższym czasie opracować i wdrożyć podobny system edukacji w tym zakresie w oparciu o wypracowane i sprawdzone wzorce.

## Piśmiennictwo

[1] <https://pltr.pl/2020/03/30/covid-19-wskazania-do-badan-obrazowych-zalecenia-pltr/>

[2] Piettea E, Daoustb 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.

[3] Lichtenstein D. Novel approaches to ultrasonography of the lung and pleural space: where are we now? Breathe 2017; 13: 100–111. <http://doi.org/10.1183/20734735.004717>

[4] Nowakowski P. Ultrasonografia *point-of-care* u pacjentów w stanach nagłych. OPM - Ogólnopolski Przegląd Medyczny, 2017; 4: 46-53.

- [5] Mojoli F, Bouhemad B, Mongodi S, Lichtenstein D. Lung Ultrasound for Critically Ill Patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019, 199 (6), 701-714 <https://doi.org/10.1164/rccm.201802-0236CI>  
PubMed: 30372119
- [6] Groote-Bidlingmaier F, Coenraad F.N. Koegelenberg. A practical guide to transthoracic ultrasound. *Breathe* 2012; 9:132-142; DOI: 10.1183/20734735.024112
- [7] 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(3):568-582. doi: <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000001779>
- [8] Mongodi S, Pozzi M, Orlando A, Bouhemad B, Stella A, Tavazzi G, et al. Lung ultrasound for daily monitoring of ARDS patients on extracorporeal membrane oxygenation: preliminary experience. *Intensive Care Med*. 2018 Jan;44(1):123-124. DOI [10.1007/s00134-017-4941-7](https://doi.org/10.1007/s00134-017-4941-7).
- [9] Sporysz K. Ultrasonografia u pacjentów z COVID-19 – praktyczny przewodnik dla lekarzy. <https://criticalusg.org/2020/03/17/ultrasonografia-pluc-u-pacjentow-z-covid-19-praktyczny-przewodnik-dla-lekarzy/>.
- [10] 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). <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3544750>.
- [11] Peng Q., Wang X. & Zhang L. Findings of lung ultrasonography of novel corona virus pneumonia during the 2019–2020 epidemic. *Intensive Care Med* (2020).
- [12] Guan WJ, Ni ZY, Hu Y et al. Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China. *N Engl J Med*. 2020.
- [13] Metra M, Teerlink JR. Heart failure. *Lancet*. 2017. 28;390:1981-1995.
- [14] Dickstein K, Cohen-Solal A, Filippatos G, McMurray JJ, Ponikowski P, Poole-Wilson PA, 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). 2008, *European Heart Journal*. **29** (19): 2388–442.
- [15] Buda N, Kosiak W, Radzikowska E, Olszewski R, Jassem E, Grabczak EM, 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(74):198-206.
- [16] Xaubet A, Ancochea J, Blanquer R, Montero C, Morell F, Rodríguez Becerra E, et al. Diagnosis and Treatment of Diffuse Interstitial Lung Diseases. *Arch Bronconeumol* 2003;39(12):580-600.

**Autorzy opracowania** (alfabetycznie):

Dr hab. Paweł Andruszkiewicz, Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Instytut Gruźlicy i Chorób Płuc, Warszawa

Dr med. Natalia Buda, Katedra i Klinika Chorób Wewnętrznych, Chorób Tkanki Łącznej i Geriatrii GUM

Dr hab. Mirosław Czuczwar, II Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii UML

Lek. Wojciech Gola, Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Szpital Św. Łukasza, Końskie

Prof. dr hab. Wojciech Kosiak, Klinika Pediatrii, Hematologii i Onkologii, UCK, Gdańsk

Dr med. Piotr Nowakowski, II Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii WUM

Lek. Krystian Sporysz, Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii UCK, Gdańsk