

PRACA POGLĄDOWA/REVIEW PAPER

Znaczenie badania ultrasonograficznego płuc w diagnostyce COVID-19

The importance of lung ultrasound in the diagnosis of COVID-19

Aleksandra Więclaw, Rafał Pawliczak

Zakład Immunopatologii, Wydział Lekarski, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Polska

STRESZCZENIE

W artykule omówiono rolę badania ultrasonograficznego (USG) w postępowaniu u pacjentów zakażonych wirusem SARS-CoV-2. Głównym celem była odpowiedź na pytanie, czy znaczenie USG jest na tyle duże, aby ta technika mogła częściowo zastępować badania wykorzystujące promieniowanie jonizujące. Tomografia komputerowa uznawana za złoty standard w badaniach płuc lub też często wybierane badanie rentgenowskie wiążą się z transportem zakażonych pacjentów i narażaniem przy tym personelu. Metoda USG pozwala na stosunkowo szybkie, łatwo dostępne i nieinwazyjne badanie przyłóżkowe pacjenta, które w wystarczającym stopniu ukazuje charakter i rozległość uszkodzenia płuc, co jest najważniejsze do podjęcia pierwszych kroków leczenia danego pacjenta.

SŁOWA KLUCZOWE

COVID-19, śródmiąższowe zapalenie płuc, badanie ultrasonograficzne płuc, badanie rentgenograficzne klatki piersiowej, tomografia komputerowa klatki piersiowej.

ABSTRACT

This review is focused on the role of ultrasound examination in the management of virus-infected patients. The main aim of the study is to answer the question: is the importance of ultrasound high enough to at least partially replace the examinations using ionizing radiation? Computed tomography, considered the gold standard in lung examinations, or the frequently chosen X-ray method, involves transporting infected patients and putting staff at risk. The USG method allows a relatively quick, easily accessible and non-invasive bedside examination of the patient, which sufficiently shows the nature and extent of lung damage, which is the most crucial for taking the first steps of treatment for a given patient.

KEY WORDS

COVID-19, interstitial pneumonia, lung ultrasound, chest X-ray, chest computed tomography.

ADRES DO KORESPONDENCJI

prof. dr hab. n. med. Rafał Pawliczak, Zakład Immunopatologii, Wydział Lekarski, Uniwersytet Medyczny
w Łodzi, Polska, e-mail: rafal.pawliczak@csk.umed.lodz.pl

WSTĘP

Choroba COVID-19 szybko stała się globalną pandemią ze względu na sposób rozprzestrzeniania się, jakim jest droga kropelkowa. W marcu 2020 roku Światowa Organizacja Zdrowia (*World Health Organization* – WHO) ogłosiła światową epidemię wywołaną chorobą COVID-19. Objawia się ona głównie jako postępujące śródmiąższowe zapalenie płuc, które może pogorszyć stan pacjenta i prowadzić do zespołu ciężkiej niewydolności oddechowej (ARDS). Jednak, mimo że wirus nie ogranicza się tylko do zajęcia płuc, to właśnie diagnostyka obrazowa klatki piersiowej może być skuteczną pomocą w jego diagnozowaniu oraz dobieraniu odpowiedniego leczenia dla pacjenta. Szybki sposób rozprzestrzeniania się wirusa nie pozwala na wykorzystywanie diagnostyki obrazowej przesiewowo, gdyż wiązałoby się to ze zbyt dużymi kosztami związanymi z dezynfekcją pracowni oraz z narażeniem zbyt dużej liczby personelu medycznego lub pozostałych pacjentów. Dlatego rozsądny dobór odpowiedniej metody obrazowania może stanowić poważny problem dla lekarzy. Podczas pandemii stosowana była szeroko pojęta diagnostyka obrazowa klatki piersiowej przy użyciu metod, takich jak zdjęcie rentgenowskie (RTG), tomografia komputerowa (TK) oraz ultrasonografia (USG). Każda z wymienionych metod miała swoją większą lub mniejszą wartość diagnostyczną.

Porównując USG płuc u chorych na COVID-19 ze zdjęciem rentgenowskim oraz tomografią komputerową, badanie to może odgrywać coraz większą rolę w medycynie, zwłaszcza podczas diagnozowania pacjentów zakażonych, bez potrzeby narażania ich na promieniowanie jonizujące, przy jednoczesnych niskich kosztach badania oraz wysokiej dostępności i wygodzie. Wiedza na temat użycia USG przy diagnostyce COVID-19 może ułatwić i przyspieszyć proces segregacji chorych oraz pozwolić na szybką pomoc osobom w bardzo ciężkim stanie, na przykład przy niewydolności oddechowej [1–3].

CHARAKTERYSTYKA COVID-19

COVID-19 jest chorobą wywołaną przez koronawirusa SARS-CoV-2. W grudniu 2019 roku wykryto pierwsze przypadki zarażenia w chińskim mieście Wuhan. W marcu 2020 roku WHO ogłosiła światową epidemię wywołaną chorobą COVID-19.

Badania epidemiologiczne wskazują, że czas pomiędzy zarażeniem się wirusem a pojawieniem się pierw-

szych objawów wynosi od 1 do 14 dni (w większości przypadków 3–7 dni). Główne zagrożenie stanowią osoby zakażone koronawirusem, również z postacią bezobjawową choroby. Rozprzestrzenianie się wirusa następuje przede wszystkim drogą kropelkową oraz poprzez kontakt. Choroba wymaga jak najszybszego rozpoznania oraz zdiagnozowania wszelkich patologii w celu nierozprzestrzeniania się dalej wirusa oraz uniknięcia znacznego pogorszenia się stanu pacjenta [1]. Głównymi objawami klinicznymi są: podwyższona temperatura ciała (> 38°C), kaszel, ból gardła, ból mięśni i stawów, zaburzenia węchu i smaku, obraz zapalenia płuc w badaniach radiologicznych, limfopenia w morfologii krwi oraz podwyższony poziom białka C-reaktywnego (CRP) [2].

Brak szybkiego zapobiegania chorobie powoduje, że zmiany w płucach ulegają znacznemu pogorszeniu. W początkowym etapie schorzenia następuje szybka progresja zmian zapalnych w miąższu płucnym, a następnie konsolidacja zmian zapalnych. Obecność obustronnych zmian w miąższu płucnym może prowadzić do rozwoju zespołu ostrej niewydolności oddechowej.

COVID-19 może wykazywać różne cechy obecne na obrazach tomografii komputerowej (jak również RTG) klatki piersiowej. Są nimi:

- zmętnienia w postaci matowej szyby lub szkła – są to rozmyte obszary w płucach o większej niż standardowo gęstości, gdzie mogą być widoczne płucne naczynia krwionośne; zmiany te polegają na zaatakowaniu przez wirusa oskrzelików oraz nabłonka pęcherzyków płucnych; wirus namnaża się w komórkach nabłonka, co powoduje wyciek z jamy pęcherzyków oraz zapalenie i zgrubienie ściany pęcherzyków (głównie wokół płuc oraz poniżej opłucnej);
- konsolidacje – wraz z postępującym stanem zapalnym następuje rozległe zajęcie pęcherzyków płucnych oraz owróżnienie ich błony śluzowej, czego wynikiem są konsolidacje; kiedy organizm reaguje na stan zapalny w obydwóch płucach, pojawia się duży wysięk, który może być widoczny na obrazach jako „białe płuco”; są to obszary o zwiększonym zagęszczeniu płuca z przysłoniętymi zarysami naczyń, najczęściej współistnieją ze zmianami w postaci matowej szyby;
- zmętnienia w formie kostki brukowej – przy wykonywaniu badania TK o wysokiej rozdzielczości (HRCT), pogrubienie odstępów zrazikowych i cienie linii międzyzrazikowych (charakteryzujące zmiany śródmiąższowe) nakładają się na matowe, nieprzezroczyste tło; nazwa „kostki brukowej” została nadana przez podo-

bieństwo wyglądu zmian na tomogramach do kostek brukowych o nieregularnych kształtach;

- poszerzenie naczyń krwionośnych – można zaobserwować je na tle zmian w postaci matowej szyby;
- poszerzone oskrzela – wnikający do komórek nabłonkowych wirus powoduje zgrubienie oraz obrzęk ściany oskrzeli; zmiany te widoczne są najczęściej w późniejszych tygodniach choroby;
- zmiany włókniste w płucach (włóknienie płuc) – w czasie regeneracji płuc po obecnym stanie zapalnym wywołanym koronawirusem składniki włókniste mogą częściowo zastępować komórki, tworząc blizny [1].

ŚRÓDMIĄSZOWE ZAPALENIE PŁUC WYWOŁANE PRZEZ COVID-19

COVID-19 objawia się najczęściej śródmiąszowym zapaleniem płuc z objawami podobnymi do grypy. Charakteryzuje się ono jednak narastającą dusznością oraz spadkiem saturacji, które mogą prowadzić do zwłóknienia płuc, a nawet ARDS. Takie zapalenie płuc ma najczęściej łagodny charakter [3].

Zespół śródmiąszowego zapalenia płuc powoduje stopniową utratę napowietrzania płuc i gromadzenie się w nich płynu. Powstające wysięki w pęcherzykach płucnych nie pozwalają tlenowi na przedostanie się do naczyń krwionośnych, co wiąże się z zaburzeniem podstawowej funkcji płuc wraz z pracą całego organizmu [4]. Zapalenie płuc wywołane przez COVID-19 może skutkować włóknieniem płuc (w szczególności miąższu płucnego), którego konsekwencjami mogą być znaczne problemy z oddychaniem. Najgorszym powikłaniem jest ARDS, który u większości pacjentów kończy się zgonem lub poważnym uszkodzeniem wraz z trwałą niewydolnością oddechową.

Organizujący się stan zapalny w płucach w chorobie COVID-19 objawia się najczęściej od około 2 tygodni od wystąpienia choroby. Na obrazach symptomami zapalenia są głównie śródmiąszowe zmiany w płucach wraz z obrzękiem ściany pęcherzyków płucnych. Głównymi cechami wskazującymi na śródmiąszowe zapalenie płuc na obrazach tomografii komputerowej będą zmiany w postaci matowej szyby zlokalizowane podopłucnowo lub przy pęczkach naczyniowo-oskrzelowych wraz z obecnymi konsolidacjami oraz z pogrubieniem przegród międzyzrazikowych [3, 4].

METODY POSTĘPOWANIA W DIAGNOSTYCE COVID-19

Podstawową metodą w wykrywaniu wirusa COVID-19 jest wykrycie RNA wirusa w materiale pobranym od pacjenta (najczęściej za pomocą wymazu z nosogardła lub

gardła) za pomocą metody ilościowej reakcji łańcuchowej polimerazy z odwrotną transkrypcją [5]. Chorym zaleca się również wykonanie badań morfologicznych krwi, ponieważ charakterystycznymi cechami u chorych zakażonych wirusem jest podwyższony poziom CRP oraz limfopenia [6]. W diagnostyce kluczową rolę odgrywają również objawy kliniczne oraz dane epidemiologiczne. Pomimo że badania obrazowe klatki piersiowej, takie jak RTG, TK lub USG, nie są zawarte w podstawowych kryteriach diagnostycznych COVID-19, wytyczne zarówno międzynarodowe, jak i krajowe zwracają uwagę na ich znaczenie w monitorowaniu przebiegu choroby oraz doborze odpowiedniej metody leczenia [5].

DIAGNOSTYKA OBRAZOWA PŁUC W CHOROBIE COVID-19

Badania obrazowe powinny być jednak zalecane ze szczególną uwagą, uwzględniając nie tylko narażenie pacjentów na promieniowanie w przypadku badań RTG oraz TK, lecz także uwzględniając zmniejszenie ryzyka narażenia na zakażenie innych pacjentów oraz całego personelu. Żadne z badań diagnostyki obrazowej nie może równać się ze swoistością badań laboratoryjnych potwierdzających chorobę COVID-19, takimi jak test PCR lub wykrywanie przeciwciał przeciwko SARS-CoV-2. Dlatego też diagnostyka obrazowa powinna być wskazana u pacjentów z umiarkowanymi bądź ciężkimi objawami oraz u tych, u których może występować duże ryzyko znacznej progresji choroby, zwłaszcza przy obecności chorób współistniejących [7].

BADANIE RENTGENOGRAFICZNE KLATKI PIERSIOWEJ – METODA I CHARAKTERYSTYKA BADANIA

Jedną z najczęściej stosowanych metod do oceny płuc jest zdjęcie rentgenowskie klatki piersiowej w projekcji PA. Badanie to wiąże się jednak z przewożeniem zarażonych pacjentów do pracowni, co wymaga wysokich kosztów związanych m.in. z dezynfekcją sprzętu [4]. Standardowo zdjęcie rentgenowskie klatki piersiowej wykonuje się w pozycji stojącej, przodem do detektora, w projekcji tylnoprzodniej oraz bokiem do detektora w projekcji bocznej. Odległość pomiędzy lampą a detektorem powinna wynosić minimum 1,5 m. U chorych w ciężkim stanie zdjęcie można wykonać w projekcji przednio-tylnej, w pozycji leżącej lub siedzącej lub za pomocą aparatu przyłóżkowego (bezpośrednio w sali, w której przebywa chory) [8]. Zdjęcia wykonane za pomocą aparatu przyłóżkowego często dają wyniki niezadowolającej jakości, utrudniające prawidłową ocenę i diagnozę. Takie rozwiązanie podczas pandemii było znacznie częściej wybierane

z powodu narażenia mniejszej liczby personelu oraz samego, często w ciężkim stanie pacjenta.

Technika wykonania zdjęcia RTG klatki piersiowej wymaga nabrania głębokiego wdechu przez pacjenta, co może powodować zanik niewielkich konsolidacji pęcherzyków płucnych. Dlatego też badanie to może dać fałszywie ujemny wynik. Z tego powodu ocena może być błędna, a opóźniona diagnoza może przyczynić się do znacznego uszkodzenia płuc oraz zmiany zasięgu i stopnia zaawansowania zmian w płucach [4].

Zgodnie z zaleceniami Polskiego Lekarskiego Towarzystwa Radiologicznego kliniczne objawy, takie jak utrzymujący się kaszel, oraz symptomy wskazujące na możliwość zajęcia obszaru płuc są podstawą do wykonania RTG klatki piersiowej jako pierwszego badania obrazowego. W takim przypadku mimo niejednoznacznego wyniku może być ono pomocne w dalszej diagnostyce i leczeniu. Badanie RTG klatki piersiowej może być stosowane w trakcie trwania choroby do oceny jej postępów. Gdy chory jest w stanie krytycznym i występuje u niego ARDS, zalecane jest wykonanie zdjęcia za pomocą aparatu przyłóżkowego [6]. Do klasyfikacji zmian zapalnych w badaniach RTG klatki piersiowej używana jest skala CRX SCORE. Często stanowi ona podstawę opisu takiego zdjęcia, co przyczynia się do standaryzacji opisów badań u chorych na COVID-19. Jest podstawą do stosowania komputerowego wspomaganie diagnozy (*computer aided diagnosis* – CAD). Głównym zamysłem takiej klasyfikacji jest podział miąższu płucnego na 6 pól – podział każdego płuca na trzy pola, takie jak szczyt, środek i podstawa. Każde pole należy poddać ocenie od 0 do 3 pkt, stosując następującą skalę: 0 pkt – obraz prawidłowy, 1 pkt – zagęszczenia śródmiąższowe, 2 pkt – zagęszczenia śródmiąższowe (dominujące) oraz pęcherzykowe, 3 pkt – zagęszczenia śródmiąższowe oraz pęcherzykowe (dominujące). Pacjent może otrzymać od 0 do 18 pkt [9].

OBRAZ BADANIA RTG I JEGO WARTOŚĆ DIAGNOSTYCZNA PRZY COVID-19

Charakterystycznymi zmianami widocznymi na zdjęciu RTG, które pomagają zdiagnozować COVID-19, są:

- zaciemnienia o typie konsolidacji lub obszarów mlecznej szyby (najczęściej umiejscowione obustronnie głównie na obwodzie i w dolnej części płuca, które wraz z progresją choroby rozszerzają się na całą powierzchnię płuc od obwodów w kierunku pośrodkowym),
- widoczny wysięk w jamie opłucnowej (bardzo rzadki) [5].

W pierwszych dniach choroby obraz badania RTG może dać fałszywie dodatni wynik. Obszary zmętnienia płuc w postaci mlecznej szyby mogą być na tyle niewielkie, że nie będzie możliwości zobaczenia ich na zdjęciu

rentgenowskim. Do tego w zależności od ich lokalizacji w płucach mogą być mniej lub bardziej możliwe do zaobserwowania. Jeśli zmiany będą zlokalizowane np. zsercowo, ich widoczność będzie ograniczona poprzez widoczną w projekcji czołowej przeponę oraz inne struktury anatomiczne śródpiersia [10].

TOMOGRAFIA KOMPUTEROWA KLATKI PIERSIOWEJ – METODA I CHARAKTERYSTYKA BADANIA

Tomografia komputerowa klatki piersiowej jest uznawana za złoty standard w ocenie patologicznych zmian i procesów zachodzących w płucach [4]. Standardowo u chorych na COVID-19 wykonuje się badanie bez podawania dożylnego środka kontrastowego, ponieważ pozwala ono wystarczająco na ocenę rozległości zmian lub też rozpoznanie zapalenia płuc. Badanie z użyciem środka kontrastowego używa się tylko wtedy, gdy pacjent chory na COVID-19 ma inne choroby współistniejące, takie jak zatorowość płucna. W obydwóch przypadkach stosuje się technikę TK wysokiej rozdzielczości (HRCT). Metoda ta zwiększa szansę na rozpoznanie śródmiąższowego zapalenia płuc oraz na ocenę niewielkich rozsianych zmian. Skany wykonywane są najczęściej na końcu wdechu. Do oceny obrazów po rekonstrukcji wykorzystuje się okno płucne; grubość warstwy powinna wynosić poniżej 1,5 mm (najlepiej 1 mm) [8, 11].

Podobnie jak przy badaniu RTG w początkowej fazie choroby obraz TK może być prawidłowy u części chorych.

Każde zalecone badanie TK u chorego z potwierdzonym COVID-19 należy rozważyć pod względem wynikających z niego korzyści (np. zmiana sposobu postępowania i systemu leczenia) oraz z tego, jakie ryzyko niesie (np. transport przez inne, nieCOVIDowe oddziały, proces odkażenia pracowni, wyłączenie aparatu dla niezakażonych pacjentów). Chorym bez objawów lub z objawami łagodnymi nie zaleca się wykonywania badań obrazowych. Tomografię komputerową klatki piersiowej u chorego z potwierdzonym COVID-19 wykonuje się tylko wtedy, gdy jego wynik może zmienić sposób postępowania i leczenia. U pacjentów w postaci stabilnej (klasyfikacja *Modified Early Warning Score* – MEWS < 3) oraz w postaci klinicznie niestabilnej (MEWS 3–4) wskazane jest wykonanie TK. Jak podaje Polskie Lekarskie Towarzystwo Radiologiczne, TK cechuje się wysoką czułością w wykrywaniu zmian śródmiąższowych i pęcherzykowych oraz ocenie ich dynamiki. Ponadto TK wraz z oceną równowagi kwasowo-zasadowej ma wartość prognostyczną. U chorych klasyfikowanych według MEWS powyżej 4 (często pacjenci z ARDS) zalecaną metodą jest RTG przyłóżkowe,

TABELA 1. Klasyfikacja badań TK klatki piersiowej za pomocą skali CO-RADS [18]

Skala	Poziom podejrzenia COVID-19	Cechy widoczne na obrazie TK
CO-RADS 0	?	obraz niediagnostyczny, poważne artefakty
CO-RADS 1	brak podejrzenia	brak widocznych na obrazie cech charakterystycznych wskazujących na COVID-19
CO-RADS 2	niski	obraz wskazuje nieprawidłowości typowe dla innych infekcji płuc, ale nie dla COVID-19
CO-RADS 3	średni	obraz pokazuje nieprawidłowości o niejednoznacznym pochodzeniu – cechy innych infekcji płuc oraz COVID-19 (np. matowa szyba)
CO-RADS 4	wysoki	obraz przedstawia typowe cechy dla COVID-19 pokrywające się z innymi nieprawidłowościami
CO-RADS 5	bardzo wysoki	na obrazie widoczne są charakterystyczne zmiany dla COVID-19 (takie jak matowa szyba, kostka brukowa lub konsolidacje)
CO-RADS 6	dodatni wynik testu PCR	obraz z typowymi cechami dla COVID-19 u pacjenta z dodatnim testem PCR

jednak w wyjątkowych przypadkach nie wyklucza się użycia aparatu TK do diagnostyki takiego pacjenta.

Tomografię komputerową klatki piersiowej należy wykonać również u pacjentów z podejrzeniem powikłań po COVID-19, takich jak ropniak opłucnej czy ropień płuc, a także u tych z występującymi chorobami współistniejącymi np. przy zatorowości płucnej. Sama technika badania powinna być zależna od posiadanego aparatu oraz ustalonych przez daną placówkę protokołów badania [6]. Standardowo badanie TK klatki piersiowej u chorych zakażonych COVID-19 opisuje się przy użyciu klasyfikacji CO-RADS oraz CT-IS. Klasyfikacja CO-RADS została opracowana przez Holenderskie Towarzystwo Radiologiczne; jest to system oceny podejrzenia zajęcia płuc, który zapewnia jednakową komunikację dotyczącą oceny TK. CO-RADS opiera się na siedmiopoziomowej skali rosnącej wraz z prawdopodobieństwem ryzyka zakażeniem COVID-19 (tab. 1.), natomiast klasyfikacja CT-IS polega na ocenie pod kątem stopnia zajęcia każdego z płatów płuca [12, 13].

OBRAZ BADANIA TK I JEGO WARTOŚĆ DIAGNOSTYCZNA PRZY COVID-19

Głównymi objawami u pacjentów zakażonych COVID-19, jakie można zaobserwować na tomogramach klatki piersiowej, są:

- w większości przypadków zmiany w postaci mleczonej szyby (częściowe wypełnienie pęcherzyków płucnych płynem),
- u części pacjentów widoczne obszary konsolidacji (całkowite wypełnienie pęcherzyków płucnych płynem),
- zmiany w postaci kostki brukowej (są to zmiany w formie mleczonej szyby wraz z widocznym pogru-

bieniem przegród międzyzrazikowych i śródzrazikowych),

- pogrubienie ścian oskrzeli oraz ogniskowe pogrubienie opłucnej, które przylegają do zmian w postaci mleczonej szyby lub do konsolidacji.

Objawy te postępują w następujący sposób wraz z progresją choroby. Zostały wyróżnione cztery stadia choroby, które postępują w zależności od czasu od wystąpienia pierwszych objawów. Pierwsza wczesna faza (do 4 dni od pojawienia się objawów) charakteryzuje się widocznymi obszarami w postaci mleczonej szyby. W drugiej fazie (5–8 dni) na obrazie zauważano rosnący obszar zmian, stopniowe przekształcanie się ich w widoczne obszary konsolidacji oraz zmiany w formie kostki brukowej. Około 9.–13. dnia choroby (trzecia faza) następuje największe zaostrenie choroby. Wtedy zmiany w płucach przyjmują obraz gęstych konsolidacji i może nastąpić również zanik zmian o charakterze mleczonej szyby oraz kostki brukowej. W ostatniej fazie choroby (powyżej 14 dni) stwierdza się regresję konsolidacji, ponowne pojawienie się obszarów w postaci mleczonej szyby – zanikają z czasem [5].

USG PŁUC – METODA I CHARAKTERYSTYKA BADANIA

Opieka oraz szybka diagnostyka pacjentów chorych na COVID-19 stanowiła dla placówek duże wyzwanie z powodu szybkiego rozprzestrzeniania się wirusa. Ze względu na specyfikę zakażenia, jakim jest COVID-19, zajęcie płuc rozpoczyna się głównie w ich mięszu obwodowym. Badanie USG może odgrywać ważną rolę w jego diagnostyce. Struktury anatomiczne, jakimi są płuca, wypełnione są gazem, co powoduje, że są nieprzepuszczalne dla ultradźwięków. Dlatego też nie jest możliwe uwidocznienie mięszu płuca poniżej linii opłucnej za pomocą USG.

USG płuc jest nieinwazyjną, w pełni bezpieczną dla pacjenta metodą obrazowania. Zazwyczaj do badania USG płuc używana jest głowica typu Convex lub głowica liniowa; nie stosuje się również żadnych filtrów obrazu. Głowica typu Convex umożliwia szybką ocenę dużych obszarów płuc. Pozwala też ocenić obecność płynu w jamie opłucnej. W przypadku użycia tego rodzaju głowicy zalecane jest użycie zestawu ustawień parametrów pediatrycznych używanych do badań jamy brzusznej. Głowica liniowa jest natomiast stosowana do oceny różnego rodzaju patologii, ponieważ daje bardziej dokładny i zróżnicowany obraz płuc. Przy użyciu tego typu głowicy wskazane jest zastosowanie zestawu ustawień parametrów do badania tkanek miękkich położonych powierzchownie lub zestawu ustawień do badań pediatrycznych. Głowica przykładana jest prostopadle do przestrzeni międzyżebrowej – stanowi ona okno akustyczne do oceny tkanki płucnej. Przy jednym przyłożeniu głowicy wykonujący badanie powinien uwidocznic minimum dwa sąsiadujące ze sobą żebra oraz linię opłucnej znajdującą się między nimi [4, 6, 14]. W praktyce klinicznej stosowane są różne metody obrazowania płuc za pomocą USG. Każda z metod opiera się na systemie strefowym badania oraz odpowiedniej punktacji w celu ilościowego określenia stopnia zajęcia płuc przy uwzględnieniu liczby stref ściany klatki piersiowej stosowanej w danej technice. Wyróżniamy 4-strefowy, 6-strefowy, 8-strefowy, 12-strefowy oraz 14-strefowy system badania, przy czym systemy 12- i 14-strefowe stosowane są głównie na oddziałach intensywnej terapii. W 4-, 6- oraz 8-strefowym systemie linie B liczone są w poprzek klatki piersiowej w wielu przestrzeniach międzyżebrowych. Jako „wzorzec B” określa się obecność 3 lub więcej linii B. W metodzie 12-strefowej linie A oraz nieistotne linie B oznaczają 0 pkt w skali, znaczące linie B (minimum 3 na przestrzeń międzyżebrową) generują 1 pkt. Dwa punkty przypisuje się widocznym, złączonym liniom B z obecnymi małymi konsolidacjami. Konsolidacje na dużym obszarze generują 3 pkt w skali. W metodzie 14-strefowej 0 pkt przypisuje się standardowej linii opłucnej oraz widocznej linii A, 1 pkt, gdy zaobserwuje się wciętą linię opłucnej z widocznymi pionowymi obszarami bieli poniżej każdego wcięcia. Dwa punkty przypisuje się przerywanej linii opłucnej z widocznymi pionowymi obszarami bieli poniżej każdego ze skonsolidowanych obszarów, natomiast 3 pkt – gęstemu, zajmującemu duży obszar białemu płuc z obecnymi dużymi konsolidacjami. Aby wygenerować wysokiej jakości obrazy pozwalające na dokładną ocenę płuc, osoba wykonująca badanie (w Polsce najczęściej lekarz) musi mieć duże doświadczenie w przeprowadzaniu tego typu badań. Obrazowanie płuc za pomocą USG wymaga dość długiego czasu badania, aby było wykonane dokładnie i poprawnie – szczególnie przy metodzie

12- i 14-strefowej. Dlatego też doświadczenie wykonującego jest tak ważne, ponieważ badanie może trwać nawet do 30 minut, co wiąże się z długim oraz bliskim kontaktem lekarza z zakażonym pacjentem [15, 16].

OBRAZ BADANIA USG PŁUC I JEGO WARTOŚĆ DIAGNOSTYCZNA PRZY COVID-19

Nieprawidłowy wynik USG płuc ujawnia liczne artefakty, których obecność pozwala lekarzom zdiagnozować oraz rozpoznać chorobę u danego pacjenta. Linie A są liniami rozmieszczonymi poziomo do opłucnej, zlokalizowane są regularnie oraz są nieruchome. Linie A będą widoczne na prawidłowym obrazie, ponieważ odpowiadają one normalnym artefaktom pogłosowym linii opłucnej. Linie B to pionowe artefakty tworzące się z linii opłucnej, prawdopodobnie reprezentują one pogłos ultradźwiękowy generowany na przykład przez pogrubione przegrody międzyżebrowe oraz zmiany w linii opłucnej. Występujące linie B świadczą o nieprawidłowym wyniku badania – często ich obecność stanowi objaw śródmiąższowego zapalenia płuc. Im jest ich więcej, tym większy jest spadek zawartości powietrza oraz wiąże się to ze wzrostem gęstości płuca. Istnieje kilka rodzajów linii B. Wynik USG przedstawiający wiele zlewających się linii B wraz z charakterystycznym obszarem białego płuca oraz obecnymi konsolidacjami może świadczyć o wystąpieniu ARDS u pacjenta [16].

Badanie USG może być wykorzystywane do monitorowania stanu pacjenta, a także przebiegu rozwoju choroby. Rozwój patologicznych zmian w płucach wiąże się z zauważalną nieregularnością linii opłucnej oraz pojawianiem się kolejnych artefaktów, jakimi są różne rodzaje linii B. Często spowodowane są one zgrubieniem śródmiąższowym oraz organizującym się stanem zapalnym w płucach. Liczba linii B jest proporcjonalna do ciężkości choroby. Im więcej jest widocznych linii B, tym stan pacjenta jest cięższy. W kolejnym etapie mogą pojawiać się również konsolidacje, które im poważniejszy będzie stan pacjenta, tym będą większe oraz bardziej zauważalne [16].

PORÓWNANIE BADANIA RTG, TK I USG

Badanie RTG klatki piersiowej charakteryzuje się niską czułością, szczególnie w pierwszych dniach choroby może dać wynik fałszywie ujemny, dlatego też metoda ta nie powinna odgrywać szczególnej roli przy diagnostyce COVID-19. Badanie tomograficzne ma wyższą czułość wykrywania choroby COVID-19 (około 98%) niż zwykłe zdjęcie rentgenowskie klatki piersiowej (około 71%). Największą wartość diagnostyczną ma HCRT klatki piersiowej. Jej wyniki pokazują charakterystyczne dla tej choroby cechy, takie jak obszary w postaci mlecznej szyby, obszary w formie kostki brukowej lub też widoczne

obecne konsolidacje. Badanie to pozwala na określenie dokładnej oceny rozległości zająć płuc oraz różnicowanie go od innych jednostek chorobowych. Ponadto badanie to może pokazać nawet bardzo małe zmiany niemożliwe do zaobserwowania w obrazie RTG i USG [7, 17]. USG płuc może stanowić dobrą alternatywę dla TK (tab. 2.), ponieważ, mimo że pozwala ono tylko na ocenę zmian obwodowych w płucach oraz samą ocenę opłucnej, badania pokazują, iż zgodnie z wynikami TK większość konsolidacji i zmian zlokalizowana jest właśnie na obwodzie płuc, co ułatwia ich zaobserwowanie na obrazach ultrasonograficznych. Chociaż USG cechuje się niższą swoistością niż badanie TK, przez brak charakterystycznego obrazu podobne wyniki mogą dawać inne choroby płuc. Wraz z wywiadem z pacjentem oraz z innymi danymi klinicznymi u pacjentów bez innych współistniejących chorób płuc nadal można zachować dużą swoistość.

Decyzja o wykonaniu badania TK klatki piersiowej nie zawsze jest łatwa do podjęcia ze względu na takie aspekty, jak duża liczba hospitalizowanych pacjentów, narażenie zbyt dużej liczby personelu lub też brak możliwości przetransportowania pacjenta z powodu ciężkiego stanu zdrowia. Podobne przeszkody mogą towarzyszyć chęci wykonania badania RTG klatki piersiowej (wyjątkiem może być użycie aparatu przyłóżkowego). Dlatego też pierwszą alternatywą dla tych badań powinno stanowić badanie USG płuc. Jego powszechne użycie może mieć dużą wartość szczególnie na oddziałach intensywnej terapii i oddziałach ratunkowych. Pozwoliłoby to na segregację pacjentów na tych z niskim ryzykiem wystąpienia ARDS oraz na tych z wysokim ryzykiem wystąpienia. Wtedy TK zostałaby przeznaczona głównie dla pacjentów, u których obraz USG nie był na tyle czytelny, aby dać pełny obraz kliniczny pacjenta [14].

USG JAKO PRZYDATNE BADANIE OBRAZOWE W DIAGNOSTYCE COVID-19

USG płuc może stanowić bardzo ważny pierwszy krok w kierunku diagnozy pacjentów z podejrzeniem COVID-19, ponieważ będzie się to wiązało z brakiem konieczności przewożenia pacjenta na inne oddziały oraz

brakiem narażania innych osób poza lekarzem wykonującym badanie.

USG może stanowić alternatywę dla badań RTG i TK klatki piersiowej w ośrodkach, gdzie nie są one dostępne (np. w domach opieki). Przenośne urządzenie ultrasonograficzne może być ważnym punktem do identyfikacji COVID-19 właśnie w takich miejscach, ale nie tylko.

USG jest badaniem nieinwazyjnym, bezpiecznym dla wszystkich, w tym również dla dzieci oraz kobiet w ciąży. W porównaniu z badaniami RTG i TK, które wykorzystują promieniowanie jonizujące, przy wykonywaniu badania USG unikamy narażenia na promieniowanie pacjentów [4]. Według WHO pacjenci w ciężkim stanie spowodowanym COVID-19 wymagają hospitalizacji, co często wiąże się z podawaniem tlenu oraz potrzebą regularnego monitorowania stanu pacjenta (często znacznie pogarszającego się). Regularne badanie USG może w łatwy sposób pomóc w tym. Pogarszanie się stanu pacjenta będzie dawało widoczne na obrazie patologiczne cechy – od pojedynczych linii B w pierwszych dniach choroby lub w jej łagodnym przebiegu do zlewających się wielu linii B oraz widocznych konsolidacji u pacjentów w ciężkim stanie [15].

ZNACZENIE USG PŁUC W DIAGNOSTYCE ŚRÓDMIAŻSZOWEGO ZAPALENIA PŁUC

U pacjentów zakażonych COVID-19 ze stwierdzonym zapaleniem płuc USG może pokazać typowy obustronny obraz śródmiąższowego zespołu płuc. Jego głównymi cechami, które są widoczne na obrazie badania, będą mnogie lub zlewające się linie B, pogrubiona linia opłucnej, konsolidacje opłucnowe oraz wysięk opłucnowy. Śródmiąższowe zapalenie płuc wiąże się z powstawaniem artefaktów na obrazach USG, pozwala nam to na monitorowanie przebiegu uszkodzenia płuc. W pierwszych dniach choroby za pomocą USG można zaobserwować ogniska zespołu śródmiąższowego, których nie zauważymy na RTG klatki piersiowej, a na wynikach TK mogą występować nie zawsze (w niektórych przypadkach będą widoczne jako zmętnienia typu „szlifowanego szkła”). Dopiero w kolejnych dniach choroby na obrazach TK

TABELA 2. Porównanie zmian widocznych na obrazach TK klatki piersiowej i odpowiadające im zmiany na obrazie USG płuc u chorych na COVID-19 [14]

Zmiana widoczna na TK klatki piersiowej	Odpowiadająca zmiana widoczna na obrazie USG płuc
pogrubienie opłucnej	pogrubienie opłucnej
obraz matowej szyby	zlewające się linie B
konsolidacje	konsolidacje
płyn w opłucnej (rzadko obserwowany przy COVID-19)	płyn w opłucnej (rzadko obserwowany przy COVID-19)
zajęcie więcej niż jednego płata	zmiany wieloogniskowe

stwierdza się zmętnienia typu matowej szyby odpowiadające licznym liniom B widocznym na obrazach ultrasonograficznych. Porównując wynik badania TK klatki piersiowej oraz USG płuc u pacjentów z zapaleniem płuc wywołanym przez COVID-19, zaobserwowano, że otrzymane wyniki dobrze ze sobą korelują. Czułość, swoistość oraz dokładność diagnostyczna USG płuc jest tym większa, im cięższe jest występujące zapalenie płuc wywołane COVID-19 – porównując je z TK klatki piersiowej. Ponadto USG pozwala ocenić i zaobserwować tylko opłucną oraz obwodowe zmiany w płucach, gdyż płuca są organem wypełnionym gazem, co uniemożliwia transmisję ultradźwięków i uwidocznienie zmian zlokalizowanych głęboko w płucach (na co pozwala TK). Badania udowodniły jednak, że większość konsolidacji zlokalizowana jest na obwodzie płuc, co daje duże ułatwienie do wykrywania ich za pomocą ultradźwięków, niekoniecznie potrzebne jest wykonywanie TK. Oceniając swoistość w różnicowaniu zapalenia płuc wywołanego przez COVID-19 od innych jego rodzajów, TK wypada zdecydowanie lepiej. Jednak dzięki połączeniu wyniku USG płuc z danymi klinicznymi oraz historią medyczną pacjenta (szczególnie stosunkowo młode osoby, bez współistniejących chorób płuc) można uzyskać dobrą i wystarczającą swoistość do diagnozy oraz leczenia pacjenta [4].

PODSUMOWANIE

Diagnostyka obrazowa podczas pandemii stanowiła duże wyzwanie, szczególnie ze względu na główny sposób przenoszenia się wirusa, jakim jest droga kropelkowa, a także narażenie personelu, innych pacjentów, koszty i czas związane z dezynfekcją. Dlatego też ważnym zagadnieniem jest rozsądne zlecenie wykonywanych badań przez lekarzy. W wyniku dokładnej analizy literatury udało się odpowiedzieć na pytanie, czy USG jest w stanie chociaż częściowo zastąpić badania wykorzystujące promieniowanie jonizujące. Okazało się, że badanie ultrasonograficzne powinno stanowić ważną podstawę w diagnostyce chorych na COVID-19. Jest ono zdecydowanie najbardziej dostępną i najmniej inwazyjną, w pełni bezpieczną dla pacjenta metodą obrazowania. Największą wartość i przydatność USG płuc stanowi podczas potrzeby segregacji pacjentów oraz na oddziałach intensywnej terapii, gdzie pacjenci potrzebują szybkiej diagnostyki, najlepiej niezwiązanej z ich transportem. Metoda ta pozwala na powtórzenie badania w dowolnym momencie, co znacznie ułatwia monitorowanie stanu pacjenta oraz zaobserwowanie ewentualnych progresji zmian, dzięki czemu szybciej będzie można wprowadzić odpowiedni sposób leczenia. Pomimo wielu zalet, takich jak brak konieczności transportu pacjenta, nienarażanie dużej liczby

personelu medycznego oraz innych pacjentów na kontakt z chorym, niskie koszty, brak narażenia na promieniowanie oraz łatwa możliwość powtórzenia badania, USG płuc jest wciąż niedostatecznie docenianą metodą pomocną w diagnostyce pacjentów zakażonych COVID-19. Wyniki TK klatki piersiowej dobrze korelują z wynikami USG płuc, co potwierdza możliwość identyfikowania zmian z pomocą tego badania.

KONFLIKT INTERESÓW

Autorzy nie zgłaszają konfliktu interesów.

PIŚMIENNICTWO

1. Chen H, Ai L, Lu H, Li H. Clinical and imaging features of COVID-19. *Radiol Infect Dis* 2020; 7: 43-50.
2. Plusa T. COVID-19 Patogeneza i postępowanie. PZWL Wydawnictwo Lekarskie, Warszawa 2021.
3. Romaszko-Wojtowicz A, Konrad M. COVID-19 a przewlekłe choroby układu oddechowego: podstawowe informacje. *Produkty Lecznicze* 2021; 16: 64-9.
4. Pronyuk KO, Kondratiuk LO, Vysotskiy AD, et al. Lung ultrasound during covid-19 pandemics: why, how and when? *Wiad Lek* 2021; 74: 1783-8.
5. Kucybała I. COVID-19 – diagnostyka obrazowa. *Inżynier i Fizyk Medyczny* 2020; 9: 3.
6. Cieszanowski A, Czekańska E, Gizińska B, et al. Wskazania do wykonywania badań obrazowych w zakażeniach SARS-CoV-2- zalecenia Polskiego Lekarskiego Towarzystwa Radiologicznego. 2021. Dostępne: <https://pltr.pl/wp-content/uploads/2021/12/10.12.2021-Wskazania-do-wykonywania-badan-obrazowych-w-zakazeniach-SARS-CoV-2-1.pdf>
7. de Farias LPG, Fonseca EKUN, Stabelli DG, et al. Imaging findings in COVID-19 pneumonia. *Clinics* 2020; 75: e2027.
8. Radiologia. Diagnostyka obrazowa RTG, TK, USG i MR. Pruszyński B, Cieszanowski A (red.). PZWL Wydawnictwo Lekarskie, Warszawa 2014.
9. Koronawirus SARS-CoV-2 – zagrożenie dla współczesnego świata. Dzieciatkowski T, Filipiak K (red.). PZWL Wydawnictwo Lekarskie, Warszawa 2020.
10. Campagnano S, Angelini F, Fonsi GB, et al. Diagnostic imaging in COVID-19 pneumonia: a literature review. *J Ultrasound* 2021; 24: 383-95.
11. Nouvenne A, Zani MD, Milanese G, et al. Lung ultrasound in COVID-19 pneumonia: correlations with chest CT on hospital admission. *Respiration* 2020; 99: 617-24.
12. Özel M, Aslan A, Araç S. Use of the COVID-19 Reporting and Data System (CO-RADS) classification and chest computed tomography involvement score (CT-IS) in COVID-19 pneumonia. *Radiol Med* 2021; 126: 679-87.
13. Penha D, Pinto EG, Matos F, et al. CO-RADS: coronavirus classification review. *J Clin Imaging Sci* 2021; 11: 9.
14. Paprocki Ł, Jędrzejczyk M, Kwaśniewicz P. Ultrasonografia płuc – podstawy badania i specyfika zmian u pacjentów z COVID-19. Dostępne: <https://ptusg.pl/wp-content/uploads/2020/04/P%C5%82uca-PTU-29.03.pdf>

15. Smith MJ, Hayward SA, Innes SM, Miller ASC. Point-of-care lung ultrasound in patients with COVID-19 – a narrative review. *Anaesthesia* 2020; 75: 1096-104.
16. Allinovi M, Parise A, Giacalone M, et al. Lung ultrasound may support diagnosis and monitoring of COVID-19 pneumonia. *Ultrasound Med Biol* 2020; 46: 2908-17.
17. Osterwalder J. COVID-19–mehr Lungen-PoCUS und sparsam mit Stethoskop, Thoraxröntgen und Lungen-CT umgehen. *Praxis*, 2020.
18. COVID-19 CO-RADS classification. COVID working group of the Dutch Radiological Society Radiology assistant. Available: <https://radiologyassistant.nl/chest/covid-19/corads-classification>.