

Notfall Rettungsmed 2020 · 23:529–537
<https://doi.org/10.1007/s10049-020-00767-8>
 Online publiziert: 7. September 2020
 © Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von
 Springer Nature 2020



G. Kunze^{1,3} · E. Kovacikova¹ · H. Haller¹ · B. Kumle^{2,3}

¹Klinik für Innere Medizin I, Schwarzwald-Baar Klinikum Villingen-Schwenningen GmbH, Villingen-Schwenningen, Deutschland

²Klinik für Akut- und Notfallmedizin, Schwarzwald-Baar Klinikum Villingen-Schwenningen GmbH, Villingen-Schwenningen, Deutschland

³DRF-Luftrettungsstation Christoph 11, Villingen-Schwenningen, Deutschland

Lungenultraschall bei Patienten mit SARS-CoV-2-Infektion

Video online

Die Online-Version dieses Beitrags (<https://doi.org/10.1007/s10049-020-00767-8>) enthält drei ergänzende Videos. Beitrag und Zusatzmaterial stehen Ihnen auf www.springermedizin.de zur Verfügung. Bitte geben Sie dort den Beitragstitel in die Suche ein, das Zusatzmaterial finden Sie beim Beitrag unter „Ergänzende Inhalte“.

Einleitung

Bei der Versorgung von Patienten in der zentralen Notaufnahme hat die Sonographie aufgrund ihrer einfachen, bettseitigen Anwendbarkeit einen großen Stellenwert. Unmittelbar nach Anamnese und körperlicher Untersuchung durchgeführt, ermöglicht sie auch bei Patienten mit kardiorespiratorischen Erkrankungen frühzeitig Entscheidungen über weitere diagnostische und erste therapeutisch notwendige Maßnahmen [1, 2].

So überrascht es nicht, dass auch im Rahmen der aktuellen COVID-19-Pandemie bereits zahlreiche Studien und Erfahrungsberichte über Anwendung, Befunde und Stellenwert der Lungen-sonographie (LUS) bei Patienten mit dieser neuen Infektionskrankheit publiziert wurden [3–14].

Ziel dieses Übersichtsartikels ist die Präsentation typischer Ultraschallbefunde dieser Infektionskrankheit und die Diskussion ihres klinischen Stellenwerts.

Grundlagen der Lungen-sonographie

Aufgrund des Rippen thorax können nur ca. 70 % der Lungenoberfläche sonographisch dargestellt werden. Durch die Luftfüllung der gesunden Lunge kommt es an der Lungenoberfläche zu einer Totalreflexion der Schallwellen mit Entstehung von Reverberationsartefakten, sog. A-Linien. Darüber hinaus finden sich auch vereinzelte vertikale Artefakte (sog. „B-Linien“), die vernachlässigbar sind, solange nicht mehr als 3–5 pro Schallfeld darstellbar sind. Weiterhin kann das typische Pleuragleiten sicher dargestellt werden. Pathologische Befunde an der Lunge können dann sonographisch erkannt werden, wenn der pathologische Befund an die Lungenoberfläche heran-

reicht und dort interkostal darstellbar ist. Zu den darstellbaren Befunden gehören nach Mathis [15]:

- Extrapulmonale Befunde (Pleuraerguss, Pleuraempyem, Hämatothorax, pleurale Tumoren)
- Pneumothorax
- Veränderungen an der Pleura visceralis und parietalis und subpleurale Veränderungen (Pleuritis)
- Konsolidierungen (Lungenembolie, Pneumonien, Tumoren)
- Veränderungen des Lungeninterstitiums (deutliche Zunahme sog. B-Linien) und
- Veränderungen der Thoraxwand.

Tab. 1 Schallkopfauswahl zur Lungen-sonographie

	Konvexschallkopf	Linearschallkopf	Sektorschallkopf ^a
Frequenz (in MHz)	2–5	5–18	1–4
Eindringtiefe (in cm)	Bis 15	3–8 (frequenzabhängig)	Bis 20
Vorteile	„Allrounder“	Hohe Auflösung	Kleine Auflagefläche
Geeignet bei			
Pleuraerguss (mittel)	Ja	Ja	Ja
Pleuraerguss (klein)	(Ja)	Ja	Nein
Pneumothorax	Ja	Ja	Nein
Pneumonie (mittel)	Ja	Ja	(Ja)
Pneumonie (klein)	(Ja)	Ja	Nein
Lungenembolie	Ja	Ja	Nein
Pleuritis	(Ja)	Ja	Nein
B-Linien	Ja	(Nein)	Ja
Herz	((Ja))	Nein	Ja
Intervention	Ja	Ja	((Ja))

^aKein Echo-Preset verwenden!

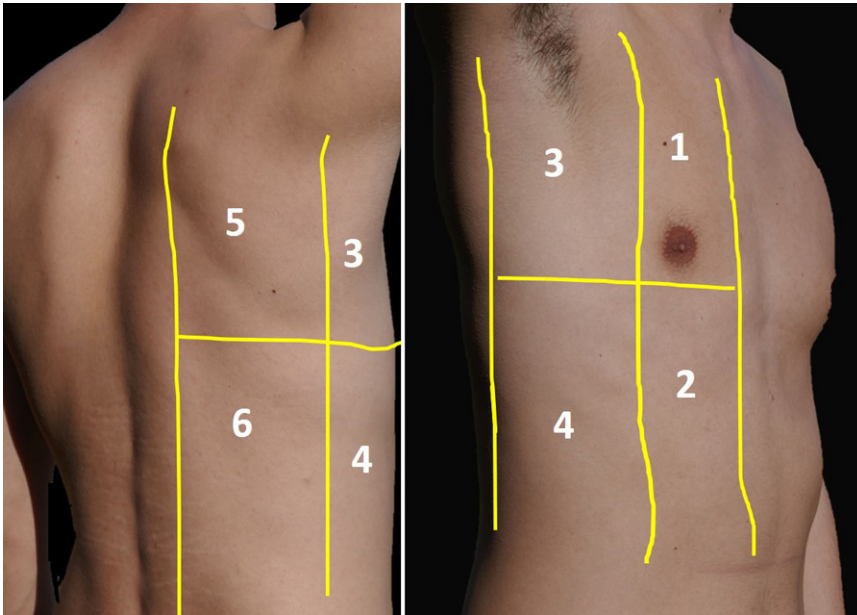


Abb. 1 ▲ Einteilung der Untersuchungsareale bei der Lungensonographie

Histopathologische Befunde bei COVID-19

Pathologisch werden bei COVID-19-Pneumonien ein interstitielles Ödem, interstitielle entzündliche Infiltrate und gegebenenfalls auch ein intraalveoläres proteinreiches Exsudat beschrieben. Je nach Schwere der Erkrankung finden sich segmentale pneumonische Infiltrate bis hin zum diffusen Alveolarschaden mit hyalinen Membranen bei vorliegendem ARDS [16–24]. Weiterhin fallen makroskopisch plaqueartige Veränderungen auf der Pleura visceralis auf und selten eine fettige Proliferation derselben [25].

Untersuchungstechnik und protektive Hygienemaßnahmen

Die Ultraschalluntersuchung der Lunge wird üblicherweise mit multifrequenzen Konvex- und Linearschallköpfen durchgeführt. Während sich mit Konvexschallköpfen sehr gut interstitielle Veränderungen (s. unten) und pneumonische Infiltrate darstellen lassen, können mit hochfrequenten Linearschallköpfen sehr gut die Pleura und die subpleurale Lunge untersucht werden. Diese hochauflösende Darstellung der Pleura ist technisch in vergleichbarer Auflösung und Qualität mit keinem anderen bild-

gebenden Verfahren möglich. Für die Echokardiographie werden üblicherweise Sektorschallköpfe verwendet. Sofern ein anderes Preset verwendet wird, können mit Sektorschallköpfen auch größere pneumonische Infiltrate und ein interstitielles Syndrom dargestellt werden, die Darstellung kleiner (sub-)pleuraler Veränderungen ist mit Sektorschallköpfen nicht möglich. In der Praxis empfiehlt es sich, die Untersuchung mit dem Konvexschallkopf (alternativ Sektorschallkopf) zu beginnen und dann auf den Linearschallkopf zu wechseln. Der Farbdoppler kann hilfreich sein bei der Darstellung pulmonal- bzw. bronchialarterieller Gefäße in kleinen Konsolidierungen und kann dann eine Differenzierung zwischen Lungeninfarkten und entzündlichen Infiltraten ermöglichen. Vor- und Nachteile der verschiedenen Schallköpfe bei Anwendung zur Lungensonographie zeigt **Tab. 1**.

Die deutschsprachigen Ultraschallfachgesellschaften sind übereingekommen, den menschlichen Thorax auf jeder Seite in 6 Regionen einzuteilen (**Abb. 1**; [26]). Zur besseren Darstellung der Lunge sollte der Patient die Arme über den Kopf nehmen (Spreizen der Rippen), die Scapula kann durch Ergreifen der gegenüberliegenden Schulter „herausgedreht“ werden. Ventral und lateral kann sehr gut in Rückenlage un-

tersucht werden, die Untersuchung der dorsalen Lunge gelingt am besten im Sitzen, weil so auch kleine Pleuraergüsse sicher detektiert werden können. Die vollständige Lungensonographie dauert bei entsprechender Expertise 5–15 min [10].

Da es sich bei der Sonografie um eine patientennahe Untersuchung handelt, muss der Untersucher bei Covid-19-Verdacht umfangreiche Schutzmaßnahmen (mindestens Kopfhülle, Schutzbrille und -kittel, 2 Paar Einmalhandschuhe) ergreifen. Zusätzlich sollte der Patient einen Mund-Nasen-Schutz tragen. Ultraschallgerät und Schallköpfe müssen nach der Untersuchung vollständig mit viruziden Tüchern gereinigt werden [27], dementsprechend bieten sog. „Kitteltaschengeräte“ Vorteile. Bei Smartphone-/Tablet-basierten Geräten muss darauf geachtet werden, dass deren Displays durch die notwendige Reinigung mit viruziden Tüchern keinen Schaden nehmen.

Ultraschallbefunde bei SARS-CoV-2-Infektion

Die sonographisch darstellbaren Befunde werden in 3 Kategorien eingeteilt:

- a) Veränderungen der Pleura visceralis
Durch eine entzündliche Alteration der Pleura und der subpleuralen Lunge erscheint die Oberflächenkontur der Pleura visceralis unregelmäßig und wirkt kurzstreckig unterbrochen bzw. „fragmentiert“. Die gegenüberliegende Pleura parietalis kann ebenfalls verdickt imponieren. Darüber hinaus findet sich wenig, ggf. gefangener Pleuraerguss (**Abb. 2**, Video 1). Größere Pleuraergüsse sind bei COVID-19 sehr selten und müssen den Untersucher an andere Differenzialdiagnosen denken lassen.
- b) Konsolidierungen
Die entzündliche, pneumonische Infiltration der Lunge mit flüssigkeitsgefüllten Alveolen führt zu einem solide, bisweilen leberähnlich imponierenden Lungenparenchym. Bisweilen findet sich im zuführenden Bronchus noch Luft im Sinne eines Bronchoaerogramms (**Abb. 3**, Video 2). Wichtigste Differenzialdiagnose ist bei kleineren, un-

dreiecksförmigen Konsolidierungen die Lungenembolie. Sofern mittels Beinvenensonographie kein Thrombosenachweis gelingt, hilft hier u. U. nur die Kontrastmittelsonographie bei der differenzialdiagnostischen Abklärung weiter. Während sich üblicherweise sowohl in großen als auch in kleinen pneumonischen Infiltraten farbdopplersonographisch Gefäße darstellen lassen, gibt es erste Hinweise, dass dies möglicherweise bei Infiltraten durch COVID-19 seltener der Fall ist [4].

c) Interstitielles Syndrom

Im frühen Stadium zeichnet sich die COVID-19-Pneumonie durch ein interstitielles Ödem mit vermehrtem Nachweis (>3 pro Schallfeld) von sog. B-Linien aus. Bei Zunahme der interstitiellen Veränderungen verschmelzen diese B-Linien und die A-Linien verschwinden vollständig. Es ergibt sich das Bild einer „weißen Lunge“ (Abb. 4, Video 3). Bei Nachweis eines interstitiellen Syndroms muss unterschieden werden, ob es sich um ein lokales Phänomen handelt oder ob weitere Areale der Lunge – ggf. auch symmetrisch – betroffen sind. Darüber hinaus müssen zahlreiche Differenzialdiagnosen bedacht werden (Tab. 2; [28, 29]). Lange Zeit wurden die Begriffe „B-Linien“ und „Kometenschweifartefakte“ synonym verwendet. Heutzutage wird von „B-Linien“ im engeren Sinne nur dann gesprochen, wenn diese vertikalen Artefakte an der unauffälligen Pleuraoberflächenkontur entstehen. Entstehen sie an einer morphologisch veränderten Pleura (Konsolidierung oder Pleuritis), wird von Kometenschweifartefakten gesprochen. Da bei COVID-19 sowohl interstitielle als auch pleurale Veränderungen vorliegen, kommen beide Formen dieser vertikalen Artefakte vor. Für die bessere Darstellung dieser Artefakte und auch des Lungengleitens an sich ist es vorteilhaft, am Ultraschallgerät Artefaktunterdrückungsmechanismen (z. B. „Sono-CT“ u. a.) und Verfahren des sog. „post-proceeding“ auszuschalten.

d) Verteilung der Veränderungen

Die darstellbaren Veränderungen finden sich meistens bilateral und oft multifokal. Dabei sind basale, laterale und dorsale Lungenabschnitte häufiger betroffen als ventral und kranial gelegene Areale.

Diskussion

Bei der neuartigen SARS-CoV-2-Infektion wird zwischen einem asymptomatischen, einem milden, einem moderaten, einem schweren und einem kritischen Verlauf unterschieden (Tab. 3). Während bezüglich der zur Klassifikation anzuwendenden klinischen Kriterien weitgehend Einigkeit herrscht, gibt es betreffend die erste anzuwendende Bildgebung unterschiedliche Stellungnahmen. So empfehlen die nordamerikanischen Fachgesellschaften, bei mildem Verlauf auf eine Bildgebung komplett zu verzichten, dagegen erfolgt in China die Triage zwischen mildem und moderatem Verlauf mithilfe der Bildgebung [30–35]. Als anzuwendendes bildgebendes Verfahren sprechen sich die nordamerikanischen Fachgesellschaften bei moderatem Verlauf für die Durchführung einer Röntgenübersichtsaufnahme aus, das chinesische National Health Institute äußert sich nicht dazu, welches Verfahren angewendet werden sollte.

In diesem Spannungsfeld der Frage, ob und mit welchem Verfahren eine ergänzende Bildgebung bei Patienten mit SARS-CoV-2-Infektion sinnvoll ist, bietet sich die Lungensonographie (LUS) als „Fortsetzung der klinischen Untersuchung mit technischen Mitteln“ [36] an.

Als zuverlässiges und kostengünstiges bildgebendes Verfahren kann es auch unter Einhaltung strikter Hygienemaßnahmen ubiquitär und bettseitig angewendet werden. Durch Reduktion klinikinterner Transporte infizierter Patienten in das CT kann weiterhin das Risiko einer Ansteckung des medizinischen Fachpersonals und anderer Patienten vermindert werden. Darüber hinaus kommt der Ultraschall ohne Strahlenbelastung mit der potenziellen Folge lebensbedrohender Krebserkrankungen im Langzeitverlauf aus [37, 38].

Notfall Rettungsmed 2020 · 23:529–537
<https://doi.org/10.1007/s10049-020-00767-8>
 © Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020

G. Kunze · E. Kovacicova · H. Haller · B. Kumle

Lungenultraschall bei Patienten mit SARS-CoV-2-Infektion

Zusammenfassung

Mithilfe des bettseitig, unmittelbar nach Anamnese und klinischer Untersuchung anwendbaren Lungenultraschalls können bei Patienten mit klinischen Zeichen eines Atemwegsinfekts und/oder respiratorischer Insuffizienz zahlreiche Ursachen und Komplikationen auf Anhieb erkannt werden. Damit ermöglicht der Lungenultraschall frühzeitig Entscheidungen über weitere diagnostische und erste therapeutische Maßnahmen auch bei Patienten, die sich mit V.a. SARS-CoV-2-Infektion in der zentralen Notaufnahme vorstellen. In diesem Übersichtsartikel werden die typischen lungensonographischen Befunde bei Patienten mit COVID-19 aufgezeigt und der Stellenwert der Sonographie verglichen mit anderen bildgebenden Verfahren bei dieser neuartigen Erkrankung diskutiert.

Schlüsselwörter

COVID-19 · Lungenultraschall · Interstitielles Syndrom · Lungenkonsolidierung · Notaufnahme · Viruspneumonie

Lung ultrasound in patients with SARS-CoV-2 infection

Abstract

After taking a patient's history and physical examination, lung ultrasound can immediately reveal numerous causes and complications in patients suffering from respiratory tract infection and/or dyspnea. It can thus facilitate decisions on further diagnostic and first therapeutic procedures, even in patients with a SARS-CoV-2 infection who present to the emergency room. This review article highlights the typical findings of lung ultrasound in patients with COVID-19 and discusses its value compared to other imaging methods.

Keywords

COVID-19 · Pulmonary ultrasonography · Interstitial syndrome · Pulmonary consolidation · Emergency department · Viral pneumonia

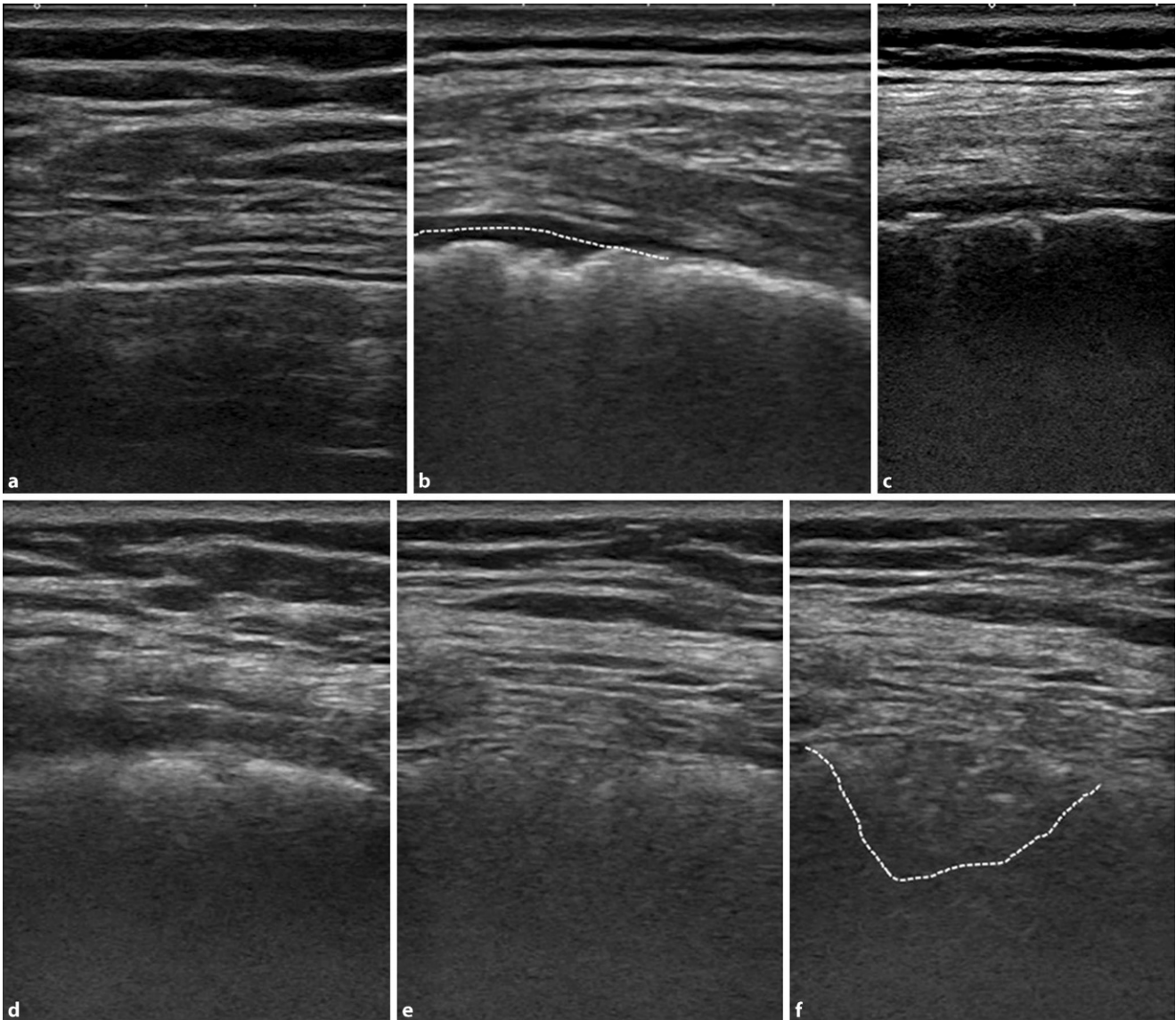


Abb. 2 ▲ Veränderungen der Pleura bei COVID-19, **a** Normalbefund, **b** lokale Verdickung der Pleura visceralis und parietalis (gestrichelte Linie = Pleuraspalt), **c** Fragmentierung der Pleura, **d, e** verschiedene Stadien einer verwachsenen Pleura visceralis mit in **f** beginnender dreiecksförmiger Konsolidierung

Bei Patienten mit positivem PCR-Nachweis für COVID-19 zeigt sich als Ausdruck einer Pneumonie bei mildem bzw. moderatem Verlauf in der Mehrzahl der Fälle zunächst eine deutliche Zunahme von B-Linien an verschiedenen Arealen der Lunge („interstitielles Syndrom“). Verschmelzende B-Linien („weiße Lunge“) mit Verschwinden der A-Linien und solide imponierende Infiltrate mit Nachweis eines Bronchoaerogramms sind Ausdruck schwergradiger pneumonischer Veränderungen [4, 7, 8, 11, 39].

Nach eigenen Erfahrungen und ersten Studien zufolge eignet sich damit der LUS in der zentralen Notaufnahme zusammen mit Anamnese, Klinik, Labor und Blutgasanalyse sehr gut zur Einschätzung, welche COVID-19-Patienten ambulant geführt und welche stationär aufgenommen werden sollten [40]. Damit bietet sich der LUS auch sehr gut zur Klärung der Frage an, ob überhaupt eine ergänzende Thorax-CT indiziert ist. Weiterhin kann die Sonographie auch Hinweise auf wichtige Differenzialdiagnosen wie die Lungenembolie geben und diesen Verdacht nachfolgend mittels Echokar-

diographie oder Beinvenensonographie bestätigen. Bei Thrombosenachweis erübrigt sich dann beispielsweise die ergänzende Durchführung einer Angio-CT, da unabhängig von deren Ergebnis eine harte Indikation zur Antikoagulation vorliegt [41]. Sofern bei Patienten mit sonographisch nachgewiesener Lungenembolie/Thrombose geklärt werden sollte, ob möglicherweise zusätzlich eine COVID-19-Pneumonie vorliegen könnte, ist die Durchführung einer sog. Low-dose-CT ausreichend.

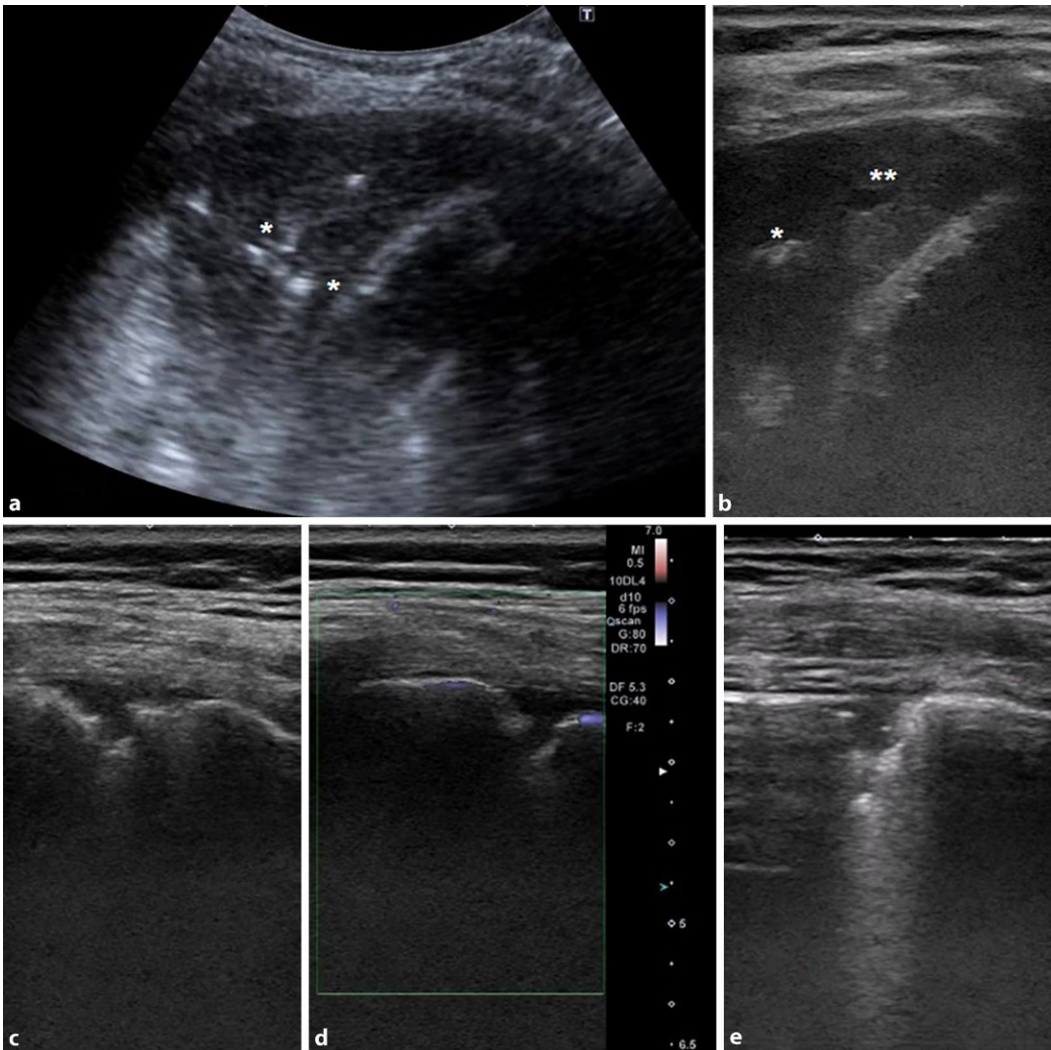


Abb. 3 ◀ Konsolidierungen bei COVID-19, a pneumonisches Infiltrat mit Bronchoaerogramm (weiße Reflexe), b dasselbe Infiltrat wie in a. Man erkennt mit dem hochauflösenden Schallkopf neben einem kleinen luftgefüllten (*) auch einen sekretgefüllten (**) Bronchus, c kleine subpleurale Konsolidierung ohne Gefäßnachweis im Farbdoppler (d), was differenzialdiagnostisch an eine Konsolidierung bei Lungenembolie denken lässt, e kleine Konsolidierung bei COVID-19, sog. „Wasserfallzeichen“

Differenzialdiagnosen und Stellenwert im Vergleich mit anderen bildgebenden Verfahren

Studien, in denen zwischen dem Lungenultraschall und der Röntgenübersichtsaufnahme bei COVID-19 verglichen wurde, gibt es bislang nicht. Verglichen mit dem CT werden allerdings gerade bei moderatem Verlauf im Röntgenbild viele Infiltrate übersehen [42]. Die Computertomographie zeigt bei COVID-19-Pneumonie dagegen nicht nur typische Befunde einer Virus Pneumonie, sondern häufig auch ein für COVID-19 typisches Verteilungsmuster der Veränderungen [43–46]. Retrospektive Vergleichsstudien mit kleinen Fallzahlen zwischen CT und LUS lassen ahnen, dass die Schweregradeinteilung bei COVID-19-

Pneumonie in beiden Verfahren gut korreliert (Tab. 4; [4, 10, 11]). Da nur 70 % der Lungenoberfläche sonographisch darstellbar sind, können sonographisch zentrale und apikale Infiltrate nicht detektiert und somit eine pulmonale Manifestation bei bekannter SARS-CoV-2-Infektion auch nicht ausgeschlossen werden. Allerdings ist bei fehlendem sonographischem Nachweis entsprechender Veränderungen allenfalls von einer milden pulmonalen Manifestation der Erkrankung auszugehen.

Bei Nachweis eines interstitiellen Syndroms sind zahlreiche Differenzialdiagnosen wie eine Herzinsuffizienz und Urämie zu berücksichtigen. Weiterhin ist die Aussage des LUS eingeschränkt bei Patienten mit vorbestehenden interstitiellen Lungenerkrankungen oder einer Lungenfibrose (Abb. 5). Hier dür-

fen B-Linien und Kometenschweifartefakte allenfalls dann diagnostisch verwendet werden, wenn das Ausmaß dieser Veränderungen bei dem Patienten vorbekannt und es zu einer erheblichen Zunahme dieser Veränderungen gekommen ist. Auch wenn hierzu aussagefähige Vergleichsstudien fehlen, erscheint es naheliegend, dass bei diesen Patienten die Thorax-CT besser in der Lage ist, eine Virus Pneumonie zu erkennen.

Fokal lokalisierte pulmonale und pleurale Veränderungen finden sich auch bei Pneumonien und Pleuritiden durch andere Erreger. Finden sich bei bislang gesunden Patienten jedoch alle o. g. typischen Kriterien in Kombination in verschiedenen Arealen, muss der Befund in der aktuellen Pandemiesituation als hoch suggestiv für das Vorliegen

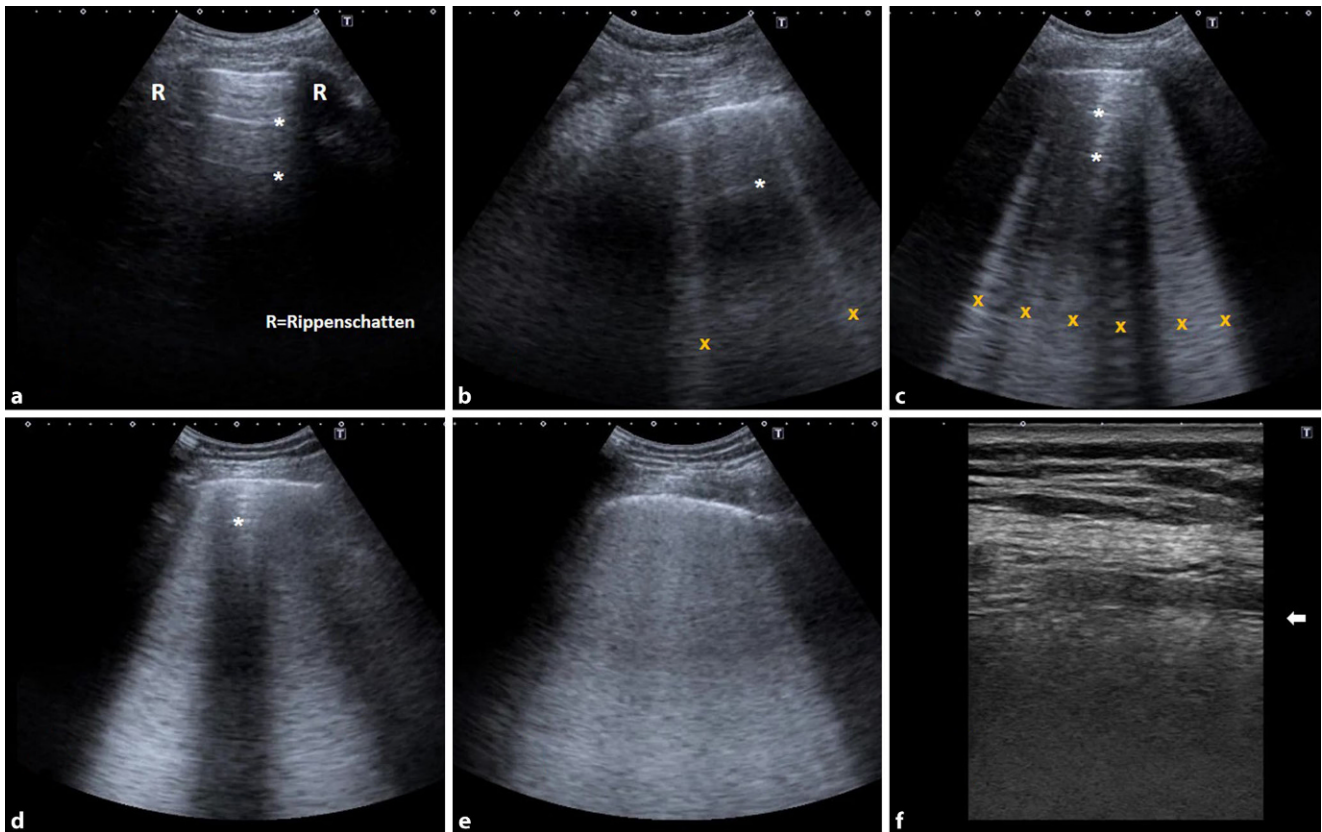


Abb. 4 ▲ Interstitielles Syndrom bei COVID-19, **a** Normalbefund mit A-Linien (*) und in **b** vereinzelt B-Linien (x, <4/ Schallfeld). **c** Als Ausdruck eines interstitiellen Ödems findet sich bei einer COVID-19-Patientin eine deutliche Zunahme der B-Linien auf >3/Gesichtsfeld, die in **d** verschmelzen und zu einem zunehmenden Verschwinden der A-Linien (*) führen. **e** Sog. „weiße Lunge“ durch verschmelzende B-Linien. An derselben Stelle findet sich in **f** mit dem hochauflösenden Schallkopf eine völlig verwaschene Pleura visceralis (Pfeil: Pleuraspalz)

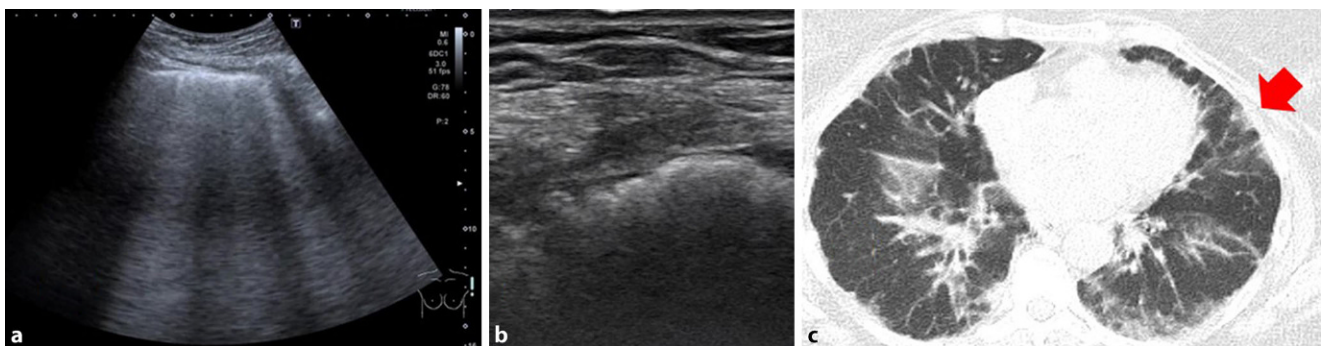


Abb. 5 ▲ Differenzialdiagnose interstitielles Syndrom. 54-jährige Patientin mit bekannter Sarkoidose, die sich mit einem Infekt der oberen Atemwege in der Notaufnahme vorstellte. Sonographisch zeigt sich aufgrund der Sarkoidose ein ähnliches Bild wie bei einer COVID-19-Pneumonie mit verschmelzenden B-Linien (**a**) und kleinen unscharfen subpleuralen Konsolidierungen (**b**). Die im CT darstellbaren Veränderungen (**c**) wurden nicht als COVID-19-typisches Bild beschrieben. Das im CT mittels Pfeil markierte Areal entspricht den Ultraschallbildern in **a** und **b**

einer COVID-19-Pneumonie angesehen werden.

Bildgebung zum Screening bei Verdacht auf COVID-19

In Phasen der Pandemie, als Notaufnahmen in Wuhan/China, in Italien und in den USA eine sehr große Anzahl von Patienten mit neu aufgetretenen

Atemwegsinfekten zu bewältigen hatten und gleichzeitig PCR-Tests nur begrenzt verfügbar und darüber hinaus mit Wartezeiten bis zu 30 h verbunden waren, wurde mangels Alternativen die Thorax-CT zum Screening auf Vorliegen einer möglichen SARS-CoV-2-Infekti-

Tab. 2 Differenzialdiagnose interstitielles Syndrom^a

Lokal	Pleuritis
	Pneumonie
	Pleuranarben
	Lungenembolie
	Lungenkontusion
Multi-fokal	Kardiale Stauung ^b
	Urämie
	ARDS
	Höhenlungenödem
	Interstitielle Lungenerkrankungen
	Lungenfibrose

^a>3 B-Linien/Schallfeld^bhilfreich in der DD zur exazerbierten COPD**Tab. 3** Klinische Schweregradeinteilung bei SARS-CoV-2-Infektion. (Modifiziert nach [30–35])

	Mild	Moderat	Schwer	Kritisch
Klinische Beschwerden eines Atemwegsinfekts (Husten, Halsschmerzen, Fieber, Müdigkeit, Kopf- und Gliederschmerzen)	Ja	Ja	Ja	Ja
Atemnot (subjektiv)	Nein	Möglich	Ja	Ja
Atemfrequenz (/min)	Normal	>20	>30	k. A.
O ₂ -Sättigung (Raumluft) (in %)	>93	>93	<93	<<90
Pneumonie	Nein	Ja	Ja	Ja
Respiratorisches Versagen/Sepsis/MOV	Nein	Nein	Nein	Ja
Management	Ambulant	Klinik	Klinik/IMC	Klinik/ICU

Tab. 4 Punktescore bei Lungensonographie von COVID-19-Patienten^a

Befund	Punkte
A-Linien, <3 B-Linien	0
>3 B-Linien	1
Konfluierende B-Linien	2
Konsolidierungen	3
Ermittlung der Gesamtpunkte	Summe aus [12 Areale ^b × 0–3 Punkte] → max. 36 Punkte
Beurteilung des Schweregrads	1–7 Punkte (mild)
	8–18 Punkte (moderat)
	>19 Punkte (schwer)

^aVorschlag von Lu et al. [10], bislang nicht validiert. Alternativer Score von Soldati et al. [39]^bsiehe **Abb. 1**

on angewendet [47]. In entsprechenden Studien war die Sensitivität der CT zur Erkennung einer COVID-19-Pneumonie sogar höher als die der PCR im ersten durchgeführten Nasen-Rachen-Abstrich [48, 49]. Allerdings dürfen diese Daten, die über ein in der akuten Not geborenes Vorgehen gewonnen wurden, auf die aktuelle Situation im deutschsprachigen Raum mit beherrschbaren Infektionszahlen nicht einfach übertragen werden. Gerade in der frühen Phase der Erkrankung zeigt das CT sowohl bei asymptomatischen als auch bei symptomatischen Patienten in bis zu 56% einen Normalbefund [50–53] und die Befunde sind nicht spezifisch für eine COVID-19-Pneumonie [50, 54, 55]. Daher warnen mittlerweile radiologische Fachgesellschaften [56–58] weltweit vor dem Einsatz der CT als „screening tool“ zur Detektion einer SARS-CoV-2-Infektion und verweisen – auch in Hinblick

auf die Strahlenbelastung – darauf, dass eine CT nur eingesetzt werden darf, wenn sich daraus direkt therapeutische Konsequenzen ableiten lassen [59–61].

Zusammenfassung und Ausblick

Auch wenn aufgrund der noch kurzen Dauer der aktuellen Pandemie der Stellenwert der Bildgebung bei Patienten mit Verdacht auf SARS-CoV-2-Infektion noch nicht abschließend beurteilt werden kann, bietet sich aus Gründen des Infektions- und Strahlenschutzes der Lungenultraschall als erstes bildgebendes Verfahren unmittelbar nach Anamneseerhebung und klinischer Untersuchung bei der Abklärung von Patienten mit V. a. COVID-19-Pneumonie an und ist gut geeignet, die Patienten zu selektionieren, die einer zusätzlichen Bildgebung mittels CT bedürfen. Sowohl CT-basierte [62] als auch ultraschallbasierte [40]

publizierte Triagealgorithmen müssen weiterhin kritisch unter Berücksichtigung der lokalen Pandemiesituation und der vorhandenen Infrastruktur geprüft werden [63].

Aktuell werden internationale Datenbanken und multizentrische Studien eingerichtet, die die verschiedenen bildgebenden Verfahren miteinander vergleichen [39, 64]. Mithilfe der daraus gewonnenen Erkenntnisse können hoffentlich zukünftig Algorithmen für eine optimierte, individuelle Patientenversorgung in verschiedenen Phasen der Pandemie erarbeitet werden.

Fazit für die Praxis

- Die Lungensonographie kann bettseitig unmittelbar nach Anamneseerhebung und klinischer Untersuchung als erstes bildgebendes Verfahren durchgeführt werden.
- Kleine, tragbare „Kitteltaschengeräte“ sind besonders gut geeignet, da sie einfach und sicher desinfiziert werden können.
- Typische Befunde bei Patienten mit COVID-19-Pneumonie sind ein vermehrter Nachweis von B-Linien („interstitielles Syndrom“), entzündliche Veränderungen der Pleura und kleinere und größere Konsolidierungen mit und ohne Bronchoaerogramm.
- Der Befund eines „interstitiellen Syndroms“ ist nicht spezifisch für eine Virus pneumoniae und nur zusammen mit Anamnese und Klinik zu interpretieren.
- Verschmelzende B-Linien bis hin zur „weißen Lunge“ und pneumonische Infiltrate zeigen schwergradigere Veränderungen an.

- Kleine dreiecksförmige Konsolidierungen lassen differenzialdiagnostisch an Lungenembolien denken.
- Veränderungen bei COVID-19 finden sich v. a. basal dorsal und lateral, seltener kranial und ventral.

Korrespondenzadresse



Dr. med. G. Kunze

Klinik für Innere Medizin I,
Schwarzwald-Baar Klinikum
Villingen-Schwenningen
GmbH
Klinikstr. 11, 78052 Villingen-
Schwenningen, Deutschland
georg.kunze@sbk-vs.de

Danksagung. Die Autoren danken Dr. Frank Schmid vom Radiologischen Institut des Schwarzwald-Baar Klinikum Villingen-Schwenningen für die Bereitstellung der in diesem Artikel verwendeten CT-Bilder und die tägliche ausführliche Demonstration mit kritischer, konstruktiver und immer lehrreicher Diskussion der erhobenen Befunde.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. G. Kunze, E. Kovacikova, H. Haller und B. Kumle geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien. Für Bildmaterial oder anderweitige Angaben innerhalb des Manuskripts, über die Patienten zu identifizieren sind, liegt von ihnen und/oder ihren gesetzlichen Vertretern eine schriftliche Einwilligung vor.

Literatur

- Blank W, Mathis G, Osterwalder J (2019) Kursbuch Notfallsonografie, 2. Aufl.
- Rüttermann V (2020) Thoraxsonographie – eine wertvolle Ergänzung der Basisdiagnostik in der zeitnahen ambulanten Abklärung von Husten und Luftnot. *Internist* 61(1):13–20. <https://doi.org/10.1007/s00108-019-00721-y>
- Buonsenso D, Piano A, Raffaelli F et al (2020) Point-of-Care Lung Ultrasound findings in novel coronavirus disease-19 pneumoniae. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 24(5):2776–2780. https://doi.org/10.26355/eurrev_202003_20549
- Huang Y, Wang S, Liu Y et al (2020) A Preliminary Study on the Ultrasonic Manifestations of Peripulmonary Lesions of Non-Critical Novel Coronavirus Pneumonia (COVID-19). *SSRN Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3544750>
- Mojoli F, Mongodi S, Orlando A et al (2020) Our recommendations for acute management of COVID-19. *Crit Care* 24(1):207. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-02930-6>
- Piscaglia F, Stefanini F, Cantisani V et al (2020) Vorteile, offene Fragen und Herausforderungen des Einsatzes von Ultraschall in der Ära der COVID-19-Pandemie. Die Ansichten einer Gruppe von internationalen Experten aus aller Welt. *Ultraschall Med*. <https://doi.org/10.1055/a-1149-9872>
- Soldati G, Smargiassi A, Inchingolo R et al (2020) Is there a role for lung ultrasound during the COVID-19 pandemic? *J Ultrasound Med*. <https://doi.org/10.1002/jum.15284>
- Soldati G, Smargiassi A, Inchingolo R et al (2020) On lung ultrasound patterns specificity in the management of COVID-19 patients. *J Ultrasound Med*. <https://doi.org/10.1002/jum.15326>
- Vetruogno L, Bove T, Orso D et al (2020) 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* 37(4):625–627. <https://doi.org/10.1111/echo.14664>
- Lu W, Zhang S, Chen B et al (2020) Nicht-invasive Beurteilung von pulmonalen Läsionen bei Patienten mit Coronavirus-Erkrankung (COVID-19) durch Ultraschall direkt am Krankenbett. *Ultraschall Med*. <https://doi.org/10.1055/a-1154-8795>
- Peng Q-Y, Wang X-T, Zhang L-N (2020) Findings of lung ultrasonography of novel corona virus pneumonia during the 2019–2020 epidemic. *Intensive Care Med* 46(5):849–850. <https://doi.org/10.1007/s00134-020-05996-6>
- Höpfner M (2020) Covid-19 Thoraxsonographie. <https://covid-sono.com/>. Zugegriffen: 17. Mai 2020
- Point-of-Care Ultrasound Certification Academy™ Point-of-Care Ultrasound (POCUS) COVID-19 Video Resources. <https://www.pocus.org/covid-19-videos/>. Zugegriffen: 17. Mai 2020
- Kalafat E, Yaprak E, Cinar G et al (2020) Lung ultrasound and computed tomographic findings in pregnant woman with COVID-19. *Ultrasound Obstet Gynecol*. <https://doi.org/10.1002/uog.22034>
- Mathis G (Hrsg) (2016) *Bildatlas der Lungen-sonographie*, 6. Aufl. Springer, Berlin, Heidelberg <https://doi.org/10.1007/978-3-662-47536-2>
- Tian S, Hu W, Niu L et al (2020) Pulmonary pathology of early-phase 2019 novel Coronavirus (COVID-19) pneumonia in two patients with lung cancer. *J Thorac Oncol* 15(5):700–704. <https://doi.org/10.1016/j.jtho.2020.02.010>
- Lacy JM, Brooks EG, Akers J et al (2020) COVID-19. *Am J Forensic Med Pathol*. <https://doi.org/10.1097/PAF.0000000000000567>
- Karami P, Naghavi M, Feysi A et al (2020) Mortality of a pregnant patient diagnosed with COVID-19. *Travel Med Infect Dis*. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101665>
- Barton LM, Duval EJ, Stroberg E et al (2020) COVID-19 autopsies, Oklahoma, USA. *Am J Clin Pathol* 153(6):725–733. <https://doi.org/10.1093/AJCP/AQAA062>
- Xu Z, Shi L, Wang Y et al (2020) Pathological findings of COVID-19 associated with acute respiratory distress syndrome. *Lancet Respir Med* 8(4):420–422. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30076-X](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30076-X)
- Menter T, Haslbauer JD, Nienhold R et al (2020) Post-mortem examination of COVID-19 patients reveals diffuse alveolar damage with severe capillary congestion and variegated findings of lungs and other organs suggesting vascular dysfunction. *Histopathology*. <https://doi.org/10.1111/HIS.14134>
- Zeng Z, Xu L, Xie X-Y et al (2020) Pulmonary pathology of early phase COVID-19 pneumonia in a patient with a benign lung lesion. *Histopathology*. <https://doi.org/10.1111/HIS.14138>
- Liu Q, Wang RS, Qu GQ et al (2020) Gross examination report of a COVID-19 death autopsy. *Fa Yi Xue Za Zhi* 36(1):21–23. <https://doi.org/10.12116/j.issn.1004-5619.2020.01.005>
- Smith MJ, Hayward SA, Innes SM et al (2020) Point-of-care lung ultrasound in patients with COVID-19—a narrative review. *Anaesthesia*. <https://doi.org/10.1111/anae.15082>
- Liu Q pers. Mitteilung zu Referenz Nr. 23
- Stock K. https://www.degum.de/fileadmin/dokumente/service/Downloads/Poster_A4-Lungensultraschall-Protokoll_DEGUM_SGUM_OEGM_V3_06042020_Print_digital_NEU.pdf?elqTrackId=6e5d8331362440b385ce7a8b431e5fc6&elqaid=3969&elqat=2. Zugegriffen: 17. Mai 2020
- Basseal J (2017) Guidelines for reprocessing ultrasound transducers. *Aust J Ultrasound Med* 20(1):30–40. <https://doi.org/10.1002/ajum.12042>
- Yue Lee FC, Janssen C, Dietrich CF (2018) A common misunderstanding in lung ultrasound. *Med Ultrason* 20(3):379–384. <https://doi.org/10.1152/mu-1573>
- Soldati G, Demi M, Demi L (2019) Ultrasound patterns of pulmonary edema. *Ann Transl Med* 7(Suppl 1):16. <https://doi.org/10.21037/atm.2019.01.49>
- Dennie C, Hague C, Lim RS et al (2020) Canadian Association of Thoracic Radiology/Canadian Association of Radiologists Consensus Statement Regarding Chest Imaging in Suspected and Confirmed COVID-19. *Can Assoc Radiol J*. <https://doi.org/10.1177/0846537120924606>
- COVID-19 Treatment Guidelines Panel. Coronavirus Diseases 2019 (COVID-19) Treatment Guidelines. <https://www.covid19treatmentguidelines.nih.gov/>. Zugegriffen: 12. Mai 2020
- American College of Radiology (2020) <https://www.acr.org/Advocacy-and-Economics/ACR-Position-Statements/Recommendations-for-Chest-Radiography-and-CT-for-Suspected-COVID19-Infection>. Zugegriffen: 17. Mai 2020
- Centers for Disease Control and Prevention (2020) <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/clinical-guidance-management-patients.html#ab-findings>. Zugegriffen: 11. Mai 2020
- National Health Commission of the People's Republic of China Diagnosis and treatment protocol for COVID-19 (trial version 7). http://en.nhc.gov.cn/2020-03/29/c_78469.htm. Zugegriffen: 17. Mai 2020
- Gandhi RT, Lynch JB, Del Rio C (2020) Mild or moderate Covid-19. *N Engl J Med*. <https://doi.org/10.1056/NEJMcp2009249>
- Seitz K (2016) In memoriam Professor Dr. med. Gerhard Rettenmaier 9. April 1929–7. Dezember 2015. *Z Gastroenterol* 54(2):177. <https://doi.org/10.1055/s-0042-100506>
- Reissig A, Copetti R, Mathis G et al (2012) Lung ultrasound in the diagnosis and follow-up of community-acquired pneumonia. *Chest* 142(4):965–972. <https://doi.org/10.1378/chest.12-0364>
- Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M et al (2012) International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 38(4):577–591. <https://doi.org/10.1007/s00134-012-2513-4>

39. Soldati G, Smargiassi A, Inchingolo R et al (2020) Proposal for international standardization of the use of lung ultrasound for patients with COVID-19. *J Ultrasound Med.* <https://doi.org/10.1002/jum.15285>

40. Stone M (2020) COVID-19 Lung Ultrasound Triage. <https://www.butterflynetwork.com/covid19/role-of-pocus>. Zugegriffen: 14. Mai 2020

41. AWMF Leitlinien-Register Nr. 065/002 Diagnostik und Therapie der Venenthrombose und Lungenembolie 2015. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/065-002l_S2k_VTE_2016-01.pdf. Zugegriffen: 17. Mai 2020

42. Wong HYF, Lam HYS, Fong AH-T et al (2019) Frequency and distribution of chest radiographic findings in COVID-19 positive patients. *Radiology.* <https://doi.org/10.1148/radiol.2020201160>

43. Wu J, Pan J, Teng D et al (2020) Interpretation of CT signs of 2019 novel coronavirus (COVID-19) pneumonia. *Eur Radiol.* <https://doi.org/10.1007/s00330-020-06915-5>

44. Inui S, Fujikawa A, Jitsu M et al (2020) Chest CT findings in cases from the cruise ship "diamond princess" with Coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Radiology* 2(2):e200110. <https://doi.org/10.1148/ryct.2020200110>

45. Caruso D, Zerunian M, Polici M et al (2020) Chest CT Features of COVID-19 in Rome, Italy. *Radiology.* <https://doi.org/10.1148/radiol.2020201237>

46. Hu Q, Guan H, Sun Z et al (2020) Early CT features and temporal lung changes in COVID-19 pneumonia in Wuhan, China. *Eur J Radiol* 128:109017. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.109017>

47. Zhang J, Zhou L, Yang Y et al (2020) Therapeutic and triage strategies for 2019 novel coronavirus disease in fever clinics. *Lancet Respir Med* 8(3):e11–e12. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30071-0](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30071-0)

48. Ai T, Yang Z, Hou H et al (2020) Correlation of Chest CT and RT-PCR testing in Coronavirus disease 2019 (COVID-19) in China. *Radiology.* <https://doi.org/10.1148/radiol.2020200642>

49. Fang Y, Zhang H, Xie J et al (2020) Sensitivity of Chest CT for COVID-19. *Radiology.* <https://doi.org/10.1148/radiol.2020200432>

50. Hope MD, Raptis CA, Shah A et al (2020) A role for CT in COVID-19? What data really tell us so far. *Lancet* 395(10231):1189–1190. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30728-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30728-5)

51. Bernheim A, Mei X, Huang M et al (2020) Chest CT findings in Coronavirus disease-19 (COVID-19). *Radiology.* <https://doi.org/10.1148/radiol.2020200463>

52. Isikbay M, Hope MD, Raptis CA et al (2020) CT on the diamond princess. *Radiol Cardiothorac Imaging* 2(2):e200155. <https://doi.org/10.1148/ryct.2020200155>

53. Guan W-J, Ni Z-Y, Hu Y et al (2020) Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. *N Engl J Med* 382(18):1708–1720. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2002032>

54. Li Y, Xia L (2020) Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *AJR Am J Roentgenol.* <https://doi.org/10.2214/AJR.20.22954>

55. Lohöfer FK, Makowski MR, Kaissis GA et al (2020) CT-Diagnostik bei COVID-19: Nutzen und Limitationen im klinischen Alltag. *Dtsch Arztebl* 117(17):A-876

56. American College of Radiology (ACR) (2020) ACR Recommendations for the use of Chest Radiography and Computed Tomography (CT) for Suspected COVID-19 Infection. <https://www.acr.org/Advocacy-and-Economics/ACR-Position-Statements/Recommendations-for>

Chest-Radiography-and-CT-for-Suspected-COVID19-Infection. Zugegriffen: 13. Mai 2020

57. Canadian Society of Thoracic Radiology Canadian Society of Thoracic Radiology and the Canadian Association of Radiologists' Statement on COVID-19. <https://car.ca/news/canadian-society-of-thoracic-radiology-and-canadian-association-of-radiologists-statement-on-covid-19/>. Zugriff am 13. Mai 2020

58. Deutsche Röntgengesellschaft Information der AG Thoraxdiagnostik der Deutschen Röntgengesellschaft. <https://www.drg.de/de-DE/5995/covid-19/>. Zugriff am 13. Mai 2020

59. Wen Z, Chi Y, Zhang L et al (2020) Coronavirus disease 2019. *Radiol Cardiothorac Imaging* 2(2):e200092. <https://doi.org/10.1148/ryct.2020200092>

60. Rubin GD, Ryerson CJ, Haramati LB et al (2020) The role of chest imaging in patient management during the COVID-19 pandemic. *Radiology.* <https://doi.org/10.1148/radiol.2020201365>

61. Wang YXJ, Liu W-H, Yang M et al (2020) The role of CT for Covid-19 patient's management remains poorly defined. *Ann Transl Med* 8(4):145. <https://doi.org/10.21037/atm.2020.02.71>

62. Dommasch M, Spinner CD (2020) Triagestrategie für COVID-19-Verdachtsfälle bei steigender Patientenzahl. *Notf Rett Med.* <https://doi.org/10.1007/s10049-020-00700-z>

63. Osterwalder J (2020) COVID-19 – mehr Lungen-PoCUS und sparsam mit Stethoskop, Thoraxröntgen und Lungen-CT umgehen. *Praxis.* <https://doi.org/10.1024/1661-8157/a003512>

64. Stock K (2020) Registerstudie „Rolle des bettseitig durchgeführten Lungenultraschalls bei Patienten mit COVID-19-Infektion zur Diagnostik, Therapiekontrolle und als Prognostikum“ (Votum der Ethikkommission TU München 266/20 S.)

Lesetipp



Hilger Siekmann · Dirk Uhlmann · Katharina Bolte
Rüdiger Neef · Oaf Richter · Hrsg.

Ambulanzprotokolle chirurgische Notfälle

Springer

Über 150 Beispiele für die einwandfreie Abfassung von Berichten in einer Notfallambulanz

H. Siekmann, D. Uhlmann, K. Bolte, R. Neef, O. Richter (Hrsg)

Das Verfassen eines formal und inhaltlich korrekten und rechtlich einwandfreien Berichts in einer Notfallambulanz ist in diesem Buch an über 150 beispielhaften Berichten aus der Unfallchirurgie und Orthopädie sowie der Allgemein-, Viszeral-, Gefäß- und Thoraxchirurgie anschaulich dargestellt. Sowohl Berichte zur stationären Aufnahme wie auch solche zur ambulanten Weiterbehandlung haben Platz gefunden. Einführende Kapitel erläutern den systematischen Berichtsaufbau und die rechtlichen Hintergründe sowie fachspezifische Besonderheiten. Zudem bieten die Berichte durch ihre Realitätsnähe vor allem dem Chirurgen in der Weiterbildung die Möglichkeit, sich auf seine Tätigkeit in der Ambulanz vorzubereiten.



QR-Code zum Buch