

Radiologe 2020 · 60:927–933

<https://doi.org/10.1007/s00117-020-00733-y>

Online publiziert: 18. August 2020

© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020

I. Kniep¹ · M. Lutter¹ · A. Ron¹ · C. Edler¹ · K. Püschel¹ · H. Ittrich² · M. Heller¹ · A. Heinemann¹¹ Institut für Rechtsmedizin, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Hamburg, Deutschland² Klinik und Poliklinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie und Nuklearmedizin, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Hamburg, Deutschland

Postmortale Bildgebung der Lunge bei COVID-19-Todesfällen

COVID-19 ist eine neu aufgetretene Viruserkrankung, die mit in der Computertomographie (CT) detektierbaren entzündlichen Lungenveränderungen einhergeht. Welche Rolle dabei der postmortalen Computertomographie (PMCT) zukommt und in welcher Art und Weise sie einen möglichen Beitrag zur Detektion von Todesursachen leisten kann, soll in diesem Artikel dargestellt werden.

Die postmortale Bildgebung ist für diverse forensische Fragestellungen in der Rechtsmedizin bereits an vielen Standorten zur Ergänzung der Obduktion etabliert, wird jedoch bislang weniger zur Klärung von klinisch-pathologischen Fragestellungen eingesetzt. Die PMCT zeigt eine sehr hohe Sensitivität für skeletale Befunde. PMCT und postmortale Magnetresonanztomographie (PMMRT) besitzen eine akzeptable Sensitivität für Weichteil- und Organbefunde [2]. Die postmortale Angiographie kann die Suche nach Blutungsquellen zusätzlich erleichtern [9]. Spezielle Bedeutung hat die PMCT im forensischen Nachweis bei der Detektion von Gasembolien und beim Fremdkörpernachweis. Bei der Todesursachenklärung kann die Obduktion unterstützt werden, wobei sich Limitationen insbesondere bei kardio-vaskulären bzw. thromboembolischen Todesursachen ergeben [3]. Postmortale bildgebende Methoden wurden jedoch bislang nicht systematisch als Screening-Instrument für die Evaluation von Todesfällen im Rahmen einer Viruspandemie eingesetzt.

COVID-19 ist eine neuartige Lungenerkrankung, die mit bildmorphologischen Veränderungen einhergeht, welche mittels CT detektiert werden können [6, 14, 18]. In der aktuellen Pandemiesituation ist es hilfreich, für schnelle therapeutische, aber auch den Infektionsschutz betreffende Entscheidungen die Diagnose einer COVID-19-Erkrankung rasch zu stellen – üblicherweise primär basierend auf virologischer Diagnostik. In der klinischen Situation sollte eine CT nicht primär zur Diagnostik und nicht ohne rechtfertigende Indikation durchgeführt werden [22], auch wenn es Hinweise dafür gibt, dass in bestimmten epidemiologischen Situationen die Thorax-CT eine höhere Sensitivität als eine initiale Reverse-Transkription-Polymerase-Kettenreaktion (RT-PCR) haben kann [18].

Für die postmortale Situation, in der ionisierende Strahlung an einem Leichnam unproblematisch angewendet werden kann und die postmortale Validität virologischer Testung bislang nicht systematisch getestet wurde, könnte die PMCT in klinisch nicht ausreichend geklärten Fällen den Verdacht auf eine COVID-19-Erkrankung erhärten.

Das Institut für Rechtsmedizin des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf wurde im März 2020 von der Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz beauftragt, über 6 Monate ein Monitoring aller COVID-19-Verdachtsfälle in Hamburg durchzuführen. Dazu werden derzeit alle Verstorbenen unabhängig von Sterbeort und Todesart in das Institut gebracht. Es wird regelmäßig eine Obduktion nach § 25 Infektionsschutzge-

setz (IfSG) angeordnet sowie eine native PMCT durchgeführt. Im Anschluss werden virologische sowie immunhistologische, molekularbiologische und neuropathologische Untersuchungen verschiedenster Gewebe durchgeführt. Primäres Ziel ist eine Evaluierung der Todesfälle als COVID-19-assoziiert vs. nicht COVID-19-assoziiert, soweit dies vor dem Hintergrund der parallel exponentiell wachsenden Erkenntnisse zu möglichen Sekundärkomplikationen der zunächst als primäre Lungenerkrankung eingeschätzten Viruserkrankung möglich ist. Gleichzeitig konnte in früheren Studien gezeigt werden, dass sich aus der postmortalen morphologischen, virologischen sowie molekularpathologischen Diagnostik heraus in diesem Fallkollektiv bereits wegweisende Befunde hin zu der inzwischen als Multiorganerkrankung eingeschätzten Infektion erkennen lassen [7, 15, 21].

COVID-19-assoziierte Pneumonie

Eine COVID-19-Pneumonie stellt sich ähnlich den Veränderungen in der antemortalen CT (AMCT) auch in der PMCT in Abhängigkeit vom Verlauf der Erkrankung unterschiedlich dar. So sind auch in der PMCT Milchglastrübungen, Konsolidierungen oder „crazy paving“ typisch auftretende Muster [1]. Wie aus antemortalen Studien bekannt, treten auch in der PMCT in früheren Stadien eher Milchglastrübungen (Abb. 1), im späteren Verlauf vornehmlich Konsolidierungen auf (Abb. 2).

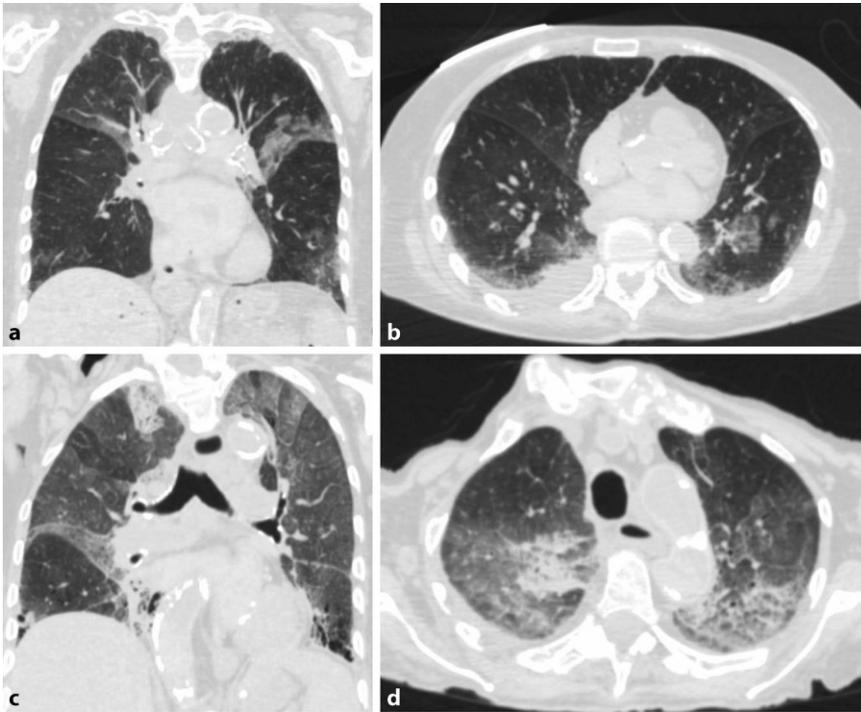


Abb. 1 ▲ Postmortale Computertomographie (PMCT) von COVID-19 im Frühstadium. **a, b** Vereinzelt Milchglasstrübungen v. a. im linken Lungenflügel (Fall 9). **c, d** Noch begrenzte fortschreitende Lungenveränderungen mit bilateralen Milchglasstrübungen und geringen Konsolidierungen (Fall 10; im axialen Bild in den dorsalen Anteilen zusätzliche postmortale Hypostase-Artefakte)

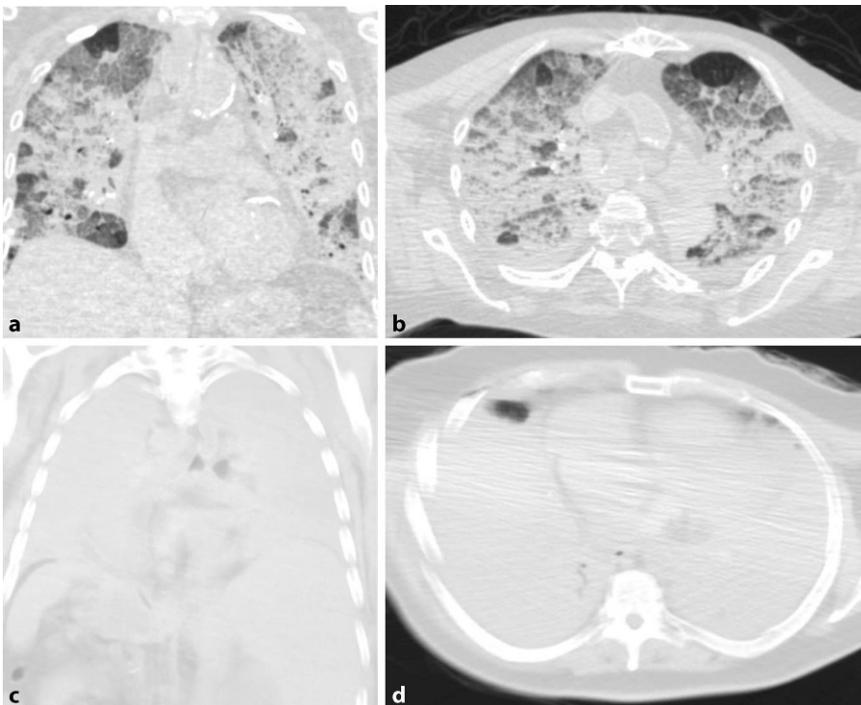


Abb. 2 ▲ Postmortale Computertomographie (PMCT) von COVID-19 im Spätstadium. **a, b** Fortgeschrittenes Stadium mit bilateralen Milchglasstrübungen, retikulären Veränderungen und Konsolidierungen (Fall 11). **c, d** Spätstadium mit fast vollständiger Konsolidierung der Lunge (Fall 12)

Auch der Verlauf von antemortal erhobenen CT-Befunden hin zur PMCT-Darstellung kann sich je nach Zeitdifferenz und durch zusätzliche postmortale Artefakte bedingt sehr unterschiedlich darstellen. So können Frühstadien von Milchglasstrübungen geprägt sein und sich im Verlauf deutlich zu lobulär akzentuierten Crazy-paving-Mustern verstärken (■ Abb. 3). Aber auch Frühstadien ohne nennenswerte Veränderungen können sich im Verlauf zur vollständigen Konsolidierung entwickeln (■ Abb. 4).

Neben soziodemographischen Daten zeigt ■ Tab. 1 einen Überblick über den Schweregrad der Lungenbeteiligung, Komorbiditäten sowie die Todesursache bei positiver Testung auf SARS-CoV-2 in der PCR bei 22 Fällen. Die hier präsentierten Fälle wurden in die Auswertung eingeschlossen, wenn eine ante- und postmortale CT-Bildgebung vorhanden war ($n=8$), im Übrigen bei ausschließlich verfügbarer postmortaler CT-Diagnostik ($n=14$) als konsekutive Serie bei unterschiedlichen bildmorphologischen Lungenveränderungen von bei Obduktion als COVID-19 bestätigten Fällen.

Die Auswertung des Schweregrads der Lungenbeteiligung erfolgte nach Li et al. („Total Severity Score“ [14]). Hierbei wird die Lungenbeteiligung in jedem Lungenlappen prozentual erfasst und einem Wert von 0–4 zugeordnet (0 = 0 %, 1 = 1–25 %, 2 = 26–50 %, 3 = 51–75 %, 4 = 76–100 %). Alle Werte der einzelnen Lungenlappen summiert ergeben einen Gesamtscore zwischen 0 und 20, wobei ein höherer Gesamtscore mit einer schwerwiegenderen Lungenbeteiligung einhergeht. Der Mittelwert lag in dieser Fallgruppe bei 18,0 (Standardabweichung 3,73), die Streubreite zwischen 5–20, wobei der Wert 5 sich als ein isolierter Ausreißer nach unten darstellt (Fall 9). In diesem Fall existierte im Gegensatz zu den anderen Fällen eine lokalisiertere Pneumonie. Im Vergleich dazu zeigt eine klinische Studie von Chung et al. [6] bei der Beurteilung von typischen CT-Befunden von Patienten mit SARS-CoV-2 einen wesentlich niedrigeren TSS-Mittelwert von 9,9 (Streubreite 0–19).

Postmortale Artefakte

Postmortale Artefakte tragen dazu bei, dass klinisch-radiologische Erfahrungen in der deskriptiven Beurteilung der Lunge durch Schnittbildgebung nicht analog auf die Beurteilung des PMCT übertragen werden können. Im Lungengewebe kommt es post mortem zu einer hypostasebedingten Konsolidierung der abhängigen Lungenpartien, also v. a. der dorsalen Anteile. Im frühen PMCT existiert oft bereits eine artifizielle Milchglasstrübung dorsaler Lungenpartien sowie auch an den dorsalen Lappengrenzen, die mit ante mortem bestehenden Lungenpathologien verwechselt werden können. Dabei kommt es durch Flüssigkeitseinlagerungen auch zu einer Betonung der Interlobulärsepten. Die Veränderungen können in den dorsalen Arealen die Abgrenzung zu einer interstitiellen Pneumonie erheblich erschweren, wenn auch durch die Hypostase weniger eine fokale Herdbildung, sondern regelmäßig eine in Rückenlage des Leichnams horizontal ausgerichtete Formation nach Art einer Spiegelbildung typisch ist [4, 8, 11, 16, 19]. Fall 10 (Abb. 1) zeigt eine solche Überlagerung im linken Lungenflügel; die Veränderungen rechts dagegen sind untypisch für eine Artefaktbildung.

Schließlich kann es postmortal zu einer Zunahme von Pleuraergüssen kommen [12], wodurch ein weiteres Charakteristikum COVID-19-bezogener Pneumonien in der PMCT-Diagnostik in seiner Aussagekraft eingeschränkt wird – jedoch ist die Virus Pneumonie in zahlreichen Todesfällen aufgrund der vorausgehenden komplizierten klinischen Verläufe bereits mit einer bakteriellen Mischflora überlagert, sodass sich auch deswegen Überlagerungen der radiologischen Zeichen von Virus- und Bronchopneumonien ergeben.

Die Artefaktbildungen können also je nach Fall das bildmorphologische Korrelat deutlich beeinflussen – aufgrund der insgesamt zum Todeszeitpunkt aber oft massiv fortgeschrittenen und vor allem generalisierten Konsolidierungen ergibt sich jedoch zumeist eine richtungsweisende Interpretation im Hinblick auf eine bereits antemortal bestehende Lungenpathologie.

Radiologe 2020 · 60:927–933 <https://doi.org/10.1007/s00117-020-00733-y>
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020

I. Kniep · M. Lutter · A. Ron · C. Edler · K. Püschel · H. Ittrich · M. Heller · A. Heinemann

Postmortale Bildgebung der Lunge bei COVID-19-Todesfällen

Zusammenfassung

Klinisches/methodisches Problem. COVID-19 ist eine neu aufgetretene Viruserkrankung, die mit in der Computertomographie (CT) detektierbaren entzündlichen Lungenveränderungen einhergeht. Bislang wurde die postmortale CT (PMCT) nicht als Screening-Instrument für die Evaluation von Todesfällen mit und ohne Obduktion eingesetzt, insofern ist ihre Validität im Abgleich mit klinisch-radiologischen Erfahrungen zu prüfen.

Radiologische Standardverfahren.

Postmortale Computertomographie

Methodische Innovationen. Die PMCT ist als methodische Innovation anzusehen, die für Pneumonien noch nicht ausreichend evaluiert ist.

Leistungsfähigkeit. Die CT hat im klinischen Alltag eine hohe Sensitivität für eine Pneumonie. Es wird geprüft, inwieweit

postmortale Artefakte die PMCT in ihrer Aussagekraft beeinträchtigen.

Bewertung. Noch gibt es kein standardisiertes Vorgehen bei der postmortalen radiologischen CT-Diagnose einer COVID-19-Erkrankung. Trotz postmortaler Artefakte kann das PMCT wertvolle Hinweise auf das Vorliegen einer Pneumonie mit interstitiellem Charakter geben, gerade ohne Obduktion.

Empfehlung für die Praxis. Die PMCT ist bei v. a. COVID-19-Pneumonie zur bildmorphologischen Einschätzung im Rahmen eines Monitorings von Todesfällen in der aktuellen Pandemiesituation sinnvoll.

Schlüsselwörter

SARS-CoV-2 · Postmortale Computertomographie · Pneumonie · Screening · Pandemie

Postmortem imaging of the lung in cases of COVID-19 deaths

Abstract

Clinical/methodological issue. COVID-19 is a new viral disease that is associated with inflammatory pulmonary changes which can be detected in computed tomography (CT). So far postmortem CT (PMCT) has not been used as a screening instrument for the evaluation of deaths with and without autopsy. In this respect, its validity has to be proved in comparison to clinical–radiological experiences.

Standard radiological methods. Postmortem CT

Methodical Innovations. So far, PMCT can be regarded as a methodological innovation that has not yet been sufficiently evaluated for pneumonia.

Performance. CT in clinical routine has a high sensitivity for pneumonia. However, to what extent postmortem artifacts are relevant to PMCT still has to be determined.

Achievements. There is still no standard procedure for the postmortem radiological diagnosis of COVID-19 disease. Despite postmortem artifacts, PMCT can provide valuable information about the presence of pneumonia with interstitial character, especially without autopsy.

Practical recommendations. PMCT is particularly useful in the assessment of suspected cases of COVID-19 pneumonia for morphological assessment in the context of monitoring deaths in the current pandemic situation.

Keywords

SARS-CoV-2 · Postmortem computed tomography · Pneumonia · Screening · Pandemics

Nichtpulmonale Todesursachen bei COVID-19

Die Ergebnisse in Tab. 1 zeigen, dass neben der Pneumonie als Todesursache auch Lungenarterienembolien gehäuft auftreten. Dies deckt sich mit inzwischen zahlreichen neuen Beobachtungen zur Assoziation thromboembolischer Kom-

plikationen in Obduktionsserien [7, 21] sowie klinischen Studien [13, 17], die zeigen konnten, dass trotz angewandter prophylaktischer Antikoagulation bei Verstorbenen mit einer COVID-19-Erkrankung Thrombosen in den Lungenarterien auftreten und zum Tod führen können. Radiologisch wiesen Grillet et al. [10] eine hohe Prävalenz an

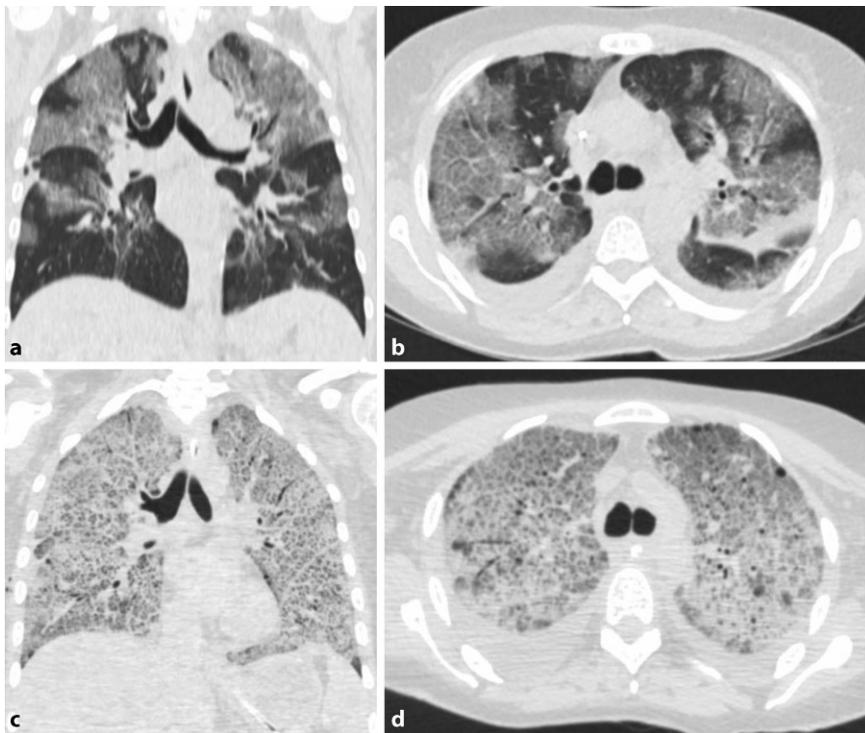


Abb. 3 ▲ Vergleich der antemortalen und postmortalen Computertomographie (AMCT/PMCT) von COVID-19 (Fall 3). **a, b** AMCT mit bilateralen Milchglastrübungen und retikulären Veränderungen. **c, d** PMCT mit ausgeprägtem Crazy-paving-Muster

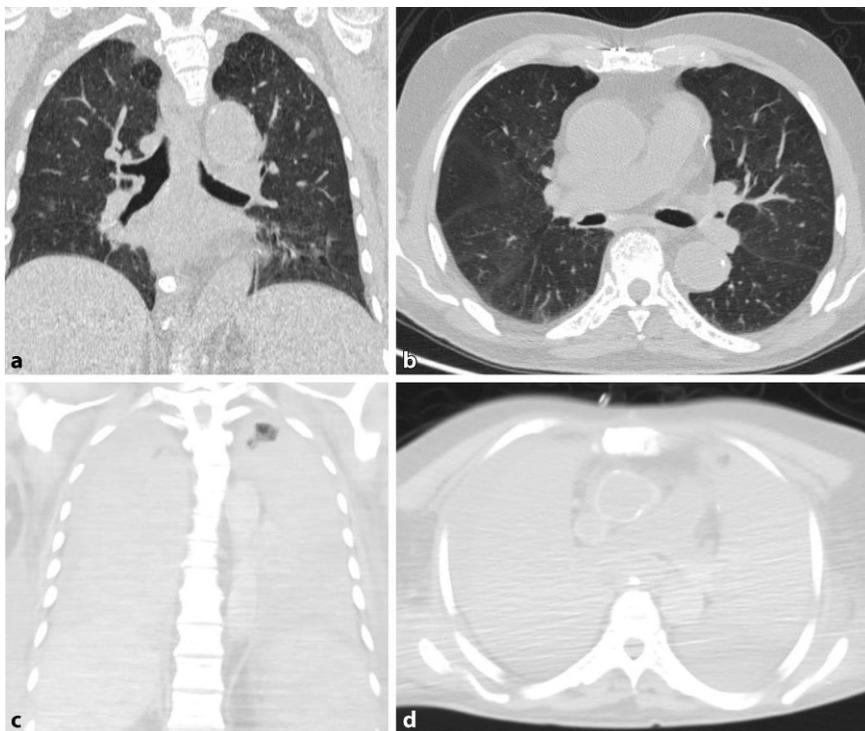


Abb. 4 ▲ Vergleich der antemortalen und postmortalen Computertomographie (AMCT/PMCT) von COVID-19 (Fall 1). **a, b** AMCT ohne relevante Lungenveränderungen. **c, d** PMCT mit vollständiger Konsolidierung

Lungenarterienembolien bei Patienten mit COVID-19 nach.

In der postmortalen nativen CT konnten im Vergleich zur klassischen Obduktion in den Lungenarterien Thromben, die für eine ante mortem entstandene Lungenarterienembolie (LAE) sprechen, nicht sicher abgegrenzt werden (**Abb. 5**). Bei anderen Organen (insbesondere Herz, Nieren, Zentralnervensystem) sind bislang keine bildmorphologisch fassbaren pathologischen Veränderungen durch SARS CoV-2 in der postmortalen Diagnostik beschrieben, was durch die vorliegende Serie bestätigt wird. Somit liegt der Fokus der PMCT im Rahmen der COVID-19-Beurteilung auf der Bildmorphologie der Lunge.

Was somit in zukünftigen Studien untersucht werden sollte, ist die Darstellung des Gefäßsystems, insbesondere der Pulmonalarterien, mittels einer postmortalen Angiographie, um mögliche Lungenarterienembolien auch in der CT sicher darstellen zu können.

Bedeutung und Funktion der PMCT

Die Besonderheit einer postmortalen Computertomographie in dieser besonderen Pandemiesituation liegt darin, dass sie für den Obduzenten ein Wegweiser für die Obduktionsentscheidung sein kann. So kann bei unauffälligem Lungenbefund eine COVID-19-Erkrankung – insbesondere in der postmortalen Situation – mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden, falls (noch) kein PCR-Ergebnis vorliegt. Aber auch bei vorliegendem virologischem Test kann mittels CT eine mögliche andere konkurrierende Todesursache neben einer SARS-CoV-2-Infektion detektiert werden.

Auch in Fällen einer Obduktionsverweigerung durch Angehörige kann die Computertomographie einen wertvollen Beitrag zu möglichen todesursächlichen Diagnosen leisten. Was die CT darüber hinaus sehr interessant macht, ist die Möglichkeit der navigierten In-situ-Probeentnahme (Histologie, Mikrobiologie); die minimal-invasive Diagnostik erhöht die diagnostische Effizienz der

Tab. 1 Verteilung der Stadien im Fallkollektiv der postmortalen Computertomographie (PMCT)

Fallnr.	Geschlecht	Alter	Komorbidität	Todesursache (Obduktion)	TSS im PMCT
1	m	80	Primäre Myelofibrose, V. a. sek. AML, Polyneuropathie, KHK, Z. n. ACVB, art. HT, V. a. Haut-Tbc li US, Z. n. Tbc, BPH	LAE bei Covid-19-Pneumonie	20
2	m	61	ICD, Sarkoidose, DM Typ II, art. HT	Intrazerebrale Blutung bei COVID-19-Pneumonie	18
3	f	59	Myelom, Neutropenie	SARS-CoV-2-bedingte Pneumonie	20
4	m	47	ALL	Pneumonie, Sepsis, COVID-19	20
5	f	71	Primäre Myelofibrose, DM Typ II	Pneumonie bei SARS-CoV-2-Infektion	20
6	f	84	MTX-Überdosierung bei RA, CML mit Panzytopenie, COPD, Osteoporose	MOV bei Pneumonie durch SARS-CoV-2-Infektion	16
7	f	71	Renale Anämie, art. HT, chr. NI, sek. HPT, Z. n. NTX	MOV bei COVID-19 Pneumonie	20
8	m	31	Keimzelltumor, multipel metastasiert	COVID-19-Pneumonie bei metastasiertem Tumor	18
9	f	87	Arteriosklerose, 3-Gefäß-KHK, COPD, art. HT, metastasiertes Uteruskarzinom	Todesursache nicht weiter zu klären	5
10	f	94	CLL, Demenz, Kachexie, Z. n. Plattenepithelkarzinom	Pneumonie bei SARS-CoV-2-Nachweis und frischerer Beckenfraktur	18
11	f	84	Z. n. Stammganglienblutung, Z. n. Apoplex, Z. n. AKE, art. HT, DM Typ II	Keine Sektion, ^a COVID-19 todesursächlich	20
12	m	76	Art. HT, COPD	Ausgedehnte LAE und Pneumonie (keine typische COVID-19-Pneumonie)	20
13	m	60	Lewy-Körperchen-Demenz, M. Parkinson	COVID-19-Pneumonie	16
14	f	77	Metastasiertes Nierenzell-Ca, Z. n. akutem Nierenversagen	Keine Sektion, ^a COVID-19 todesursächlich	20
15	m	60	VHF, Z. n. Beinvenenthrombose, hypoxische Enzephalopathie	Keine Sektion, ^a COVID-19 todesursächlich	20
16	m	79	Z. n. ICB, Z. n. Ösophagus-Ca, Z. n. Prostata-Ca, DM Typ II, art. HT, KHK	Keine Sektion, ^a COVID-19 todesursächlich	10
17	m	66	3-Gefäß-KHK, Anthrakose	Pneumonie bei SARS CoV-2-Infektion	20
18	f	54	Schluckstörung, Trisomie 21, Epilepsie, Demenz	Pneumonie bei SARS-CoV-2-Infektion und Aspirationspneumonie	15
19	m	82	M. Parkinson, DM Typ II, KHK mit Z. n. ACVB 2013, Z. n. Cholezystektomie	Pneumonie bei SARS CoV-2-Infektion	20
20	f	75	Nicht bekannt	Fulminante LAE beidseits bei SARS CoV-2-Infektion	20
21	m	75	Niereninsuffizienz, VHF, art. HT, Hyperlipoproteinämie	LAE bei COVID-19-Pneumonie	20
22	m	52	Keine bekannten Vorerkrankungen	LAE	20

PM postmortal, TSS Total Severity Score, f female, m male, sek. sekundär, art. Arteriell, AML akute myeloische Leukämie, KHK koronare Herzkrankheit, ACVB aortokoronarer Venenbypass, HT Hypertonus, Tbc Tuberkulose, US Unterschenkel, BPH benigne Prostatahyperplasie, ICD implantierbare Kardioverter-Defibrillator, DM Diabetes mellitus, ALL akute lymphatische Leukämie, MTX Methotrexat, RA rheumatoide Arthritis, CML chronisch-myeloische Leukämie, COPD chronisch-obstruktive Lungenerkrankung, NI Niereninsuffizienz, HPT Hyperparathyreoidismus, NTX Nierentransplantation, CLL chronisch-lymphatische Leukämie, VHF Vorhofflimmern, ICB intrazerebrale Blutung, Prostata-Ca Prostatakarzinom

^aKlinische Beurteilung der Todesursache

nativen postmortalen Bildgebung nachweislich erheblich [2].

Diskussion

In einem Sterbekollektiv mit nachgewiesener SARS-CoV-2-Infektion sind Fälle, die *an* einer COVID-19-Infektion verstorben sind, zu unterscheiden von solchen, die *bei* einer Virusinfektion oh-

ne unmittelbar todesursächliche Kausalität, sondern aus anderen Gründen starben [7]. Dabei ist derzeit die Evaluierung der Todesfälle als COVID-19-assoziiert vs. nicht COVID-19-assoziiert mitunter eine Entscheidung ohne eindeutige Abgrenzungslinie angesichts oftmals multikausaler Verläufe von bereits vorab schwerkranken Patienten. Ein weiteres Problem der Zuschreibung zeigt sich bei

längeren Verläufen nach Sekundärkomplikationen – insbesondere auch, solange die Inzidenz und die Mortalität möglicher Spätfolgen der Erkrankung noch nicht ausreichend bekannt sind.

In einer Pandemiesituation wie der aktuellen ist es aufgrund der während des epidemiologischen Höhepunkts hohen Fallzahl schwer, alle SARS-CoV-2-positiven Todesfälle – insbesonde-

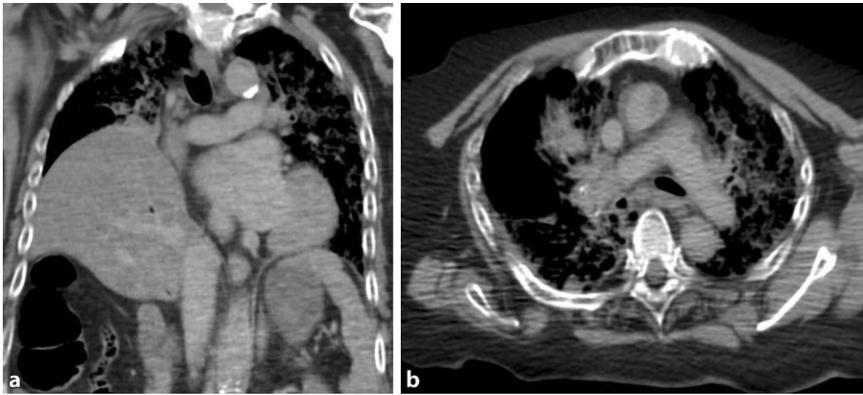


Abb. 5 ▲ Lungenarterienembolie (bekannt aus Obduktion) bei COVID-19 in der nativen postmortalen Computertomographie (PMCT) bildmorphologisch nicht detektierbar (Fall 20). **a** coronar. **b** transversal

re nichthospitalisierte – zu erkennen und systematisch zu obduzieren. Einen wichtigen Schritt für die Zuordnung kann dabei die PMCT als ein Screening-Instrument leisten, das dazu beiträgt, die Lungenbefunde vor einer möglichen Obduktion einzuordnen, eine postmortale virologische Diagnostik zu initiieren oder eine Klassifikation auch ohne Obduktion vorzunehmen. Letzteres hat besonders in Initialphasen neuartiger Viruserkrankungen mit noch in Entwicklung befindlichen Infektionsschutzkonzepten besondere Bedeutung, da in vielen Ländern (und anfangs auch durch das Robert Koch-Institut in Deutschland) von der Durchführung von Obduktionen abgeraten wurde. In Deutschland haben die Gesundheitsbehörden von der Möglichkeit der Obduktion nach Infektionsschutzgesetz nur ausnahmsweise Gebrauch gemacht, sodass sich die frühe Entscheidung der Hamburger Gesundheitsbehörde für ein systematisches Vorgehen als Besonderheit darstellt. Die native PMCT kann dabei im Gegensatz zu virologischen, immunhistologischen, molekularbiologischen und neuropathologischen Untersuchungen allerdings keine bildmorphologisch sichtbaren pathologischen Veränderungen anderer Organe, die einen Zusammenhang mit SARS-CoV-2 haben könnten, abgrenzen.

Wie Wichmann et al. [21] darstellen konnten, zeigte eine Mehrzahl an post mortem Obduzierten mit einer SARS-CoV-2-Infektion in der Lunge einen diffusen Alveolarschaden (67%). Darüber hinaus konnte bei vielen Verstorbenen mit COVID-19 eine tiefe Beinvenen-

thrombose festgestellt werden (58%). Ein Drittel der Patienten verstarb an einer Lungenarterienembolie. In Studien aus China [5, 20] wurden neben Lungenentzündungen auch organübergreifend systematische Entzündungen gefunden, die bei Hochrisikopatienten ein Multiorganversagen nach sich ziehen können. Darüber hinaus stellten akutes Lungenversagen (ARDS), Arrhythmien, akutes Herzversagen, Sepsis sowie eine Schocksymptomatik die häufigsten kritischen Komplikationen bei Exazerbation von COVID-19 dar.

Limitationen der aktuellen Untersuchung liegen in der geringen Fallzahl sowie in der erschwerten Beurteilung anderer Organe neben der Lunge in der nativen PMCT.

In zukünftigen Studien sollte die Darstellung des Gefäßsystems, insbesondere der Pulmonalarterien, durch eine postmortale Angiographie einbezogen werden, um mögliche Lungenarterienembolien auch in der CT sowie darüber hinaus mögliche Infarkte oder Veränderungen anderer Organe, die ohne Kontrastmittel nicht sichtbar sind, sicher darstellen zu können. Für die Anwendung dieser mittlerweile etablierten Methode [9] müssen allerdings aufgrund der Invasivität gleiche Infektionsschutzkriterien gelten wie für Obduktionen.

Fazit für die Praxis

- Die postmortale Computertomographie (PMCT) ist – unter Beachtung von artefaktbedingten Limitationen – für eine postmortale Diagnostik

fortgeschrittener Pneumonien geeignet.

- Bei fehlender Obduktion ist die PMCT neben der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) für ein effizientes epidemiologisch ausgerichtetes Monitoring in Pandemiesituationen eine potenzielle weitere diagnostische Option; sie ist dabei allerdings bei hohen Fallzahlen von ihrer ständigen Verfügbarkeit in Pathologie oder Rechtsmedizin abhängig.
- Eine postmortale virologische SARS-CoV-2-Diagnostik kann ggf. auf Basis von Verdachtsbefunden in der PMCT eingeleitet werden.

Korrespondenzadresse



Dr. med. I. Kniep
Institut für Rechtsmedizin,
Universitätsklinikum
Hamburg-Eppendorf
Butenfeld 34, 22529 Ham-
burg, Deutschland
i.kniep@uke.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. I. Kniep, M. Lutter, A. Ron, C. Edler, K. Püschel, H. Ittrich, M. Heller und A. Heinemann 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.

Literatur

1. AG Thoraxdiagnostik der Deutschen Röntgen-gesellschaft. (2020) <https://www.drg.de/de-DE/5995/covid-19/>. Zugegriffen: 25. Mai 2020
2. Ampanozi G, Halbheer D, Ebert LC, Thali M (2020) Postmortem imaging findings and cause of death determination compared with autopsy: a systematic review of diagnostic test accuracy and meta-analysis. *Int J Legal Med.* <https://doi.org/10.1007/s00414-019-02140-y>
3. Blokker BM, Wagenveld IM, Weustink AC, Oosterhuis JW, Hunink MG (2016) Non-invasive or minimally invasive autopsy compared to conventional autopsy of suspected natural deaths in adults: a systematic review. *Eur Radiol.* <https://doi.org/10.1007/s00330-015-3908-8>
4. Charlier P, Carlier R, Roffi F, Ezra J, Chaillot PF, Duchat F, Huynh-Charlier I, Lorin de la Grandmaison G (2012) Postmortem abdominal CT: Assessing normal cadaveric modifications and pathological processes. *Eur J Radiol.* <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2011.01.054>

5. Chen T, Wu D, Chen H, Yan W, Yang D, Chen G, Ma K, Xu D, Yu H, Wang H, Wang T, Guo W, Chen J, Ding C, Zhang X, Huang J, Han M, Li S, Luo X, Zhao J, Ning Q (2020) Clinical characteristics of 113 deceased patients with coronavirus disease 2019: retrospective study. *BMJ*. <https://doi.org/10.1136/bmj.m1091>
6. Chung M, Bernheim A, Mei X, Zhang N, Huang M, Zeng X, Cui J, Xu W, Yang Y, Fayad ZA, Jacobi A, Li K, Li S, Shan H (2020) CT imaging features of 2019 novel Coronavirus (2019-ncov). *Radiology*. <https://doi.org/10.1148/radiol.202002230>
7. Edler C, Schröder AS, Aepfelbacher M, Fitzek A, Heinemann A, Heinrich F, Klein A, Langenwalder F, Lütgehetmann M, Meißner K, Püschel K, Schädler J, Steurer S, Mushumba H, Spherhake JP (2020) Dying with SARS-CoV-2 infection—an autopsy study of the first consecutive 80 cases in Hamburg, Germany. *Int J Legal Med*. <https://doi.org/10.1007/s00414-020-02317-w>
8. Filograna L, Thali MJ (2017) Post-mortem CT imaging of the lungs: pathological versus non-pathological findings. *Radiol Med*. <https://doi.org/10.1007/s11547-017-0802-2>
9. Grabherr S, Heinemann A, Vogel H, Rutty G, Morgan B, Woźniak K, Deduit F, Fischer F, Lochner S, Wittig H, Guglielmi G, Eplinius F, Michaud K, Palmiere C, Chevallier C, Mangin P, Grimm JM (2018) Postmortem CT angiography compared with autopsy: a forensic multicenter study. *Radiology*. <https://doi.org/10.1148/radiol.2018170559>
10. Grillet F, Behr J, Calame P, Aubry S, Delaubrouse E (2020) Acute pulmonary embolism associated with COVID-19 pneumonia detected by pulmonary CT angiography. *Radiology*. <https://doi.org/10.1148/radiol.202001544>
11. Hasegawa I, Nushida H, Vogel H, Püschel KOM (2010) Postmortem change observed in sequential scanning. *Jpn J Forensic Pathol* 16:97–102
12. Hyodoh H, Shimizu J, Rokukawa M, Okazaki S, Mizuo K, Watanabe S (2016) Postmortem computed tomography findings in the thorax—Experimental evaluation. *Leg Med*. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2015.07.015>
13. Lax SF, Skok K, Zechner P, Kessler HH, Kaufmann N, Koelbinger C, Vander K, Bargfrieder U, Trauner M (2020) Pulmonary arterial thrombosis in COVID-19 with fatal outcome: results from a prospective, single-center, clinicopathologic case series. *Ann Intern Med*. <https://doi.org/10.7326/M20-2566>
14. Li K, Fang Y, Li W, Pan C, Qin P, Zhong Y, Liu X, Huang M, Liao Y, Li S (2020) CT image quantitative evaluation and clinical classification of coronavirus disease (COVID-19). *Eur Radiol*. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-06817-6>
15. Puelles VG, Lütgehetmann M, Lindenmeyer MT, Spherhake JP, Wong MN, Allweiss L, Chilla S, Heinemann A, Wanner N, Liu S, Braun F, Lu S, Pfefferle S, Schröder AS, Edler C, Gross O, Glatzel M, Wichmann D, Wietz T, Kluge S, Püschel K, Aepfelbacher M, Huber TB (2020) Multiorgan and renal tropism of SARS-coV-2. *N Engl J Med*. <https://doi.org/10.1056/2FNEJMc2011400>
16. Shiotani S, Kobayashi T, Hayakawa H, Kikuchi K, Kohno M (2011) Postmortem pulmonary edema: a comparison between immediate and delayed postmortem computed tomography. *Leg Med*. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2010.12.008>
17. Tang N, Li D, Wang X, Sun Z (2020) Abnormal coagulation parameters are associated with poor prognosis in patients with novel coronavirus pneumonia. *J Thromb Haemost*. <https://doi.org/10.1111/jth.14768>
18. Tao A, Zhenlu Y, Hongyan H, Chenao Z, Chong C, Whenzi L, Qian T, Ziyong S, Liming X (2020) Correlation of chest CT and RT-PCR testing in Coronavirus disease 2019 (COVID-19) in China: a report of 1014 cases. *Radiology*. <https://doi.org/10.1148/radiol.20200642>
19. Wagensveld IM, Blokker BM, Wielopolski PA, Renken NS, Krestin GP, Hunink MG, Oosterhuis JW, Weustink AC (2017) Total-body CT and MR features of postmortem change in in-hospital deaths. *PlosOne*. <https://doi.org/10.1371/2Fjournal.pone.0185115>
20. Wang D, Hu B, Hu C, Zhu F, Liu X, Zhang J, Wang B, Xiang H, Cheng Z, Xiong Y, Zhao Y, Li Y, Wang X, Peng Z (2020) Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus infected pneumonia in Wuhan, China. *JAMA*. <https://doi.org/10.1001/2Fjama.2020.1585>
21. Wichmann D, Spherhake JP, Lütgehetmann M, Steurer S, Edler C, Heinemann A, Heinrich F, Mushumba H, Kniep I, Schröder AS, Burdelski C, de Heer G, Nierhaus A, Frings D, Pfefferle S, Becker H, Brederke-Wiedling H, de Weerth A, Paschen HR, Sheikhzadeh-Eggers S, Stang A, Schmiedel S, Bokemeyer C, Addo MM, Aepfelbacher M, Püschel K, Kluge S (2020) Autopsy findings and venous thromboembolism in patients with Covid-19. A prospective cohort study. *Ann Intern Med*. <https://doi.org/10.7326/M20-2003>
22. Zylka-Menhorn V (2020) Radiologie und Covid-19: Ein Lungen-CT nicht ohne rechtfertigende Indikation. *Dtsch Arztebl* 117(17):A-872/B-732

Radio-Onko Update Livestream: Innovativ und flexibel

13. und 14. November aus Berlin

Umfangreiches Update-Wissen in schwierigen Zeiten: Erstmals können sich interessierte Ärzte für das komplette Radioonkologie-Update-Seminar zum innovativen Livestream anmelden. Seien Sie LIVE dabei, bequem von zu Hause oder aus der Klinik! Die Interaktivität wird durch einen Livechat ermöglicht und die Zertifizierung ist beantragt, sodass Sie auch bei virtueller Teilnahme Ihre wichtigen CME-Punkte erhalten.

Das Update-Konzept: Die wichtigsten Neuerungen des vergangenen Jahres aus der Radioonkologie werden unter der wissenschaftlichen Leitung von Prof. Dr. Simone Marnitz (Köln), Prof. Dr. Stephanie E. Combs (München) und Prof. Dr. Cordula Petersen (Hamburg) kritisch selektiert, analysiert und zusammengefasst. Die Relevanz für den Klinik- und Praxisalltag der Ärzte steht dabei im Vordergrund und der ausführlichen Diskussion über den Livechat mit den Referenten wird viel Raum gegeben.

In diesem Jahr werden neben den Kerngebieten der Radioonkologie die Hot Topics »Medizinphysik – Klinische Implikationen«, »Sarkome«, »Gutartige Erkrankungen« und »Ernährung in der Onkologie« vorgestellt.

Zum Gesamtpaket der Teilnahme gehören neben den umfangreichen Seminarunterlagen als eBook der Download aller Vortragspräsentationen und die Vorträge im Nachgang als Video-on-Demand auf der Videoplattform »streamed-up.com«.

Weitere Informationen zu Programm, Referenten und zur Anmeldung: radio-onko-update.com

Veranstalter:
med update GmbH
Hagenauer Straße 53
65203 Wiesbaden

