

Long-COVID-Pathomechanismen, Risikofaktoren und Management

Zusammenfassung

SARS-CoV-2 hat tiefgreifende Auswirkungen auf das Leben und die Gesundheit der Menschen weltweit. Symptome können nicht nur nach einer akuten Infektion mit schwerem Verlauf, sondern auch nach sehr mildem Verlauf persistieren. Long-COVID betrifft – so wie akutes COVID-19 – verschiedene Organe wie zum Beispiel die Atemwege, Herz, Gefäße, Gehirn, Nerven, Magen-Darm-Trakt, Muskeln, Milz, Niere, Leber, Bauchspeicheldrüse, Organe mit endokrinen Funktionen (s. LaborAktuell „COVID-19-Effekte auf das endokrine System“) und kann auch zu Haarausfall und Hautveränderungen führen. Die häufigsten Symptome sind Fatigue, Luftnot, Herzbeschwerden, Kognitionsstörungen (Brain Fog), Schlafstörungen, Symptome einer posttraumatischen Belastungsstörung, Muskelschmerzen, Konzentrationsprobleme und Kopfschmerzen.

Hintergrund und Definition

Bis Mitte Mai 2022 wurden über 500 Mio. Infektionen und über 6 Mio. Todesfälle im Zusammenhang mit COVID-19 durch die WHO registriert. Das klinische Spektrum von COVID-19 umfasst asymptomati-

sche bis tödliche Verläufe. SARS-CoV-2 tritt in Zellen über den ACE2-Rezeptor (Angiotensin Converting Enzyme 2) ein. Intrazellulär reift und vermehrt sich das Virus. Dabei löst es eine Entzündungsreaktion aus und lockt aktivierte Immunzellen durch Zytokine an. Der ACE2-Rezeptor ist nicht nur auf den Schleimhäuten von Rachen, Nase und Atemwegen präsent, sondern auch in Lunge, Herz, Magen-Darm-Trakt, Leber, Nieren, Milz, Gehirn sowie ubiquitär auf Endothelzellen von Arterien und Venen. Aufgrund dessen ist COVID-19 als Multiorganerkrankung zu verstehen.

Die bisherigen Auswirkungen von COVID-19 sind unvergleichlich, Langzeitsymptome könnten einen zusätzlichen verheerenden Effekt haben. Zu Langzeitsymptomen der Omikron-Variante liegen bisher ungenügende Kenntnisse vor. Eine Bandbreite von Symptomen bleibt oder entsteht nach der akuten Infektion bei vielen COVID-19-Patienten. Long-COVID umfasst das in der internationalen Literatur beschriebene fortwährend symptomatische COVID-19 und das Post-COVID-19-Syndrom. Long-COVID ist definiert als Persistenz oder Neuauftreten von Symptomen jenseits der vierten Woche

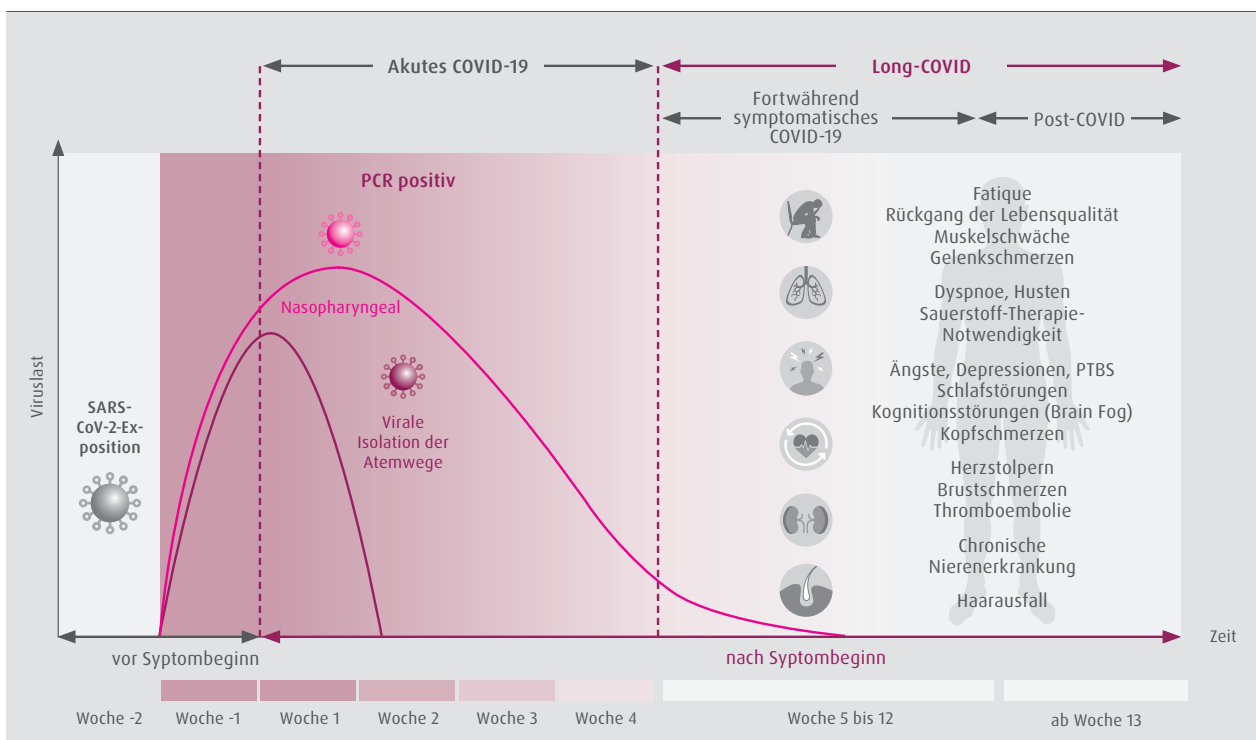


Abb. 1: Long-COVID – Zeitleiste und betroffene Organe. Quelle: Nalbandian et al. (Nat Med 4/2021), modifiziert v. Prof. Dr. med. W. Kalka-Moll

nach initialer SARS-CoV-2-Infektion, die nicht auf andere Ursachen zurückgeführt werden können. Die Definition des Post-COVID-Syndroms unterliegt fortlaufenden Erkenntnissen. Gemäß der letzten Konsensus-Definition der WHO ist von Post-COVID auszugehen, wenn nach drei Monaten nach bestätigter oder wahrscheinlicher SARS-CoV-2-Infektion Beschwerden auftreten, die über mindestens 2 Monate andauern. Die Beschwerden können fluktuieren und sind nicht durch andere Diagnosen zu erklären.

Epidemiologie

COVID-19-Inzidenzen und -Mortalitätsraten werden je nach Population, Diagnosekriterien, Meldesystem und Leistungsfähigkeit des Gesundheitssystems von Land zu Land unterschiedlich angegeben. Dies betrifft ebenso Long-COVID. In einer britischen Studie wurde beispielsweise eine Häufigkeit von 37 % zwischen 3 und 6 Monaten nach Akutinfektion genannt, in einer deutschen Studie zu persistierenden Beschwerden nach drei Monaten hingegen eine Häufigkeit von 62 %. Diese Zahlen sind erschreckend für Patienten, das Gesundheitssystem und die Wirtschaft. Falls in Deutschland lediglich 15 % der bis zum Auftreten der Omikron-Variante Ende 2021 ca. 5 Mio. SARS-CoV-2-Infizierten Long-COVID entwickeln, würde dies 800.000 Menschen betreffen. Zum Vergleich: Jedes Jahr erkranken in Deutschland 600.000 Menschen neu an Diabetes. Inzwischen haben sich in Deutschland ungefähr 25 Mio. Menschen mit SARS-CoV-2 infiziert. Ungeklärt bleibt der Einfluss der Omikron-Variante auf die Entwicklung von Long-COVID, Symptomausprägung und Prädisposition bestimmter Organschäden unter besonderer Berücksichtigung eines Immunschutzes nach einer Impfung.

Jeder SARS-CoV-2-Infizierte kann Long-COVID oder Post-COVID entwickeln, ungeachtet der Symptomatik, der Schwere des Verlaufes und der Behandlungsintensität der akuten COVID-19-Erkrankung. Patienten, die nicht auf Intensivstationen behandelt wurden, zeigen eine ähnliche Long-COVID-Inzidenz wie Patienten, die einer intensivmedizinischen Betreuung bedurften. Auch vom Faktor einer notwendigen Krankenhausbehandlung ist die Long-COVID-Inzidenz unabhängig. Allerdings sind weibliches Geschlecht, eine Prädisposition für Autoimmunität, eine adipös-diabetische Stoffwechsellage und psychiatrisch-neurologische Vorerkrankungen Prädiktoren für das Fortbestehen einer COVID-19-Erkrankung.

Pathomechanismus

Es gibt verschiedene Hypothesen zur Entstehung von Long-COVID. Die derzeit in der Wissenschaft am weitläufigsten akzeptierte Hypothese basiert darauf, dass SARS-CoV-2 sich des ACE2-Rezeptors bedient, um in Zellen einzudringen und sich darin zu vermehren. Zellen in multiplen menschlichen Geweben und Organen, die über den ACE2-Rezeptor verfügen, können potenziell mit SARS-CoV-2 infiziert werden. Ebenso gibt es Hinweise dafür, dass die zur Bekämpfung des als „fremd“ erkannten SARS-CoV-2 in Gang gesetzte Immun- und Entzündungsreaktion so vehement sein kann, dass sie nicht nur das Virus, sondern die eigenen Zellen schädigt. Die überschießend, auch als Zytokinsturm bezeichnet, sezernierten proinflammatorischen Zytokine IL-6, IL-1-Beta, TNF-Alpha und ROS (engl. reactive oxygen species, reaktive Sauerstoffspezies, Sauerstoffradikale) spielen hierbei eine besondere Rolle, wie in Abb. 2 (a) am Beispiel der Lungenalveolen gezeigt wird, und führen zur Basal-

Risikofaktoren

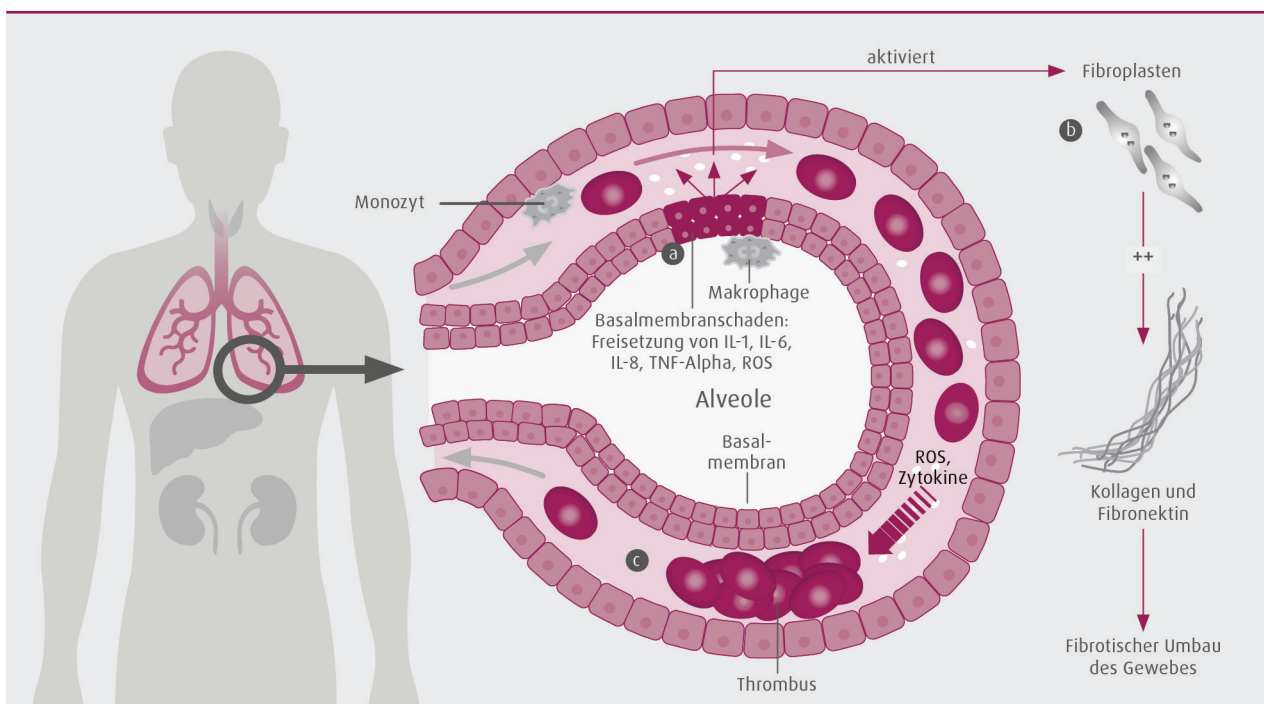


Abb. 2: Pathomechanismus in den Alveolen der Lunge. Basalmembranschäden entstehen durch chronische Entzündungsreaktionen (a) mit anschließender Fibroblasten-Aktivierung (b) und daraus resultierender Ablagerung von Fibronectin und Kollagen. Übermäßige Entzündungsreaktionen und Hypoxie wiederum erhöhen das Thromboserisiko (c).

membranschädigung. Des Weiteren werden Zytokine ins Blut und umgebende Gewebe abgegeben, wo sie unter anderem eine toxische Wirkung auf periphere Nerven ausüben. Die Entzündungsreaktion triggert eine Fibroblastenaktivierung. Dadurch werden Kollagen und Fibronectin abgelagert und ein fibrotischer Umbau des Gewebes oder des Organs wird initiiert (b). Nicht nur Endothelzellen von großen, sondern auch von kleinen arteriellen und venösen Blutgefäßen exprimieren ACE2-Rezeptoren. Endothelschäden, Aktivierung der Komplementkaskade, Thrombozytenaktivierung, Thrombozyten-Leukozyten-Interaktionen, Ausschüttung von proinflammatorischen Zytokinen, Dysbalance des Hämostasesystems mit überschießender Gerinnung und Hypoxie können in einen lang anhaltenden Status übermäßiger Inflammation und Gerinnung mit erhöhtem Thromboserisiko sowie Mikroangiopathie münden (c). Vermutlich führt dieser Pathomechanismus beispielsweise im Herzen zur direkten Schädigung von Kardiomyozyten, im ZNS zur Involvierung der Gliazellen des ZNS und im peripheren Nervensystem zur reduzierten Signalübertragung auf Muskeln und Muskelatrophie. Die Überlagerung von organspezifischen Schäden mit einer ubiquitären Gefäßschädigung machen die Krankheitslast von Long-COVID besonders belastend und schwer therapierbar.

Die Abwehrreaktion bei SARS-CoV-2 kann überschießend sein, kann in multiplen Geweben und Organen stattfinden. Sie scheint bei manchen Patienten sehr lange anzudauern und kann nachfolgende, noch nicht eindeutig identifizierte Prozesse triggern. Mechanismen, ähnlich einer Hypersensitivitäts- oder Autoimmunreaktion, sind potenziell möglich. Vorbestehende Schädigungen, altersbedingte Insuffizienzen und ein schwerer akuter COVID-19-Verlauf könnten dazu prädisponieren.

Häufigstes Long-COVID-Symptom: Fatigue

Laut Studien ist Fatigue eines der häufigsten, wenn nicht das häufigste Syndrom. Es umschreibt eine „signifikante Müdigkeit“, erschöpfte Kraftreserven oder ein erhöhtes Ruhebedürfnis, wobei die Symptome disproportional zu allen kürzlich vorangegangenen Anstrengungen stehen. Eine Studie zeigt, dass 79 Tage nach Beginn der COVID-19-Symptome noch ca. 93 % hospitalisierter und nicht hospitalisierter Patienten unter Fatigue litten. Bisher konnte kein messbarer Zusammenhang zwischen proinflammatorischen Entzündungsmarkern und Fatigue-Syndrom beobachtet werden, sodass nicht die Zytokinquantität, sondern eher eine Imbalance ursächlich zu sein scheint. Für die Entstehung von Fatigue spielen wahrscheinlich zentrale, periphere und psychologische Faktoren eine Rolle. Eine Schädigung der Blut-Hirn-Schranke führt zu einem Übertritt von Zytokinen und Leukozyten, die das Hirnparenchym infiltrieren und zu einer Neuroinflammation füh-

ren. Aktivierte Gliazellen schädigen ihrerseits Neuronen chronisch. Eine reduzierte Innervation von Muskelfasern kann zur Muskelatrophie führen. Polyneuropathie und Delirium können auch eine Folge sein. Der Prozess wird generell durch überschießende Inflammation und Koagulation mit erhöhtem Thromboserisiko unterstützt. Negative psychologische und soziale Faktoren durch die Pandemie könnten nicht nur zur Entstehung von Fatigue, sondern auch zu weiteren Syndromen wie Brain Fog, Schlafstörungen, Depression, Angststörung und posttraumatischen Belastungsstörungen beitragen.

Diagnostik und Therapie bei Erwachsenen

In mehreren Studien konnte gezeigt werden, dass verschiedene Laborparameter während Long-COVID vom Normalwert abweichen. So kann das Ergebnis einer Untersuchung, wie zum Beispiel eine persistierende Lymphopenie und ein erhöhter CRP- bzw. D-Dimer-Wert, einen Hinweis geben, dass Long-COVID vorliegt. Es gibt ebenfalls Hinweise auf das Vorliegen von Autoantikörpern bei Patienten mit COVID-19. So konnten in einer Studie bei 52 % der Patienten Phospholipid-Autoantikörper nachgewiesen werden.

Wissenschaftliche Daten demonstrieren einen Zusammenhang mit neurologischen, nephrologischen und kardiovaskulären Symptomen. Die Frage, warum sich unterschiedliche Long-COVID-Phänotypen in verschiedenen Individuen entwickeln, ist noch nicht abschließend geklärt. Bis zum heutigen Tag ist kein kausaler Zusammenhang zwischen Long-COVID und den jeweiligen Symptomen bewiesen. Eine Koinzidenz ist nicht ausgeschlossen. Eine bereits vorliegende vorher unerkannte Krankheit könnte im Zuge einer SARS-CoV-2-Infektion symptomatisch werden. Aus diesem Grund wird u. a. in der S1-Leitlinie empfohlen, rein an der Symptomatik orientierende Ausschlussdiagnosen zu erstellen. Es wird empfohlen, die Krankheit so zu diagnostizieren, wie sie ohne COVID-19 diagnostiziert werden würde.

Wissenschaftliche Untersuchungen zur Kausalität klinischer Symptomatik und dementsprechender Entwicklung von Therapeutika sind notwendig.

Besonderer Verordnungsbedarf

Ein „besonderer Verordnungsbedarf“ für Physio- (WS/AT) und Ergotherapie (SB1/PS2/PS3) ist anerkannt, sodass Kosten für entsprechende Heilmittelverordnungen bei Wirtschaftlichkeitsprüfungen aus dem Verordnungsvolumen der Vertragsärztinnen und Vertragsärzte nicht berücksichtigt werden. Auch von der Höchstmenge je Verordnung kann abgewichen werden.

Labordiagnostik

Basisdiagnostik

Probenmaterial	1 x EDTA, 1 x Serum				
	EBM		GOÄ	1-fach	1,15-fach
CRP	32460	€ 4,90	3741	€ 11,66	€ 13,41
Großes Blutbild	32122	€ 1,10	3550 / 3551	€ 4,67	€ 5,37
GOT/ASAT	32069	€ 0,25	3594	€ 2,33	€ 2,68
GPT/ALAT	32070	€ 0,25	3595	€ 2,33	€ 2,68
TSH	32101	€ 3,00	4030	€ 14,57	€ 16,76
Kreatinin/eGFR	32066	€ 0,25	3585	€ 2,33	€ 2,68
Natrium	32083	€ 0,25	3558	€ 1,75	€ 2,01
Kalium	32081	€ 0,25	3557	€ 1,75	€ 2,01
Calcium/Albumin korr.	32082 / 32435	€ 3,65	3555 / 3735	€ 11,07	€ 12,73

Weiterführende Diagnostik

Nephrologie

Probenmaterial	2 x 2 ml Spontanurin				
	EBM		GOÄ	1-fach	1,15-fach
Albumin	32435	€ 3,40	3735	€ 8,74	€ 10,05
Unklare Proteinurie	32435 / 32437 / 32237 / 32449	€ 23,60	3735 / 3754 / 3760 / 3571	€ 33,22	€ 38,20
Dickkopf 3 (DKK3)	32416	€ 24,90	4069	€ 43,72	€ 50,28

Kardiologie

Probenmaterial	1 x Serum				
	EBM		GOÄ	1-fach	1,15-fach
CK	32074	€ 0,25	3590	€ 2,33	€ 2,68
CK-MB	32092	€ 1,15	3591	€ 2,91	€ 3,35
Troponin T hs	32416	€ 24,90	4062	€ 27,98	€ 32,18
NT-proBNP	32097	€ 19,40	4062	€ 27,98	€ 32,18

Neurologie					
Probenmaterial	1 x Serum, 1 x Liquor				
	EBM		GOÄ	1-fach	1,15-fach
Acetylcholinrezeptor-Ak	32509	€ 41,80	3868	€ 26,23	€ 30,16
NMDA-NR-Rezeptor-Ak (im Liquor/Serum)	2 x 32505	€ 19,00	2 x 3827	€ 33,80	€ 38,87
Oligoklonale Banden (im Liquor/Serum)	2 x 32465	€ 49,80	2 x 3750	€ 66,40	€ 76,36
Reiber-Schema (im Liquor/Serum)	2 x 32435 32104 / 32103 / 32105 3 x 32448	€ 34,10	2 x 3735 6 x 3571	€ 69,92	€ 80,41

Hämostaseologie					
Probenmaterial	1 x Serum, 1 x Citrat				
	EBM		GOÄ	1-fach	1,15-fach
aPTT	32112	€ 0,60	3605	€ 2,91	€ 3,35
Beta-2-Glykoprotein-I-Ak	2 x 32503	€ 14,60	2 x 3877	€ 52,46	€ 60,33
Cardiolipin-Ak	2 x 32503	€ 14,60	2 x 3869	€ 52,46	€ 60,33
D-Dimer	32212	€ 17,80	3938	€ 20,98	€ 24,13
Fibrinogen	32116	€ 0,75	32116	€ 0,75	€ 0,86
Lupus Antikoagulanz	2 x 32207 32208	€ 47,00	3606 2 x 3605	€ 9,90	€ 11,39
Quick/INR	32113	€ 0,60	3607	€ 2,91	€ 3,35

Autoimmun/Immunologie					
Probenmaterial	2 x Serum, EDTA-Plasma tiefgefroren				
	EBM		GOÄ	1-fach	1,15-fach
ANA	2 x 32490	€ 14,60	2 x 3813	€ 33,80	€ 38,87
ANCA	2 x 32496	€ 20,20	2 x 3826	€ 33,80	€ 38,87
CCP-Ak	32489	€ 11,20	3877	€ 26,23	€ 30,16
ds-DNS-Ak	32491	€ 10,40	3857	€ 17,49	€ 20,11
Interleukin-1-Beta	32416	€ 24,90	4069	€ 43,72	€ 50,28
Interleukin-6	32405	€ 22,80	4069	€ 43,72	€ 50,28
Interleukin-8	32416	€ 24,90	4069	€ 43,72	€ 50,28
MDA i. Pl. tiefgefroren	32313	€ 20,90	4202	€ 20,98	€ 24,13

Vitamine

Probenmaterial	1 x Serum				
	EBM		GOÄ	1-fach	1,15-fach
Folsäure	32372	€ 5,40	4140	€ 14,57	€ 16,76
Holotranscobalamin	32405	€ 22,80	4062	€ 27,98	€ 32,18
Vitamin B1	32306	€ 22,30	4145	€ 33,22	€ 38,20
Vitamin B12	32373	€ 4,20	4140	€ 14,57	€ 16,76

Autoren: Fachbereich Infektiologie, Limbach Gruppe

Literatur:

1. Crook H, Raza S, Nowell J et al.: Long covid – mechanisms, risk factors, and management. *BMJ* 2021; 374: n1648. DOI: 10.1136/bmj.n1648.
2. Deutsche Gesellschaft f. Pneumologie und Beatmungsmedizin: S1-Leitlinie Post-COVID/Long-COVID, Stand: 12.07.2021.
3. Förster C, Colombo MG, Wetzel A-J et al.: Persistierende Symptome nach COVID-19. Prävalenz und Risikofaktoren in einer bevölkerungsbasierten Kohorte. *Dtsch Arztebl Int* 2022; 119: 167-74; DOI: 10.3238/arztebl.m2022.0147.
4. Husain-Syed F, Villa G, Wilhelm J et al.: Renal markers for monitoring acute kidney injury transition to chronic kidney disease after COVID-19. *Nephrol Dial Transplant* (2021) 36: 2143-2147.
5. Kamal M, Omirah MA, Hussein A et al.: Assessment and characterisation of post-COVID-19 manifestations. *Int J Clin Pract* 2021; 75 (3): e13746. DOI: 10.1111/ijcp.13746.
6. Kassenärztliche Bundesvereinigung: Wirtschaftlichkeitsprüfung Heilmittel: Post-COVID-19-Syndrom ab 1. Juli besonderer Verordnungsbedarf. 2021. https://www.kbv.de/html/1150_52751.php, Stand 1.3.2022.
7. Lemhöfer C, Sturm C, Loudovici-Krug D et al.: The impact of Post-COVID-Syndrom on functioning – results from a community survey in patients after mild and moderate SARS-CoV-2-infections in Germany. *J Occup Med Toxicol.* 2021; 16 (1): 45.
8. Lenzen-Schulte M.: Multiple vorbestehende Risikofaktoren: Long COVID ist nicht nur Schicksal. *Dtsch Arztebl* 2022; 119 (10): A-438 / B-359.
9. Mandal S, Barnett J, Brill SE et al.: 'Long-COVID': a cross-sectional study of persisting symptoms, biomarker and imaging abnormalities following hospitalisation for COVID-19. *Thorax* 2021; 76 (4): 396-98. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2020-215818.
10. National Institute for Health and Care Excellence, COVID-19 rapid guideline: managing the long-term effects of COVID-19. www.nice.org.uk/guidance/ng188, Stand: 18.12.2020.
11. Nalbandian A, Sehgal K, Gupta A et al.: Post-acute COVID-19 syndrome. *Nature Med* 2021; 27 (4): 601-615. DOI: 10.1038/s41591-021-01283-z.
12. Schunk SJ, Speer T, Petrakis I, Fliser D: Dickkopf 3 – a novel biomarker of the 'kidney injury continuum'. *Nephrol Dial Transplant* 2021; 36: 761-767.
13. Sivan M, Parkin A, Makower S et al.: Post-COVID syndrome symptoms, functional disability, and clinical severity phenotypes in hospitalized and nonhospitalized individuals: A cross-sectional evaluation from a community COVID rehabilitation service. *J Med Virol.* 2021; 1-9. DOI: 10.1002/jmv.27456.
14. Su Y, Yuan D, Chen DG et al.: Multiple Early Factors Anticipate Post-Acute COVID-19 Sequelae. *Cell* (online preprint), 25. Januar 2022. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0092867422000721>.
15. Taquet M, Dercon Q, Luciano S et al.: Incidence, co-occurrence, and evolution of long-COVID features: A 6-month retrospective cohort study of 273,618 survivors of COVID-19. *PLOS Med.* 2021; 18 (9): e1003773.
16. Tenforde MW, Kim SS, Lindsell CJ et al.: Symptom Duration and Risk Factors for Delayed Return to Usual Health Among Outpatients with COVID-19 in a Multistate Health Care Systems Network – United States, March–June 2020. *MMWR* 2020; 69 (30): 993–998.
17. WHO Headquarters: A clinical case definition of post COVID-19 condition by a Delphi consensus, 6 October 2021. https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-Post_COVID-19_condition-Clinical_case_definition-2021.1, Stand: 29.4.2022.
18. Zewinger S, Rauen T, Rudnicki M et al.: Dickkopf-3 (DKK3) in urine identifies patients with short-term risk of eGFR loss. *J Am Soc Nephrol* 2018; 29: 2722-2733.
19. Zhao YM, Shang YM, Song WB et al.: Follow-up study of the pulmonary function and related physiological characteristics of COVID-19 survivors three months after recovery. *EclinicalMedicine* 2020; 25: 100463. DOI: 10.1016/j.eclinm.2020.100463.

Stand: Juli/2022

Ihr Ansprechpartner:
Dr. med. Jana Schuster
 Fachärztin für Laboratoriumsmedizin
 Tel.: +49 341 6565-734
j.schuster@labor-leipzig.de

Dr. med. Thorsten Klemm
 Facharzt für Innere Medizin,
 Facharzt für Laboratoriumsmedizin
 Tel.: +49 341 6565-715
t.klemm@labor-leipzig.de