

Z Herz- Thorax- Gefäßchir 2022 · 36:323–327
<https://doi.org/10.1007/s00398-022-00528-4>
Eingegangen: 29. Januar 2022
Überarbeitet: 17. Februar 2022
Angenommen: 17. Februar 2022
Online publiziert: 19. Juli 2022
© The Author(s), under exclusive licence to
Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von
Springer Nature 2022



Venovenöse extrakorporale Membranoxygenierung bei COVID-19

Erkenntnisse eines Zentrums aus 96 konsekutiven Fällen

Vincent Hettlich¹ · Moritz B. Immohr¹ · Timo Brandenburger² · Detlef Kindgen-Milles² · Torsten Feldt³ · Payam Akhyari¹ · Igor Tudorache¹ · Hug Aubin¹ · Hannan Dalyanoglu¹ · Artur Lichtenberg¹ · Udo Boeken¹

¹Klinik für Herzchirurgie, Medizinische Fakultät und Universitätsklinikum Düsseldorf, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Düsseldorf, Deutschland

²Klinik für Anästhesiologie, Medizinische Fakultät und Universitätsklinikum Düsseldorf, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Düsseldorf, Deutschland

³Klinik für Gastroenterologie, Hepatologie und Infektiologie, Medizinische Fakultät und Universitätsklinikum Düsseldorf, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Düsseldorf, Deutschland

Einleitung

Die COVID („corona virus disease“)-19-Pandemie stellt die Gesundheitssysteme weltweit weiterhin vor große Herausforderungen. Das SARS-CoV-2, welches aufgrund seiner genetischen Beschaffenheit eine zoonotische Herkunft vermuten lässt, hat sich seit dem ersten dokumentierten Fall im Jahr 2019 in Wuhan innerhalb einiger Monate zu einer Pandemie entwickelt [1]. Heute ist die COVID-19-Pandemie eine der umfangreichsten Krisen des 21. Jh. Im Falle einer Infektion mit dem SARS-CoV-2 kommt es bei ca. 5% der Fälle zu einem schweren klinischen Verlauf mit intensivmedizinischem Behandlungsbedarf [2]. Hierbei entwickeln die Patienten neben Symptomen wie Fieber, trockenem Husten, Myalgien, allgemeiner Erschöpfung und Diarrhö bei einem besonders schweren Krankheitsverlauf häufig das klinische Bild eines ARDS (Acute Respiratory Distress Syndrome) [2, 3]. Die Lungen der Patienten weisen in diesen Fällen u. a. pulmonale Infiltrate, Atelektasen, Pleuraergüsse, Belüftungsstörungen bis hin zu fibrotischen Gewebeeränderungen auf [4]. Zum jetzigen Zeitpunkt existiert trotz vielzähliger Studien noch keine kausale Therapie gegen das Virus, welche die Morbidität und Mortalität einer COVID-19-Erkrankung signifikant vermindert [5]. Einen

konservativen Therapieansatz stellen neben der Beatmungstherapie die i.v.-Gabe von Virostatika (Remdesivir), Kortikosteroiden (Dexamethason), Antibiotika und rekonvaleszentem Blutplasma dar [2, 3]. Auch die Beatmung mit hohen, positiven endexpiratorischen Drücken (PEEP) sowie eine frühe Bauchlagerung scheinen einen positiven Effekt auf den Krankheitsverlauf zu haben [6]. Kommt es bei Patienten trotz konservativer Therapieeskalation zu einem respiratorischen Versagen (ARDS), stellt die Implantation einer vv-ECMO eine Ultima Ratio der Therapie dar. Mithilfe einer vv-ECMO kann die nötige Zeit gewonnen werden, einen Heilungsprozess der Lungen und somit ein Überleben der Patienten zu ermöglichen.

Methodik

Forschungsdesign

Im Zeitraum zwischen März 2020 und Dezember 2021 wurden alle Patienten, welche im Universitätsklinikum Düsseldorf mit einer venovenösen ECMO-Therapie bei COVID-19-assoziiertem ARDS behandelt wurden ($n=90$), klinisch erfasst. Behandlungsrelevante Daten hinsichtlich demografischer und gesundheitspezifischer Faktoren wurden erhoben und anschließend retrospektiv ausgewertet.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Sechs Monate nach dem Klinikaufenthalt erfolgten eine erneute Kontaktaufnahme zu den Patienten und eine weitere Ergänzung der Patientendaten hinsichtlich ihres Gesundheitsstatus. Bezüglich der retrospektiven Auswertung wurden die Patienten in 2 Gruppen eingeteilt (■ Tab. 1). Es wurde zwischen den Patienten mit letalem Therapieausgang (L-Gruppe, $n = 62$) und überlebenden Patienten (Ü-Gruppe, $n = 34$) unterschieden. Anschließend erfolgte ein Vergleich beider Gruppen hinsichtlich gesundheitspezifischer Faktoren (Alter, Geschlecht, COPD-Erkrankung, arterielle Hypertonie, Nikotinabusus, Adipositas, Komplikationen während der Therapie) mit der Frage nach einem positiven oder negativen Einfluss auf das Therapieergebnis.

Bei der vv-ECMO-Implantation war die verwendete Art der Kanülierung überwiegend femorogugulär (Entnahmekanüle in der V. femoralis und Rückgabekanüle in der V. jugularis interna, ($n = 60$)) oder femorofemoral (Entnahmekanüle in die V. femoralis und Rückgabekanüle in die kontralaterale V. femoralis ($n = 20$)). In den weiteren ($n = 16$) Fällen wurde anstelle einer reinen vv-ECMO bei der Anlage zusätzlich eine arterielle Kanüle implantiert (va-ECMO, vav-ECMO, vva-EMCO).

Statistik

Die Auswertung der Daten erfolgte mittels SPSS-Statistics 28 (IBM Corporation, Armonk, NY, USA). Die kategorialen Variablen wurden als absolute Anzahl und als Prozent der Gesamtheit erfasst. Die Ergebnisse kontinuierlicher Variablen wurden als Mittelwerte mit ihrer Standardabweichung dargestellt. Aufgrund von kleinen und ungleichen Gruppengrößen wurde keine Gauß-Normalverteilung für die Gruppen angenommen. Die Ergebnisse der beiden Gruppen wurden mittels nichtparametrischem zweiseitigem Mann-Whitney-U-Tests resp. Exakten Tests nach Fisher verglichen. Eine statistische Signifikanz wurde für $p < 0,05$ angenommen.

Ergebnisse

■ Tab. 1 zeigt den Vergleich der überlebenden mit den verstorbenen Patienten bezüglich gesundheitspezifischer und

Hintergrund: Seit Beginn der COVID-19-Pandemie werden die globalen Gesundheitssysteme vor eine Vielzahl neuartiger Probleme gestellt. Die venovenöse extrakorporale Membranoxygenierung (vv-ECMO) stellt bei Krankheitsverläufen mit therapierefraktärem ARDS häufig eine Ultima Ratio der Therapie dar. Für eine verbesserte medizinische Versorgung ist es notwendig, potenzielle Einflussfaktoren auf den Therapieerfolg zu identifizieren.

Fragestellung: In dieser Arbeit sollen die Erkenntnisse eines ECMO Zentrums vorgestellt werden. Insbesondere interessierte die Frage, durch welche Faktoren das Therapieergebnis einer vv-ECMO-Therapie von COVID-19-Patienten beeinflusst wird.

Material und Methoden: In der Zeit zwischen März 2020 und Dezember 2021 wurden insgesamt $n = 96$ Patienten in unserem Zentrum mit einer vv-ECMO aufgrund eines ARDS bei COVID-19 behandelt. Es erfolgte eine retrospektive Auswertung der demografischen und gesundheitspezifischen Faktoren. Hierbei wurden Patienten mit letalem Therapieausgang (L-Gruppe, $n = 62$) sowie die Überlebenden (Ü-Gruppe, $n = 34$) miteinander verglichen.

Ergebnisse: Insgesamt überlebten $n = 34$ (35%) der Patienten den Krankenhausaufenthalt. Die verstorbenen Patienten hatten ein mittleres Alter von $56,7 \pm 9,5$ Jahren, verglichen mit $47,9 \pm 12,9$ Jahren bei den Überlebenden. Unter den behandelten Patienten befanden sich $n = 72$ (75%) männliche und $n = 24$ (25%) weibliche Patienten. In der Gruppe der verstorbenen Patienten waren $n = 51$ (82,3%) Männer sowie $n = 11$ (17,7%) Frauen ($p = 0,047$). Die Prävalenz von Vorerkrankungen wie COPD, Diabetes mellitus, Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie chronischer Niereninsuffizienz zeigte keinerlei Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Auch in Bezug auf das Vorliegen von arterieller Hypertonie und Adipositas konnte kein signifikanter Trend für einen negativen Therapieeinfluss nachgewiesen werden. Es zeigte sich für Patienten mit einem Nikotinabusus in der Anamnese jedoch eine negative Tendenz. Die häufigsten Gründe für ein Versterben waren respiratorische Insuffizienz, neurologische Insulte, Multiorganversagen und Sepsis.

Diskussion: Der Einsatz einer vv-ECMO bei therapierefraktärem ARDS im Rahmen einer COVID-19-Erkrankung geht weiterhin mit einer hohen Sterblichkeit einher und ist somit nur als Ultima Ratio in Betracht zu ziehen. In unserem Patientenkollektiv konnten wir erwartungsgemäß bessere Ergebnisse bei jüngeren Patienten beobachten, jedoch auch bei Frauen. Für die meisten Begleiterkrankungen konnten wir bis dato keinen negativen Einfluss auf das Therapieergebnis nachweisen. Diese Erkenntnisse könnten helfen, zukünftige Risikopatienten zu identifizieren.

Schlüsselwörter

ECMO · ARDS · Pandemie · SARS-CoV-2 · Pneumonie

demografischer Faktoren. Die Mortalität für die gesamte Patientenkohorte betrug 65%. Insgesamt überlebten $n = 34$ (35%) der Patienten den Krankenhausaufenthalt (Ü-Gruppe). In $n = 62$ (65%) ergab sich ein letaler Therapieausgang (L-Gruppe). Es ergab sich für die Ü-Gruppe ein durchschnittliches Alter von $47,85 \pm 12,9$ Jahren und für die L-Gruppe von $56,71 \pm 9,5$ Jahren ($p = 0,02$). Bezüglich des BMI der Patienten zeigte sich kein signifikanter Unterschied. In der Ü-Gruppe zeigte sich ein durchschnittlicher BMI von $30,88 \pm 6,20$ und in der L-Gruppe von $29,89 \pm 4,59$ ($p = 0,79$). Ein Unterschied fiel hinsichtlich eines Nikotinabusus in der Anamnese auf. $N = 42$ (67,7%) der verstorbenen Patienten (L-Gruppe) berichteten einen Nikotinabusus

in der Vorgeschichte. In der Gruppe der überlebenden Patienten (Ü-Gruppe) waren es $n = 14$ (41,2% ($p = 0,017$)). Für alle weiteren untersuchten Vorerkrankungen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (■ Tab. 1).

Unter den insgesamt $n = 96$ Patienten, welche mit einer vv-ECMO bei COVID-assoziiertem ARDS behandelt wurden, befanden sich $n = 72$ (75%) männliche und $n = 24$ (25%) weibliche Patienten. Von den männlichen Patienten verstarben $n = 51$ (82,3%), von den weiblichen $n = 11$ (17,7%, ($p = 0,047$)). Es ergibt sich somit eine Mortalität der männlichen Patienten von 70,8% und der weiblichen Patientinnen von 45,8% (■ Tab. 2).

Tab. 1 Demografische und gesundheitspezifische Faktoren			
	L-Gruppe (n = 62)	Ü-Gruppe (n = 34)	p-Wert
Alter in Jahren	56,71 ± 9,5	8 ± 7	0,02
BMI, kg/m ² ± SD	29,89 ± 4,59	30,88 ± 6,20	0,79
Nikotinabusus, n (%)	42 (67,7 %)	14 (41,2 %)	0,02
COPD	29 (46,8 %)	10 (29,4 %)	0,13
Diabetes	18 (29,0 %)	14 (41,2 %)	0,26
Herz-Kreislauf-Erkrankungen	8 (12,9 %)	6 (17,6 %)	0,56
Chronische Niereninsuffizienz	12 (19,4 %)	2 (5,9 %)	0,13
Arterielle Hypertonie	44 (71,0 %)	21 (61,8 %)	0,32
Adipositas	30 (48,4 %)	19 (55,9 %)	0,53

Patientenmortalität in Bezug auf demografische und gesundheitspezifische Faktoren mit dem Vergleich der Patienten mit letalem Therapieausgang (L-Gruppe) und den überlebenden Patienten (Ü-Gruppe)

Tab. 2 Mortalität in Bezug auf das Geschlecht					
Geschlecht*Verstorben			L-Gruppe	Ü-Gruppe	Gesamt
Geschlecht	Männlich	Anzahl	51	21	72
		% innerhalb der Gruppe	82,3	61,8	75
	Weiblich	Anzahl	11	13	24
		% innerhalb der Gruppe	17,7	38,2	25
Gesamt	Anzahl	62	34	96%	
	% innerhalb der Gruppe	100	100	100	

Patientenmortalität in Bezug auf das Geschlecht mit dem Vergleich der Patienten mit letalem Therapieausgang (L-Gruppe) und den überlebenden Patienten (Ü-Gruppe)

Tab. 3 Komplikationen während der ECMO-Therapie	
Nierenversagen	n = 47 (48,95 %)
Sepsis	n = 41 (42,70 %)
Pneumothorax	n = 28 (29,17 %)
Intrakranielle Blutung	n = 26 (27,08 %)
Ischämischer/hämorrhagischer Insult	n = 20 (20,83 %)
Multiorganversagen	n = 18 (18,75 %)
Bakterielle Superinfektion der Lunge	n = 17 (17,70 %)
Periphere Blutung	n = 14 (14,58 %)
Lungenblutung	n = 13 (13,54 %)
Delir	n = 11 (11,46 %)
Lungenarterienembolie	n = 7 (7,29 %)
Gastrointestinale Blutung	n = 5 (5,21 %)
Krampfanfälle	n = 3 (3,13 %)

Während der vv-ECMO-Therapie aufgetretene Komplikationen, absolute Anzahl der betroffenen Patienten sowie prozentualer Anteil im Patientenkollektiv

Unter allen (n=96) beobachteten Fällen konnte bis dato noch keine Infektion mit der kürzlich neu aufgetretenen „Omicron-Variante“ des SARS-CoV-2-Virus nachgewiesen werden. Bei insgesamt n=3 (3,13%) der Patienten lag eine einmalige Impfung mit einem der von der Europäischen Arzneimittel-Agentur (EMA) (European Medicines Agency) zugelassenen

Impfstoffe gegen das SARS-CoV-2-Virus vor. Die restlichen n=93 (96,87%) Patienten waren nicht gegen COVID-19 geimpft.

In n=72 (75%) der Fälle traten Komplikationen während der ECMO-Therapie auf (■ Tab. 3). Die am häufigsten beobachteten waren Sepsis (42,7%), Nierenversagen (48,95%) und die Entwicklung eines

Pneumothorax (29,17%). Letztendlich waren die häufigsten Gründe für das Versterben der Patienten mit n=31 (50,0%) eine globale respiratorische Insuffizienz sowie mit n=12 (19,4%) infauste neurologische Insulte, gefolgt von Multiorganversagen (n=8, 12,9%) und Sepsis (n=7, 11,3%).

Diskussion

Mit dem Beginn der COVID-19-Pandemie hat sich das alltägliche Leben ebenso wie der klinische Alltag schlagartig verändert. Die venovenöse ECMO-Therapie nimmt zwar in der Behandlung des therapieresistenten ARDS eine zentrale Rolle ein, geht jedoch in Verbindung einer fortgeschrittenen SARS-CoV-2-Infektion weiterhin mit einer hohen Mortalität einher. Die Gründe hierfür sind vielseitig. Unter anderem könnten ein durchschnittlich höheres Patientenalter sowie das Zeitintervall zwischen Intubation und vv-ECMO-Implantation eine Rolle spielen [3, 7, 15]. Wie sich auch bei unseren Patienten zeigte, wird der Krankheitsverlauf häufig durch das Auftreten von schwerwiegenden Komplikationen wie Blutungen, Gefäßembolisationen, Infektionen und/oder Organversagen noch erschwert [8, 15]. Die beobachtete hohe Mortalität von etwa 70% spiegelt sich auch in den Daten einer aktuellen Analyse deutscher ECMO-Patienten wider und ist im Vergleich zur Mortalität von Patienten, welche mit einer vv-ECMO ohne das Vorliegen einer COVID-19-Erkrankung behandelt wurden, deutlich erhöht [9, 10].

Männer scheinen im Falle einer COVID-19-Erkrankung häufiger einen schweren Krankheitsverlauf zu entwickeln als Frauen, und ein fortgeschrittenes Alter sowie das Vorhandensein von Vorerkrankungen zeigen einen negativen Einfluss auf die Schwere und die Mortalität der Erkrankung [12]. Auch in unserem Patientenkollektiv konnten wir erwartungsgemäß bessere Ergebnisse bei jüngeren Patienten beobachten, und auch bei Frauen zeigte sich ein vermehrtes Überleben. Der Body-Mass-Index (BMI) unserer Patienten liegt mit einem durchschnittlichen BMI von ca. 30 kg/m² über dem durchschnittlichen BMI der deutschen Bevölkerung von ca. 26 kg/m² [13]. Wie sich also auch in unserem Patientenkollektiv vermuten lässt, scheinen Men-

schen mit einem höheren BMI ein erhöhtes Risiko für einen potenziell schwereren Krankheitsverlauf im Falle einer SARS-CoV-2-Infektion haben [14]. Hinsichtlich der Mortalität zeigte sich bei Vorhandensein eines Nikotinkonsums in der Vorgeschiede ebenfalls eine negative Tendenz. Auch 2 Jahre nach Beginn der Pandemie sind bei Weitem noch nicht alle pathophysiologischen Vorgänge bei einer COVID-19-Erkrankung bekannt. Mit hoher Wahrscheinlichkeit jedoch erhöht ein regelmäßiger Zigarettenkonsum das Risiko eines schweren Krankheitsverlaufs [16].

In Bezug auf die meisten Begleiterkrankungen konnte wiederum kein negativer Einfluss auf das Therapieergebnis nachgewiesen werden. Abschließend bleibt die vv-ECMO-Implantation im Falle eines COVID-19-assoziierten ARDS als Ultima Ratio zu betrachten, und die Indikationsstellung sollte hinsichtlich Patientenwohl, möglichem Therapie-Outcome sowie den zur Verfügung stehenden Ressourcen besonders gründlich evaluiert sein [11]. Unsere Erkenntnisse könnten helfen, zukünftige Risikopatienten zu identifizieren und somit die Therapie von COVID-19-Patienten hinsichtlich der Indikationsstellung einer vv-ECMO zu optimieren.

Fazit für die Praxis

- Die ECMO-Therapie des schweren ARDS im Zusammenhang mit COVID-19 geht mit einer hohen Mortalität einher.
- Für ausgewählte Patienten kann die venovenöse ECMO-Therapie eine Behandlungsmöglichkeit darstellen.
- Demografische und gesundheitspezifische Faktoren können den Therapieausgang beeinflussen.
- Hinsichtlich der hohen Komplikationsrate sollte die Indikationsstellung für eine ECMO-Therapie bei COVID-19-Pneumonie gründlich evaluiert sein.

Korrespondenzadresse

Udo Boeken

Klinik für Herzchirurgie, Medizinische Fakultät und Universitätsklinikum Düsseldorf, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Mooresstr. 5, 40225 Düsseldorf, Deutschland
udo.boeken@med.uni-duesseldorf.de

Venovenous extracorporeal membrane oxygenation for COVID-19. Findings of a centre from 96 consecutive cases

Background: Since the beginning of the COVID-19 pandemic global health systems are confronted with a large number of unknown problems. Venovenous (vv) extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in cases of therapy refractory ARDS often represents a last resort treatment. To improve the health care it is necessary to identify possible influencing factors.

Objective: This analysis presents the findings of an ECMO centre and aims to identify potential factors with an impact on vv-ECMO therapy in cases of COVID-19.

Material and methods: Between 03/2020 and 01/2022 $n = 96$ patients were treated with vv-ECMO in cases of a COVID-19 infection in our center. A retrospective analysis of demographic and health-specific data took place. The patients with fatal treatment outcome (L-group, $n = 62$) were compared to the surviving patients (Ü-group, $n = 34$).

Results: Overall $n = 34$ (35%) of the patients survived the hospital stay. The patients with a fatal treatment outcome had an average age of 56.7 ± 9.5 years compared to the average age of the surviving patients of 47.9 ± 12.9 years. There were $n = 72$ (75%) males and $n = 24$ (25%) females among the treated patients, $n = 51$ (82.3%) of the deceased patients were male and $n = 11$ (17.7%) were female. The prevalence of pre-existing illnesses like COPD, diabetes mellitus, cardiovascular diseases and chronic renal insufficiency had shown no significant difference between both groups. Also, in relation to the presence of arterial hypertension and obesity we could not prove a negative influence on the treatment outcome. A nicotine abuse in the patient history showed a negative tendency. The most common reasons for the death of patients were respiratory failure, neurological injury, multiorgan failure and sepsis.

Conclusion: The use of vv-ECMO in cases of therapy resistant ARDS in COVID-19 still correlates with a high mortality and as such should only be considered as a last resort of intensive care treatment.

According to our expectations we could notice better therapy results for younger patients as well as for women in our patient database. In addition, for most comorbidities we could not prove any negative influence on the therapy outcome. This knowledge could help to identify future high-risk patients.

Keywords

ECMO · Venovenous · ARDS · Pandemic · SARS-CoV-2 · Pneumonia

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. V. Hettlich, M.B. Immohr, T. Brandenburger, D. Kindgen-Milles, T. Feldt, P. Akhyari, I. Tudorache, H. Aubin, H. Dalyanoglu, A. Lichtenberg und U. Boeken geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Alle beschriebenen Untersuchungen am Menschen wurden mit Zustimmung der zuständigen Ethik-Kommission, im Einklang mit nationalem Recht sowie gemäß der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der aktuellen, überarbeiteten Fassung) durchgeführt.

Literatur

1. Asselah T, Durantel D, Pasmant E et al (2021) COVID-19: discovery, diagnostics and drug development. *J Hepatol* 74(1):168–184
2. Tsai SC, Lu CC, Bau DT et al (2021) Approaches towards fighting the COVID-19 pandemic (Review). *Int J Mol Med* 47:3–22
3. Badulak J, Antonini MV, Stead CM et al (2021) ECMO for COVID-19: updated 2021 guidelines from the

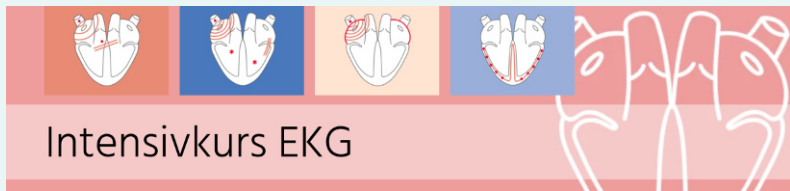
extracorporeal life support organization (ELSO). *ASAIO J* 67(5):485–495. <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001422>

4. Ippolito D, Miano C, Pecorelli A, Allegranza P, Cangiotti C, Capodaglio C, Mariani I, Giandola T, Gandola D, Bianco I et al (2020) Chest X-ray features of SARS-coV-2 in the emergency department: a multicentre experience from northern Italian hospitals. *Respir Med*. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2020.106036>
5. Kichloo A, Albosta M, Kumar A et al (2021) Emerging therapeutics in the management of COVID-19. *World J Virol* 10:1–29
6. Mittermaier M, Pickerodt P, Kurth F, de Jarcy LB, Uhrig A, Garcia C et al (2020) Evaluation of PEEP and prone positioning in early COVID-19 ARDS. *EClinicalMedicine* 28:100579
7. Karagiannidis C, Strassmann S, Merten M et al (2021) High in-hospital mortality rate in patients with COVID-19 receiving extracorporeal membrane oxygenation in Germany: a critical analysis. *Am J Respir Crit Care Med* 204:991–994
8. Patel B, Arcaro M, Chatterjee S (2019) Bedside troubleshooting during venovenous extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). *J Thorac Dis* 11:S1698–S1707

9. Karagiannidis C, Slutsky AS, Bein T et al (2021) Complete countrywide mortality in COVID patients receiving ECMO in Germany throughout the first three waves of the pandemic. *Crit Care* 25:413
10. Bercker S, Petroff D, Polze N et al (2021) ECMO use in Germany: an analysis of 29,929 ECMO runs. *PLoS ONE* 16(12):e260324
11. Abrams D, Lorusso R, Vincent JL, Brodie D et al (2020) ECMO during the COVID-19 pandemic: when is it unjustified? *Crit Care* 24:507
12. Jin JM, Bai P, He W et al (2020) Gender differences in patients with COVID-19: focus on severity and mortality. *Front Public Health* 8:152
13. Mensink GBM, Schienkiewitz A, Haftenberger M et al (2013) Übergewicht und Adipositas in Deutschland: Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland. *Bundesgesundheitsbl* 56:786–794
14. Petrilli CM, Jones SA, Yang J et al (2020) Factors associated with hospital admission and critical illness among 5279 people with coronavirus disease 2019 in New York City: prospective cohort study. *BMJ* 22:369
15. Barbaro RP, MacLaren G, Boonstra PS et al (2021) Extracorporeal membrane oxygenation for COVID-19: evolving outcomes from the international extracorporeal life support organization registry. *Lancet* 398:1230–1238
16. Shastri MD, Shukla SD, Chong WC et al (2021) Smoking and COVID-19: what we know so far. *Respir Med* 176:106237



Der effiziente Weg zur sicheren EKG-Befundung



108 EKGs zu den wichtigsten Herzerkrankungen im klinischen Alltag

Das Training bietet:

- 3 Schwierigkeitsstufen
- Wissensfragen kommentiert vom Experten
- Kompakt, fallbasiert, praxisnah und spielerisch
- Lernen online und in der App *Facharzt Training*

Zugang mit einem e.Med-Abonnement

➤ Herausgegeben von PD Dr. Carsten W. Israel



← QR-Code scannen und an Fällen lernen
[SpringerMedizin.de/FacharztTraining](https://www.springermedizin.de/facharzttraining)