

Anaesthesiologie
<https://doi.org/10.1007/s00101-022-01205-9>
Angenommen: 25. August 2022

© The Author(s), under exclusive licence to Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2022



Mobilisationsrobotik für eine qualitativ hochwertige Mobilisation bei einem COVID-19-Patienten mit ECMO-Therapie

F. Dieterich · J. Perras · W. Popp · M. Ahrens · S. Wirth

Abteilung für Anästhesie, Intensiv- und Schmerzmedizin, BG Unfallklinik Murnau, Murnau, Deutschland

Zusammenfassung

Die qualitativ hochwertige (Früh)Mobilisation ist auch bei schwer kranken (COVID-19-)Intensivpatienten mit ECMO-Therapie unbedingt erstrebenswert. Sedierung, blutflusssensibles extrakorporales Verfahren, großlumige ECMO-Kanülen mit Dislokationsrisiko und besonders eine bei COVID-19-Patienten häufig ausgeprägt auftretende neuromuskuläre Schwäche lassen eine Mobilisation über die Stufe 1 des IMS aber teilweise nicht zu. Dabei ist die Frühmobilisation ein wesentlicher Baustein eines Maßnahmenbündels (ABCDEF), um einer pulmonalen Funktionsstörung und neuromuskulärer Dysfunktion im Sinne einer ICUAW (intensive care unit-acquired weakness) entgegenzuwirken und eine Regeneration zu ermöglichen. Es wird der Fall eines 53-jährigen, bis dato gesunden und sportlich aktiven Patienten geschildert, der bei schwerem und kompliziertem COVID-19-Verlauf mit ausgeprägter ICUAW bei noch laufender ECMO- und Katecholamintherapie mittels Mobilisationsrobotik behandelt werden konnte. Bei schwerem und rasch progredientem pulmonalem Fibrosierungsprozess gelangen unter zusätzlicher Anwendung einer niedrigdosierten, prolongierten Methylprednisolontherapie (Meduri-Schema) letztlich die Beatmungsentwöhnung und Dekanülierung. Robotische Assistenzsysteme könnten eine neuartige, praktikable und sichere Therapieoption für eine individuell angepasste, schonende und effektivitätssteigernde Mobilisation für diese Patientengruppe sein.

Schlüsselwörter

COVID-19 · ECMO · Frühmobilisation · Robotikassistierte Mobilisation · ICUAW

Video Online

Die Online-Version dieses Beitrags (<https://doi.org/10.1007/s00101-022-01205-9>) enthält ein Video zum Einsatz der Mobilisationsrobotik.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Die effektive Mobilisation von schwer kranken Intensivpatienten, insbesondere bei laufender ECMO-Therapie und COVID-19, stellt eine Herausforderung dar. Anhand eines Fallberichtes werden die Möglichkeiten und Grenzen einer qualitativ hochwertigen Mobilisation für diese Patientengruppe unter Zuhilfenahme eines robotischen Assistenzsystems dargestellt und anschließend diskutiert.

Fallbericht

Ein 53-jähriger, bis dato gesunder und sportlich aktiver Mann ohne COVID-Schutzimpfung wurde mit COVID-19 im November 2021 mit Dyspnoe, Fieber und

sich verschlechterndem Allgemeinzustand in einem Krankenhaus der Versorgungsstufe 1 aufgenommen. Unter leitliniengerechter Therapie mit Sauerstoffgabe, Dexamethason und intermittierender Bauchlagerung in Spontanatmung verschlechterte sich der Gasaustausch weiter, sodass 7 Tage später die Verlegung auf die Intensivstation des Nachbarkrankenhauses nötig wurde. Trotz Fortführung der begonnenen Therapie und Ergänzung um eine nichtinvasive Beatmungstherapie wurden bei respiratorischer Insuffizienz am 12. Tag nach der Hospitalisierung die endotracheale Intubation und Beatmung notwendig. Auch unter Lagerungstherapie und empirischer antimikrobieller

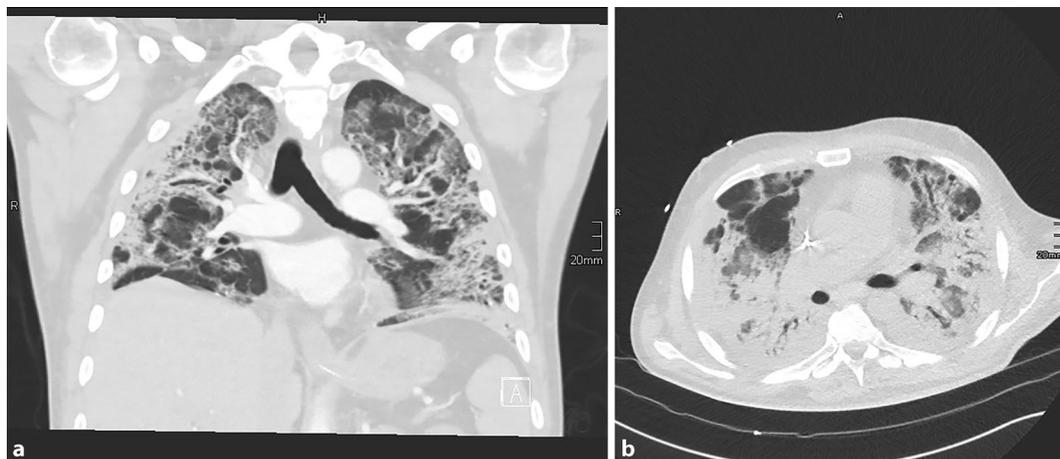


Abb. 1 ◀ a,b CT-Thorax des Patienten

Therapie kam es zur weiteren Verschlechterung der Lungenfunktion. Bei zunehmend insuffizienter Oxygenierung und Decarboxylierung wurde der Patient nach 3 Wochen stationärer Behandlung und fast 4 Wochen nach Krankheitsbeginn bei aktueller COVID-19-Pneumonie mit schwerem ARDS zur ECMO-Therapie in das Intensivzentrum der BG Unfallklinik Murnau verlegt.

Aufnahmebefund

Bei Übernahme war der Patient analgosediert, tracheotomiert, druckkontrolliert beatmet und katecholaminpflichtig. In der radiologischen Diagnostik mittels CT-Thorax zeigten sich ausgedehnte, interstitielle, bereits konsolidierende Infiltrate beidseits mit beginnenden fibrotischen Veränderungen im Rahmen der bekannten COVID-19-Pneumonie ohne Anhalt für eine Lungenarterienembolie (▣ Abb. 1a,b). Bei Beatmungsdrücken > 30 mbar und adäquatem PEEP waren nur eingeschränkte Tidalvolumina zu erreichen. Bei fortschreitender Hypoxämie erfolgte umgehend die

femorojuguläre Kanülierung zur Etablierung einer vv-ECMO-Therapie.

Weiterer Verlauf

Unter der ECMO-Therapie ließen sich Analgosedierung und Beatmungsinvasivität reduzieren; der Patient konnte in einen druckunterstützten, lungenprotektiven Spontanatemmodus überführt werden. Die Antikoagulation erfolgte mittels Heparinperfusion mit aPTT-Zielwerten von 50–70 s.

Bei Agitation und ausgeprägtem Hustenreiz trotz multimodaler antitussiver Behandlung war der Blutfluss des extrakorporalen Systems durch Ansaugen der Drainagekanüle immer wieder kompromittiert, daher mussten mehrere Mobilisationsversuche an die Bettkante bereits im Initialstadium abgebrochen werden.

Eine erneute pneumonische bakterielle Superinfektion wurde ab Mitte Dezember 2021 zunächst empirisch mit Piperacillin/Tazobactam behandelt. Bei Nachweis von *Klebsiella oxytoca* im Bronchialsekret sowie vorliegendem Resistogramm konnte die antibiotische Therapie 24 h später resistenzgerecht auf Ciprofloxacin umgestellt werden. Bei abklingendem pulmonalem Infekt waren bei adäquater Druckunterstützung nur noch Tidalvolumina von ca. 150 ml generierbar. Bei klinisch und radiologisch fortschreitender pulmonaler Fibrosierung mit entsprechend schlechter Lungen-Compliance begannen wir nach überstandener bakterieller Superinfektion mit dem Methylprednisolonschema modifiziert nach Meduri [1], um dem pulmonalen Umbau-

prozess entgegenzuwirken. Bei Stagnation der Beatmungsentwöhnung sowie ausgeprägter neuromuskulärer Schwäche mit klinischem Muskelmassenverlust wurde als eine Option zur Therapieoptimierung die qualitative Steigerung der Mobilisationsmaßnahmen gesehen, weshalb ab Ende Dezember 2021 die Mobilisation mittels Roboterassistenz erfolgte. Physiotherapeutische Maßnahmen konnten zuvor nur über passives Durchbewegen, Atemtherapie und den Pilotsitz im Bett eingeschränkt erfolgen, da bei jeglicher konventioneller Mobilisierung und Lagerveränderung eine Ansaugtendenz der ECMO-Drainagekanüle bestand sowie zudem bei Muskelkraftwerten von 1–2/5 auf der MRC (Medical Research Council)-Skala [2, 3] bei bereits ausgeprägtem neuromuskulärem Defizit Stehen oder Gehversuche unmöglich waren.

Beschreibung des verwendeten Robotersystems und Ablauf der Mobilisation

Als Mobilisationsrobotikeinheit verwenden wir das Vemo (very early mobilisation)-System (Fa. Reactive Robotics, München, Deutschland). Es handelt sich dabei um ein robotisches Assistenzsystem mit einem speziellen Intensivpflegebett, an das die Robotikeinheit für die Mobilisationseinheiten angedockt wird (▣ Abb. 2). Mit dem Gesamtsystem sind nach entsprechender Sicherung des Patienten im Bett eine stufenlose Vertikalisierung bis maximal 70° sowie eine robotergestützte Beinbewegungstherapie möglich. Die Intensität des Mobilisationstrainings kann individuell

Abkürzungen	
aPTT	Aktiviert partielle Thromboplastinzeit
ARDS	„Acute respiratory distress syndrome“
COVID-19	„Coronavirus disease 2019“
ECMO	Extrakorporale Membranoxygenierung
ICUAW	„Intensiv care unit-acquired weakness“
IMS	ICU Mobility Score
MRC	Medical Research Council
Vemo	„Very early mobilisation“



Abb. 2 ◀ Vemo-System mit bereits am Fußende des vertikalisierten Intensivpflegebettes andockter Robotikeinheit und nebenstehender Steuereinheit (Trolley mit grafischer Benutzeroberfläche als Touchscreen)



Abb. 3 ▲ COVID-19-Patient mit ECMO in Vemo-Therapie

für den Patienten und seine aktuelle Situation adaptiert werden. Die Anpassung erfolgt über folgende Einstellungsparameter: Dauer der Mobilisationseinheit und Schritzfrequenz (ergeben dann zusammen die Schrittzahl), der Vertikalierungsgrad, der vom Roboter bzw. dann vom Patienten übernommene Kraftanteil (Führungskraft) sowie der maximale Hüftbeugungswinkel. Beim Auftreten von jeglichen Notfallsituationen während der Behandlung kann das Bett mittels Drücken des CPR-Button unmittelbar devertikalisiert werden.

Das Verbleiben in dem auch für die Intensivtherapie geeigneten Pflegebett stellt potenziell einen sicherheitsrelevanten Vorteil dar, da ein risikobehafteter und personalaufwendiger Transfer auf ein anderes Therapiegerät oder in den Stuhl entfällt. Die Betten-/Matratzenabmessungen entsprechen den üblichen Größen/Normen für ein Intensivpflegebett, ebenso die elektronischen Einstellmöglichkeiten für verschiedene Bettpositionen sowie die Optionen zur Bauchlagerungstherapie. Für das Vemo-System sind insgesamt 6 Matratzentypen verschiedener Hersteller zugelassen: 2 passive Dekubitusprophylaxe- und Dekubitustherapiematratzen aus Schaumstoff sowie 4 aktive Matratzensysteme mit Wechseldruckfunktion.

Die Anwendung des Robotikassistenzsystems ist bei leicht abwischbaren/desinfizierbaren Oberflächen auch bei isolierten Patienten mit COVID-19 oder multiresistenten Keimen problemlos möglich.

Grundvoraussetzungen für die sichere Anwendung des Therapiesystems bei ECMO-Patienten sind ein interdisziplinäres, interprofessionelles, in der ECMO-Therapie erfahrenes Behandlungsteam sowie die sichere Fixierung der ECMO-Kanülen. Um die mechanische Belastung und Unruhe auf die femorale Drainagekanüle möglichst gering zu halten, wurde die Punktionsstelle sonographisch regelhaft ca. 5 cm kaudal des Leistenbandes gewählt.

Die Vorbereitungen für die Therapieeinheit mit Anbringen des Sicherheitsmaterials (Gurte, Sitzadapter mit integrierter Sitzrolle/Befestigungsgurten, Anbringen der Bein- und Fuß-Adapter, Andocken des Roboters) werden von einem routinierten Anwenderteam, bestehend aus einer Pflegekraft und einem Physiotherapeuten, mit einem Zeitaufwand von ca. 20–30 min vorgenommen. Beim Intensivpatienten mit ECMO-Therapie wird dann unter Hinzuziehung des Intensivmediziners die Therapieeinheit gestartet, die angestrebte effektive Therapiezeit für den Patienten be-

trägt 30 min. Im Regelfall erfolgt die weitere Betreuung durch das Anwenderteam aus Pflegekraft und Physiotherapie ohne zusätzlichen Personalbedarf (▣ **Abb. 3**, Zusatzmaterial online: Video, s. Box am Beginn des Artikels). Die Abrüstzeit wird in unserer Klinik mit ca. 10–15 min veranschlagt, sodass bei Vorhandensein mehrerer Therapiebetten mit einem Robotik-Steuerungssystem in der Kernarbeitszeit potenziell zumindest 5 Patienten/Tag auf diese Art mobilisiert werden können.

Ziel der Mobilisationsrobotik ist eine möglichst frühe Mobilisation auch des instabilen und kaum zur aktiven muskulären Mitarbeit fähigen Intensivpatienten über die Stufe 1 des IMS (ICU Mobility Score, ▣ **Tab. 1**) hinaus. Welche Stufe tatsächlich erreicht wird, hängt vom Patientenzustand und der Vulnerabilität des extrakorporalen Systems ab. Die konkrete Erfassung mittels IMS ist schwierig, da die Mobilisationsrobotik verschiedene Elemente einzelner Stufen enthalten kann. Das Erreichen von IMS-Stufe 4 ist formal nur bei einer Vertikalisierung von mindestens 60° erfüllt. Die robotergeführten, isokinetischen Gehbewegungen sind sicherlich nicht einer normalen Gehaktivität (Stufe 6) gleichzusetzen, aber vermutlich effektiver als eine größtenteils nur passive Mobilisierung.

Tab. 1 IMS. (Modifiziert und ins Deutsche übersetzt nach Hodgson et al. [17])

IMS-Stufe	Kurzbeschreibung
0	Keine Mobilisierung
1	Im Bett sitzen (Pilot) oder Übungen im Bett
2	Passiv in einen Stuhl bewegen
3	Bettkante sitzen
4	Stehen vor dem Bett
5	Aktiver Transfer in einen Stuhl
6	Auf der Stelle gehen
7	Gehen mit ≥ 2 Personen > 5 m
8	Gehen mit einer Person > 5 m
9	Gehen mit Hilfsmittel > 5 m
10	Unabhängiges Gehen

Fortführung des Fallberichts

Unter dem erweiterten Therapieregime mit insgesamt 5 Vemo-Therapiesitzungen innerhalb einer Woche besserten sich pulmonale Funktion, Compliance, Atemmechanik und Muskelkraft, sodass bei auch verbesserten Atemzugvolumina mit dem kontinuierlichen Weaning und der vorsichtigen PEEP-Reduktion begonnen werden konnte. Die Therapiedauer einer Einheit betrug für den Patienten 30 min effektive Therapiezeit mit einer Vertikalisierung bis 50° und einem Hüftbeugewinkel von 20–30°. Die Schrittfrequenzen von 40/min wurden vom Patienten gut toleriert, sodass pro Therapieeinheit zwischen 1000 und 1200 Schritte erreicht wurden. Eine möglichst hohe Schrittfrequenz und eine Steigerung des Hüftbeugewinkels fördern den venösen Rückfluss durch Aktivierung der Muskelpumpe an den Beinen.

Die ECMO-Therapie konnte Anfang Januar 2022 beendet werden. Bei klinischer Besserung der Polyneuromyopathie mit gesteigerten Muskelkraftwerten von 3–4/5 (MRC-Skala) wurden Fortschritte im diskontinuierlichen Weaning und bei der Mobilisation bis in den Gehwagen erreicht. Mitte Januar 2022 konnte die Trachealkanüle entfernt werden. Bereits einen Tag später konnte der Patient auf die Normalstation verlegt werden, weitere 3 Tage später erfolgte die Entlassung nach Hause mit allerdings noch bestehender Sauerstoffsufflationstherapie. Eine zeitnahe COVID-spezifische Rehabilitati-

onstherapie wurde geplant, der Patient erreichte unter diesen rehabilitativen Maßnahmen dann zunächst Sauerstofffreiheit in Ruhe und kann 6 Monate nach Erkrankungsbeginn nun wieder leichte körperliche Belastungen ohne zusätzliche Sauerstoffgabe bewältigen.

Diskussion

Patienten mit schweren COVID-19-Verläufen werden oft prolongiert intensivmedizinisch, einschließlich Organersatzverfahren, behandelt. Trotz Einsatz des ECMO-Verfahrens sind die Gesamtbehandlungsergebnisse und Überlebensraten unzufriedenstellend [4]. Die hohe Letalität bis zu 60% ist sicher multifaktoriell und bedarf auch der (medizinischen) Hinterfragung einer korrekten Indikationsstellung für das extrakorporale Verfahren. Die thrombembolischen Komplikationen bei Patienten mit COVID-19 wurden bereits in der ersten Welle evident und konnten durch die Etablierung einer bedarfsgerechten Antikoagulation deutlich gesenkt werden. Weitere Hauptmortalitäts- und Morbiditätsfaktoren sind Superinfektionen, nichtaufzuhaltende Fibrosierungsprozesse der Lungen sowie eine ICU-acquired weakness (ICUAW) mit Beeinträchtigung des Weaning-Prozesses sowie begünstigtem Übergang in ein Long-COVID-Syndrom.

ICUAW und Frühmobilisation

Bei Patienten mit einer ECMO-Therapie sind erweiterte Maßnahmen zur Frühmobilisation diffiziler umzusetzen als bei Intensivpatienten ohne extrakorporale Zirkulation. Bei prolongiertem Verlauf von COVID-19 in Kombination mit oft langer intensivmedizinischer Behandlungsdauer und der Anwendung extrakorporaler Therapieverfahren führt dies dazu, dass diese Patientensubpopulation aus unserer Wahrnehmung und aus Beschreibungen der Literatur [5] überdurchschnittlich häufig und schwer an einer neuromuskulären Schwäche leidet. Tägliches Durchbewegen von Extremitäten, Mobilisation in Pilotsitz und Atemtherapie sind zwar basale Physiotherapiemaßnahmen, die allerdings das häufige Auftreten einer mit einer Intensivbehandlung assoziierten Polyneu-

romyopathie nicht regelhaft verhindern können.

Eine Mobilisation an die Bettkante sowie in den Gehwagen oder Stand wird angesichts der einliegenden großlumigen ECMO-Kanülen und zu erwartenden Störungen der extrakorporalen Blutzirkulation oft (zu) zögerlich indiziert. Dislokation von ECMO-Kanülen mit entsprechend dramatischen Blutungskomplikationen sowie kardiozirkulatorische Instabilität unter Mobilisation sind gefürchtete Komplikationen, die nach der Nutzen-Risiko-Abwägung eine entsprechende Zurückhaltung bei der Frühmobilisation über die genannten physiotherapeutischen Basismaßnahmen hinaus bedingen können. Die Sicherheit einer Mobilisation bis an die Bettkante, in den Stand oder sogar für eine kurze Gehstrecke konnte aber für die genannte Patientengruppe gezeigt werden, wenn diese durch ein erfahrenes Team durchgeführt wird [6, 7]. Auch eine rezente Studie konnte erneut bestätigen, dass bei einem ECMO-erfahrenen Behandlungsteam (Physiotherapeuten, Pflege, Ärzte) eine Frühmobilisation möglich und sicher war, aber die Qualität und die Möglichkeiten einer frühen Physiotherapie mit aktiver Mitarbeit des Patienten durch das extrakorporale Organersatzverfahren und eine ICUAW doch oft eingeschränkt waren [8]. In einer weiteren Studie konnte mit großem Aufwand eine aktive Mobilisierung von ECMO-Patienten mit Erreichen eines IMS ≥ 3 realisiert werden, dabei kam es bei mehr als 300 Mobilisationstherapien nur zu einer akzidentellen Dislokation der ECMO-Kanüle mit möglicher rascher Rekanülierung [9].

Gemäß den 10 Qualitätsindikatoren der Intensivbehandlung und aktuellen Leitlinien ist eine tägliche Frühmobilisation innerhalb der ersten 72 h nach dem Beginn der Intensivbehandlung gefordert, sofern ihr keine medizinischen Gründe entgegenstehen [10, 11]. Auch wenn die Studienlage bezüglich der Effektivität der Frühmobilisation heterogen ist, kann von einem positiven Effekt bezüglich des Erhalts von Muskelmasse und Funktionalitätsverbesserung ausgegangen werden [11, 12]. Bei konsequenter Frühmobilisation bei Intensivpatienten konnten eine signifikant höhere Muskelkraft des M. quadriceps femoris [13], ein signifikant höherer Status funktioneller Unabhängigkeit nach der Entlas-

sung, signifikant längere Gehstrecken, signifikant höhere Barthel-Indizes, eine kürzere Beatmungsdauer sowie eine höhere Entlassungswahrscheinlichkeit von der Intensivstation gefunden werden. Diese zusammengefasst aufgeführten Studienergebnisse führen zu einer Leitlinienempfehlung für die Frühmobilisation mit dem Evidenzgrad 2b und dem Empfehlungsgrad A [14], wengleich sich auch in aktuellen Metaanalysen positive Effekte auf die Mortalität nicht immer zeigen ließen [15]. Durch Einbindung der Frühmobilisation in ein Maßnahmenbündel (z. B. ABCDEF-Konzept) konnte aber das Outcome von kritisch kranken Patienten auch bezüglich des Überlebens und weiterer klinisch bedeutsamer Entitäten verbessert werden [16]. Besonders bei der Patientengruppe der COVID-19-Erkrankten mit ECMO sind dadurch auch eine potenzielle Reduktion der Fibrosierungsprozesse, eine Verbesserung der pulmonalen Funktion und des Weanings sowie eine Vermeidung einer schweren ICUAW mit positiven Effekten auf das Langzeit-Outcome und das Auftreten von Long-COVID denkbar.

Um eine qualitativ möglichst hochwertige und effektive (Früh)Mobilisation zu erreichen, erschien uns die Mobilisationsrobotik eine probate Möglichkeit, um über Vertikalisierung, Aktivierung und isokinetisches, robotikassistiertes Training der Muskulatur einen optimalen Effekt der Physiotherapie bei einem ECMO-Patienten mit ausgeprägter neuromuskulärer Schwäche zu erreichen.

Als möglicher positiver Nebeneffekt ist bilanzierend sogar von einem personalressourcenschonenden Effekt auszugehen. Bei beobachtetem leicht reduziertem quantitativem Personalaufwand im Vergleich zu herkömmlichen, äquivalent aktivierenden, konventionellen Mobilisationstechniken wird die körperliche Beanspruchung und Belastung unter Zuhilfenahme der Roboterassistenz vom eingesetzten Personal als merklich geringer empfunden.

Die tatsächliche Effektivität oder vielleicht sogar eine Outcome-relevante Überlegenheit zu bisher praktizierten konventionellen Mobilisationsstrategien bei dieser Patientengruppe sollte in zusätzlichen Studien untersucht werden. Auswirkungen auf Vigilanz und Kognition, die pulmona-

Robotic-assisted mobilization for an effective mobilization in a COVID-19 patient with ECMO treatment

An effective (early) mobilization in COVID-19 intensive care patients with ECMO treatment is very important. Sedation, extracorporeal procedures with the danger of circuit malfunction, large lumen ECMO cannulas with a risk of dislocation and a very severe neuromuscular weakness are factors that could deem mobilization beyond stage 1 of the ICU mobility score (IMS) in some cases difficult or impossible; however, early mobilization is a key point of the ABCDEF bundle to counteract pulmonary complications, neuromuscular dysfunction and enable recovery. The case of a 53-year-old, previously healthy and active male patient with a severe and complicated course of COVID-19 and pronounced ICU-acquired weakness is described. While receiving ECMO the patient could be mobilized using a robotic system. Due to severe and rapidly progressing pulmonary fibrosis, additional low-dose methylprednisolone therapy (Meduri protocol) was implemented. Under this multimodal treatment the patient was successfully weaned from the ventilator and decannulated. Robotic-assisted mobilization has the potential to be a novel and safe therapeutic option for a customized and highly effective mobilization in ECMO patients.

Keywords

COVID-19 · ECMO · Early mobilization · Robotic-assisted mobilization · ICUAW

le Funktion und Trainingseffekte für das kardiorespiratorische System durch Vertikalisierung in Kombination mit robotikassistierten Gehbewegungen sollten im Rahmen von zukünftigen Forschungsprojekten systematisch erfasst werden.

Fazit für die Praxis

- Mit einem standardisierten Maßnahmenbündel sollte dem unbefriedigenden Outcome von ECMO-pflichtigen COVID-Patienten entgegengewirkt werden.
- Bei allen Intensivpatienten, auch unter ECMO-Therapie, sollte ein tägliches Screening auf Mobilisationsfähigkeit erfolgen.
- Eine hochwertige Frühmobilisation (IMS \geq 3) ist ein wichtiger, auch bei ECMO-Patienten anzustrebender Teil dieses Maßnahmenbündels.
- Besonders bei simultan ausgeprägter neuromuskulärer Schwäche mit Unmöglichkeit der Mobilisation an die Bettkante, in den Stand oder in den Gehwagen könnte die Mobilisationsrobotik eine neuartige Therapieoption zur Steigerung der Mobilisationsqualität und -effektivität sein.
- Der Einsatz der robotikassistierten Mobilisation evtl. in Kombination mit einem niedrigdosierten, prolongierten Kortisonschema (z. B. nach Meduri) ist eine potenzielle Therapiemöglichkeit, um ICUAW zu vermindern/zu behandeln und COVID-19-assoziierten Fibrosierungsprozessen entgegenzutreten.
- Welchen Einfluss diese Therapieformen auf die pulmonale Regeneration, die Beatmungsentwöhnung und das Gesamt-Outcome von COVID-19-Patienten mit

ECMO-Therapie haben, gilt es, in zukünftigen Studien zu evaluieren.

Korrespondenzadresse

Dr. F. Dieterich, DESA

Abteilung für Anästhesie, Intensiv- und Schmerzmedizin, BG Unfallklinik Murnau Prof.-Küntscher-Str. 8, 82418 Murnau, Deutschland
frank.dieterich@bgu-murnau.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. F. Dieterich, J. Perras, W. Popp, M. Ahrens und S. Wirth geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Literatur

1. Meduri GU et al (2007) Methylprednisolone infusion in early severe ARDS: results of a randomized controlled trial. *Chest* 131:954–963
2. Medical Research Council (1981) Aids to the examination of the peripheral nervous system. Memorandum, Bd. 45. Her Majesty's Stationery Office, London
3. Latronico N, Gosselink R (2015) A guided approach to diagnose severe muscle weakness in the intensive care unit. *Rev Bras Ter Intensiva* 27:199–201
4. Bein T et al (2022) ECMO-Einsatz bei COVID-19: Hohe Sterblichkeit in der Klinik. *Dtsch Arztebl* 119:125–128

5. Hyes K et al (2018) Acute skeletal muscle wasting and relation to physical function in patients requiring extracorporeal membrane oxygenation. *J Crit Care* 48:1–8
6. Abrams D et al (2014) Early mobilization of patients receiving extracorporeal membrane oxygenation: a retrospective cohort study. *Crit Care* 18:R38
7. ECMO PT Study Investigators (2020) Early mobilization during extracorporeal membrane oxygenation was safe and feasible: a pilot randomized controlled trial. *Intensive Care Med* 46:1057–1059
8. ECMO-PT Study Investigators, International ECMO Network (2020) Early mobilisation during extracorporeal membrane oxygenation was safe and feasible: a pilot randomised controlled trial. *Intensive Care Med* 46:1057–1059
9. Braune S et al (2020) Feasibility, safety and resource utilisation of active mobilisation of patients on extracorporeal life support: a prospective observational study. *Ann Intensive Care* 10:161
10. Kumpf O et al (2018) Intensivmedizinische Qualitätsindikatoren 2017. *Anasth Intensivmed* 59:326–349
11. Fichtner F et al (2017) S3-Leitlinie Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz. AWMF Leitlinien-Register Nr.001/021
12. Fuest K, Schaller SJ (2019) Frühmobilisation auf der Intensivstation – wie ist die Evidenz? *Med Klin Intensivmed Notfmed* 114:759–764
13. Burtin C et al (2009) Early exercise in critically ill patients enhances short-term functional recovery. *Crit Care Med* 37:2499–2505
14. Bein T et al (2015) Kurzversion S2e-Leitlinie – Lagerungstherapie und Frühmobilisation zur Prophylaxe oder Therapie von pulmonalen Funktionsstörungen. *Anaesthesist* 64:596–611
15. Waldauf P et al (2020) Effects of rehabilitation interventions on clinical outcomes in critically ill patients: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Crit Care Med* 48:1055–1065
16. Pun BT et al (2019) Caring for critically ill patients with the ABCDEF-bundle: results of the ICU liberation collaborative in over 15,000 adults. *Crit Care Med* 47:3–14
17. Hodgson C et al (2014) Feasibility and inter-rater reliability of the ICU mobility scale. *Heart Lung* 43:19–24