



Frühmobilisation auf der Intensivstation – Sind robotergestützte Systeme die Zukunft?

Lucas Huebner¹ · Ines Schroeder¹ · Eduard Kraft² · Marcus Gutmann² · Johanna Biebl² · Amrei Christin Klamt³ · Jana Frey³ · Angelika Warmbein⁴ · Ivanka Rathgeber⁴ · Inge Eberl³ · Uli Fischer⁴ · Christina Scharf¹ · Stefan J. Schaller⁵ · Michael Zoller¹

¹ Klinik für Anästhesiologie, LMU Klinikum, München, Deutschland

² Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Muskuloskelettales Universitätszentrum München (MUM), Klinikum der Universität München, LMU München, München, Deutschland

³ Professur für Pflegewissenschaften, Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt, Eichstätt, Deutschland

⁴ Klinische Pflegeforschung & Qualitätsmanagement, LMU Klinikum, München, Deutschland

⁵ Klinik für Anästhesiologie mit Schwerpunkt operative Intensivmedizin, Charité – Universitätsmedizin Berlin, Berlin, Deutschland

Zusammenfassung

Hintergrund: Bei etwa 43 % aller Überlebenden der Intensivmedizin wird ein erworbenes Syndrom an Muskelschwäche beobachtet, welches Überleben und Lebensqualität vermindert. Da kausale Therapieoptionen bisher fehlen, stehen die Vermeidung der bekannten Risikofaktoren und Frühmobilisation im Vordergrund. Robotische Unterstützungssysteme werden vermehrt in der Mobilisation erprobt.

Ziel der Arbeit: In diesem Übersichtsartikel wird die aktuelle Evidenz von Frühmobilisation von kritisch Kranken zusammengefasst und der Stellenwert robotischer Assistenzsysteme für Mobilisation diskutiert.

Ergebnisse: Mobilisation sollte auf der Intensivstation nach Möglichkeit früh begonnen werden. Hierunter wird der Beginn in den ersten 72 h nach der Aufnahme auf die Intensivstation verstanden. Physiotherapeutische Interventionen während des Intensivaufenthalts zeigen positive Effekte auf die Lebensqualität von PatientInnen, auf die Dauer von invasiver Beatmung, Intensivaufenthalt und Delir. Strukturierte Behandlungsprotokolle führen zu mehr aktiver Mobilisation, höherer Mobilität und häufigerer funktioneller Unabhängigkeit bei Entlassung aus dem Krankenhaus. Nach Schlaganfällen erhöhen zusätzliche robotergestützte Therapieeinheiten insbesondere bei stärker eingeschränkten PatientInnen die Rate an Rückkehrern zum selbstständigen Gehen, scheinen sicher und verbesserten in kleinen Studien Muskelkraft und Lebensqualität.

Schlussfolgerung: Frühmobilisation verbessert das Outcome von kritisch Erkrankten. Robotische Systeme unterstützen das Gangtraining nach einem Schlaganfall und werden auf der Intensivstation in ersten Studien zu Vertikalisierung und Frühmobilisation untersucht.

Schlüsselwörter

„Critical-illness“-Polyneuropathie · Intensivmedizin · Robotische Assistenz · Mobilisation · Muskelschwäche



Überlebende kritischer Erkrankungen leiden häufig an einem erworbenen Syndrom der Muskelschwäche, das deren Überleben und Lebensqualität beeinträchtigt [14, 30]. Nachdem Studien die Vorteile frühzeitiger Mobilisation aufzeigten [23, 24], wurde diese ein fester Bestandteil von Leitlinien und klinischer Praxis. Was ist die aktuelle Evidenz zum Thema Frühmobilisation auf der Intensivstation, und welchen Beitrag können robotische Unterstützungssysteme in der Mobilisation leisten?

Die moderne Intensivmedizin überwacht und behandelt PatientInnen mit lebensbedrohlichen Erkrankungen und Zuständen multiprofessionell und interdisziplinär. Häufig werden bei den Überlebenden kritischer Erkrankungen und langwieriger Intensivaufenthalte Einschränkungen von Muskelmasse, -kraft und -funktion beobachtet, die deren Letalität [14] und gesundheitsbezogene Lebensqualität [30] negativ beeinflussen. Durch den längeren Intensivaufenthalt entstehen zudem höhere Kosten für das Gesundheitssystem [14]. Nach dem Ausschluss von kausalen Faktoren, wie zentral-neurologischen Ursachen oder Myopathien, kann das Syndrom der Muskelschwäche von kritisch Kranken („intensive care unit-acquired weakness“, ICUAW) diagnostiziert werden, welches die Polyneuropathie (CIP), Myopathie (CIM) und Neuromyopathie (CIPNM) von IntensivpatientInnen umfasst [25]. Je nach Kollektiv, Risikofaktoren und Diagnosekriterien schwankt die Prävalenz stark. In einer Übersichtsarbeit mit 31 Studien wird die mediane Prävalenz der ICUAW mit 43 % (Interquartilsabstand 25–75 %) beschrieben [12]. Zu den Risikofaktoren der ICUAW zählen Sepsis, Multiorganversagen, künstliche Beatmung sowie neuro- bzw. myotoxische Substanzen und Immobilisation [13]. Da bisher keine kausalen Therapiemöglichkeiten der ICUAW bekannt sind, stehen präventive Strategien wie adäquate Sepsistherapie, die Optimierung des Blutzuckers, Begrenzung von myo- sowie neurotoxischen Substanzen und die Mobilisation im Vordergrund. Dieser selektive Übersichtsartikel fasst die aktuelle Evidenz in Bezug auf die Rolle der Frühmobilisation bei kritisch kranken PatientInnen mit einem besonderen

Augenmerk auf robotische Unterstützungssysteme zusammen und formuliert auf deren Grundlage Handlungsempfehlungen.

Frühmobilisation auf der Intensivstation

Die Definition von Frühmobilisation beatmeter PatientInnen ist international noch uneinheitlich [9]. In Deutschland erfolgt die Definition durch die S2e-Leitlinie „Lagerungstherapie und Frühmobilisation zur Prophylaxe oder Therapie von pulmonalen Funktionsstörungen“, deren Nachfolger für 2022 erwartet wird. Darin wird als Frühmobilisation der Beginn innerhalb von 72 h nach Aufnahme auf die Intensivstation definiert. Hierbei kann zwischen komplett passiver, teilweise unterstützter und aktiver, also komplett durch die PatientInnen erfolgter Mobilisation unterschieden werden. Frühmobilisation sollte protokollbasiert erfolgen und Strategien zur Überwachung von Schmerzen, Angst, Agitation und Delir umfassen [3]. Neuere Veröffentlichungen weisen darauf hin, dass ein früher Beginn innerhalb von 48–72 h nach dem Beatmungsbeginn von Vorteil zu sein scheint [11]. Es besteht aber weiterhin Bedarf an Normierung und Standardisierung von Interventionen, um den idealen Startpunkt von Mobilisation zu finden [19] und möglichen Schaden von zu früher Mobilisation auszuschließen.

Dass die Mobilisation von IntensivpatientInnen bereits vor der Extubation beginnen sollte, zeigten Schweickert et al. eindrücklich im Jahre 2009. So erreichten bei Entlassung aus dem Krankenhaus signifikant mehr PatientInnen eine funktionelle Unabhängigkeit, wenn Ergo- und Physiotherapie bereits innerhalb der ersten 72 h – und nicht erst etwa eine Woche – nach der Intubation begannen [24]. Dies wurde von Schaller et al. in der ersten internationalen Studie in einem vorwiegend chirurgischen Patientengut bestätigt [23]. Für den positiven Einfluss von physiotherapeutischen Interventionen während der Intensivtherapie auf die Lebensqualität und Inanspruchnahme von Gesundheitsleistungen, also auf die Länge von Intensiv- bzw. Krankenhausaufenthalt, gibt es Evidenz hoher Qualität [10]. Es wurde eine deutliche Korrelation von Be-

handlungslänge und Behandlungseffekt, also Verkürzung der invasiven Beatmungsdauer bzw. Länge des Intensivaufenthalts, beobachtet [28]. Tägliche Aufwachversuche führten in Kombination mit früher Mobilisierung zu mehr delirfreien Tagen [23] und kürzeren deliranten Episoden [24], weshalb Frühmobilisation Bestandteil etablierter Delirpräventionsstrategien ist [2].

Erste Arbeiten zeigten bereits, dass die Etablierung von standardisierten Behandlungsprotokollen zu mehr aktiven, physiotherapeutischen Übungen, höherer Mobilität [16] und häufigerer funktioneller Unabhängigkeit bei Entlassung aus dem Krankenhaus führt [23]. Nach Einschätzung des derzeitigen funktionellen Levels anhand der ICU Mobility Scale (IMS) [16], bzw. des Surgical ICU Optimal Mobilisation score (SOMS) [23] wurden hierzu entlang eines Protokolls eine Stunde aktive Mobilisationen durchgeführt [16] bzw. täglich und interprofessionell ein Mobilisierungsziel definiert, Hindernisse identifiziert und Maßnahmen zur Erreichung des Mobilisierungsziels ergriffen [23].

Signifikante Unterschiede in Muskelkraft oder Lebensqualität 3 bzw. 6 Monate nach der Entlassung aus dem Krankenhaus konnten durch die Behandlungsprotokolle im Vergleich zur Kontrollgruppe jedoch nicht nachgewiesen werden [16, 23]. Die Tatsache, dass randomisierte Interventionsstudien der letzten Jahre es nicht vermochten, die eindrücklichen Effekte älterer Studien zur Frühmobilisation zu reproduzieren, liegt vermutlich an dem seit damals erfolgten Paradigmenwechsel zum Thema Mobilisation auf der Intensivstation. Die mittlerweile standardmäßig durchgeführte Mobilisation [27] steht im Kontrast zu den Kontrollgruppen von Schweickert und Morris, deren Mobilisation erst 7 Tage nach einer Intubation [24] bzw. nach der Aufnahme auf die Intensivstation begann [20]. Mit Spannung erwartet werden daher die Ergebnisse der internationalen und größten randomisierten kontrollierten Mobilisierungsstudie (TEAM RCT, www.teamtrial.org.au), die gegen Ende des Jahres 2021 die Rekrutierung beenden wird und als primären Endpunkt das Langzeitergebnis nach 6 Monaten untersucht.

Bisher deutet alles darauf hin, dass die Frühmobilisation von beatmeten



Abb. 1 ▲ Der Erigo® ermöglicht eine stufenlose Vertikalisierung mit Beinmobilisation. (Mit freundlicher Genehmigung von Calabrò [6]; veröffentlicht unter CC-BY-NC 4.0)

IntensivpatientInnen gut realisierbar und sicher ist [21]. Es soll an dieser Stelle jedoch auch erwähnt werden, dass in der AVERT-Studie, die eine sehr frühe und intensivierte Mobilisation nach einem Schlaganfall untersuchte, die Kontrollgruppe nach 3 Monaten ein, wenn auch nicht signifikant, besseres funktionelles Outcome zeigte [26]. Die Mobilisation war in der Interventionsgruppe im Median 18,5 h – im Vergleich zu 22,4 h – nach einem Schlaganfall erfolgt, sodass zumindest in diesem Kollektiv nicht angenommen werden darf, dass Mobilisation umso effektiver wirkt, je früher begonnen wird. Allerdings zeigte die prospektiert definierte Sekundäranalyse, dass bei diesen SchlaganfallpatientInnen der Start mit einem hohen Mobilisationslevel und mehrere kurze Einheiten statt weniger langer Einheiten vorteilhaft sind [4].

Roboterassistierte Mobilisation

Roboterassistierte Systeme sollen die personalintensive Mobilisation und Vertikali-

sierung schwerstkranker PatientInnen optimieren, die auch wegen ihrer personalaufwendigen Natur zu wenig betrieben wird [1]. Es werden Erleichterungen für PatientInnen und Mobilisierende und höhere Raten an Frühmobilisation erhofft. Wie bei Bettfahrrädern ist die Trainingsintensität von komplett passiver Mobilisation über adaptive Kraftunterstützung bis hin zur aktiven Mobilisation, und somit an das Aktivitätsniveau von PatientInnen, anpassbar. Trainingsdauer und -intensität werden digital dokumentiert und ermöglichen eine individuelle Trainingsplanung und -auswertung.

Kommerziell erhältliche Assistenzsysteme, die Vertikalisierung und Mobilisation kritisch Erkrankter ermöglichen, sind der Erigo® (Hocoma AG, Volketswil, Schweiz) (Abb. 1) sowie der VEMOTION® (Re-Active Robotics, München, Deutschland) (Abb. 2). Nach Sicherung der PatientInnen mittels Gurtsystem ermöglichen die Systeme eine stufenlose Vertikalisierung bis 90° bzw. 70° und führen zyklische Schrittbewegungen durch. Der Erigo®



Abb. 2 ▲ Der VEMOTION® kann direkt an das Bett angebracht werden. Der Transfer auf eine Vertikalisierungshilfe entfällt und somit auch eine Komplikationsquelle. (Mit freundlicher Genehmigung der Autoren)

kann um funktionelle Elektrostimulation ergänzt werden. Durch das Koppeln eines mobilen Roboters an das Bett entfällt beim VEMO® der personalaufwendige Transfer der PatientInnen auf ein Trainingsgerät und somit eine Komplikationsquelle.a

Die umfassendste Studienlage findet sich außerhalb der Akutversorgung zum Gangtraining nach Schlaganfällen. Hier erhöhen zusätzliche roboter- oder elektromechanisch unterstützte Therapieeinheiten die Rate an RückkehrerInnen zum selbstständigen Gehen. Die eingesetzten Assistenzsysteme sichern die stehenden PatientInnen ebenfalls per Gurt und erleichtern das Gangtraining durch robotergesteuerte Orthesen, die die Bewegung der paretischen Extremität leiten. Ein repetitives Gangtraining wird insbesondere stärker eingeschränkten PatientInnen, bei denen ein konventionelles Laufbandtraining mit Unterstützung der Rumpfkontrolle und Führen der paretischen Extremität hohe Anforderungen an TherapeutInnen stellt, ermöglicht. Eine Metaanalyse ergab, dass PatientInnen, die zu Beginn der Intervention nicht laufen konnten und deren Therapie früh begann, am meisten profitierten [18].

In kleinen Studien war die roboterunterstützte Vertikalisierung durch Erigo® nach einem Schlaganfall [6] und schwerer Schädigung des Gehirns [22] sicher und führte im Vergleich zu physiotherapeutischer Vertikalisierung zu einer besseren motorischen und kognitiven Funktion, zu

erhöhter sensomotorischer und vestibulärer Plastizität [6] sowie im Vergleich zum Bettfahrrad zu geringeren Plasmakatecholaminspiegeln [22]. Drei Monate nach robotergestützter Vertikalisierung (30 Tage zu jeweils 50–60 min) werden zudem signifikant höhere Muskelkraft und Lebensqualität sowie weniger Einschränkungen durch den Schlaganfall beschrieben [17].

Auf Intensivstationen kann die Physiotherapie durch nichtrobotische Hilfsmittel wie Stehbretter für Vertikalisierungsübungen sowie Bettfahrräder für eine Mobilisation der Beine im Liegen unterstützt werden. Hinweise, dass ein Gerätetraining die Prävention des ICUAW unterstützen kann, lieferten Hickmann et al. 2018. Sie zeigten, dass der Muskelverlust septischer PatientInnen (26% der Querschnittsfläche des M. quadriceps femoris in Muskelbiopsien) durch frühe Physiotherapie und zusätzliche Therapieeinheiten am Bettfahrrad reduziert werden kann [15]. Auch verbesserten zusätzliche Trainingseinheiten am Bettfahrrad die mögliche Gehstrecke von IntensivpatientInnen bei der Entlassung aus dem Krankenhaus sowie die isometrische Kraft des M. quadriceps femoris und die subjektive körperliche Funktion (im SF-36-Fragebogen), sogar wenn diese zusätzlichen Trainingseinheiten erst 5 Tage nach der Aufnahme auf der Intensivstation begannen [5]. Daten zum Outcome nach roboterassistierter Frühmobilisation auf einer Intensivstation sind den AutorInnen nicht bekannt.

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung werden im MobiStaR-Projekt (Mobilisation Intensiv-Pflegebedürftiger durch einen neuen Standard in der adaptiven Robotik) derzeit die Voraussetzungen untersucht, die nötig sind, um robotergestützte Mobilisation auf der Intensivstation zu etablieren und die Mobilisierungsrate kritisch Erkrankter zu erhöhen [29]. Im Rahmen des Begleitforschungsprojekts „Robotische Systeme für die Pflege“ werden Methodenworkshops zur Verbesserung robotischer Systeme durchgeführt und Schnittstellen zur Interoperabilität standardisiert. Zwei Pilotstudien untersuchen zudem bereits die Frühmobilisierungsraten beatmeter PatientInnen unter VEMO®-assistierter Mobilisation [7, 8].

Ausblick: offene Fragen

Auch wenn wir von der Zukunftsvision einer robotergestützten, patientenadaptierten Mobilisation auf der Intensivstation noch weit entfernt sind, sind die ersten Schritte bereits getan. In Zukunft sind neben der Standardisierung von physiotherapeutischen Interventionen, z. B. in Behandlungsprotokollen, und Normierungen von Begriffen wie Frühmobilisation – im Vergleich zu sehr früher und später Mobilisation – weitere Studien nötig, um den optimalen Startzeitpunkt für physiotherapeutischer Interventionen bei intubierten PatientInnen zu bestimmen. Des Weiteren gilt es zu untersuchen, welche Intensität, Dauer und Anzahl der täglichen Trainingseinheiten die besten Langzeitergebnisse ergeben. In Bezug auf Roboterunterstützung bei Vertikalisierung und Mobilisation von IntensivpatientInnen gilt es, die Durchführbarkeit und Sicherheit zu untermauern. Auch die Effekte auf Eigenständigkeit und Lebensqualität müssen in diesem Kollektiv untersucht werden.

Die robotische Unterstützung von physisch strapaziösen Aufgaben, wie schwerem Heben und Tragen, sowie die mögliche Fokussierung auf nichtautomatisierbare Prozesse und die folgende Zeiterparnis könnten die Arbeitsbelastung von Pflege und Physiotherapie verringern und somit ein Baustein im Kampf gegen die Abwanderung von Fachkräften darstellen. Ob es zu diesen Effekten kommt, und wie gut PatientInnen, Angehörige und Intensivteams robotische Unterstützungssysteme akzeptieren, bleibt abzuwarten.

Fazit für die Praxis

- Viele intensivmedizinisch behandelte PatientInnen zeigen das Syndrom der erworbenen Muskelschwäche (ICUAW).
- Bei fehlenden kausalen Therapieoptionen ist eine Prävention durch adäquate Sepsistherapie, Glucosemanagement, frühes Beatmung-Weaning und Mobilisation entscheidend.
- Physiotherapeutische Interventionen vermindern den Muskelschwund, erhöhen die Lebensqualität bei Überlebenden kritischer Erkrankungen und verkürzen delirante Episoden. Sie sollten auf der Intensivstation vor der Extubation begonnen werden.
- Nach einem Schlaganfall erleichtern Mobilisationsroboter die Rückkehr zum selbst-

ständigen Gehen, scheinen sicher und erhöhen in kleinen Studien Muskelkraft und Lebensqualität.

- Von roboterunterstützter Mobilisation auf der Intensivstation werden häufigere und intensivere Trainingseinheiten und eine Entlastung von PhysiotherapeutInnen und Pflege erhofft.
- Erste Studien untersuchen den Einsatz von Robotern zur Frühmobilisation auf der Intensivstation und die Auswirkungen auf Outcome-Parameter.

Korrespondenzadresse

Dr. med. Lucas Huebner

Klinik für Anästhesiologie, LMU Klinikum
Marchioninstr. 15, 81377 München,
Deutschland
lucas.huebner@med.uni-muenchen.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. S.J. Schaller berichtet über Zuschüsse und nichtfinanzielle Unterstützung von ESICM (Brüssel, Belgien), Fresenius (Deutschland), Liberate Medical LLC (Crestwood, USA), STIMIT AG (Nidau, Schweiz) sowie von der Technischen Universität München, Deutschland, von nationalen (z. B. DGAI) und internationalen (z. B. ESICM) medizinischen Gesellschaften (oder deren Kongressveranstaltern) im Bereich der Anästhesiologie und Intensivmedizin, persönliche Honorare und nichtfinanzielle Unterstützung von P.A.I.N.S., alle außerhalb der eingereichten Arbeit. S.J. Schaller hält in geringem Umfang Aktien der Alphabeth Inc., der Rhön-Klinikum AG und der Siemens AG. Dies hatte keinen Einfluss auf das vorliegende Manuskript. I. Schroeder, E. Kraft, M. Gutmann, J. Biehl, A.C. Klamt, J. Frey, A. Warmbein, I. Rathgeber, I. Eberl, U. Fischer und C. Scharf werden in Rahmen des BMBF Projekt „MobiStaR“ (Förderkennziffer: 16SV842) zur Etablierung robotischer Mobilisation gefördert. Dies hatte keinen Einfluss auf das Manuskript. L. Huebner und M. Zoller geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

1. Barber EA, Everard T, Holland AE et al (2015) Barriers and facilitators to early mobilisation in intensive care: a qualitative study. *Aust Crit Care* 28(4):177–182. <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2014.11.001> (quiz 183)
2. Baron R, Binder A, Biniek Ret al (2015) Evidence and consensus based guideline for the management of delirium, analgesia, and sedation in intensive care medicine. Revision 2015 (DAS-Guideline 2015)—short version. *Ger Med Sci* 13:Doc19. <https://doi.org/10.3205/000223>
3. Bein T, Bischoff M, Brückner U et al (2015) S2e guideline: positioning and early mobilisation in prophylaxis or therapy of pulmonary disorders: revision 2015: S2e guideline of the German society of anaesthesiology and intensive care medicine

- (DGA). *Anaesthesist* 64(1):1–26. <https://doi.org/10.1007/s00101-015-0071-1>
4. Bernhardt J, Churilov L, Ellery F et al (2016) Prespecified dose-response analysis for a very early rehabilitation trial (AVERT). *Neurology* 86(23):2138–2145. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000002459>
 5. Burtin C, Clerckx B, Robbeets C et al (2009) Early exercise in critically ill patients enhances short-term functional recovery. *Crit Care Med* 37(9):2499–2505. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181a38937>
 6. Calabrò RS, Naro A, Russo M et al (2015) Do post-stroke patients benefit from robotic verticalization? A pilot-study focusing on a novel neurophysiological approach. *Restor Neurol Neurosci* 33(5):671–681. <https://doi.org/10.3233/RNN-140475>
 7. Charité University, Berlin, Germany Reactive robotics GmbH robotic assisted early mobilization in ventilated ICU patients. <https://ClinicalTrials.gov/show/NCT04423796>. Zugriffen: 06. Juni 2022
 8. Charité University, Berlin, Germany Reactive robotics GmbH robotic assisted early mobilization in ventilated ICU patients with COVID-19. <https://ClinicalTrials.gov/show/NCT04750265>. Zugriffen: 06. Juni 2022
 9. Clarissa C, Salisbury L, Rodgers S et al (2019) Early mobilisation in mechanically ventilated patients: a systematic integrative review of definitions and activities. *J Intensive care* 7:3. <https://doi.org/10.1186/s40560-018-0355-z>
 10. Connolly B, O'Neill B, Salisbury L et al (2016) Physical rehabilitation interventions for adult patients during critical illness: an overview of systematic reviews. *Thorax* 71(10):881–890. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2015-208273>
 11. Ding N, Zhang Z, Zhang C et al (2019) What is the optimum time for initiation of early mobilization in mechanically ventilated patients? A network meta-analysis. *PLoS ONE* 14(10):e223151. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223151>
 12. Fan E, Cheek F, Chlan L et al (2014) An official American thoracic society clinical practice guideline: the diagnosis of intensive care unit-acquired weakness in adults. *Am J Respir Crit Care Med* 190(12):1437–1446. <https://doi.org/10.1164/rccm.201411-2011ST>
 13. Friedrich O, Reid MB, Van den Berghe G et al (2015) The sick and the weak: neuropathies/myopathies in the critically ill. *Physiol Rev* 95(3):1025–1109. <https://doi.org/10.1152/physrev.00028.2014>
 14. Hermans G, Van Mechelen H, Clerckx B et al (2014) Acute outcomes and 1-year mortality of intensive care unit-acquired weakness. A cohort study and propensity-matched analysis. *Am J Respir Crit Care Med* 190(4):410–420. <https://doi.org/10.1164/rccm.201312-2257OC>
 15. Hickmann CE, Castanares-Zapatero D, Deldicque L et al (2018) Impact of very early physical therapy during septic shock on skeletal muscle: a randomized controlled trial. *Crit Care Med* 46(9):1436–1443. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000003263>
 16. Hodgson CL, Bailey M, Bellomo R et al (2016) A binational multicenter pilot feasibility randomized controlled trial of early goal-directed mobilization in the ICU. *Crit Care Med* 44(6):1145–1152. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000001643>
 17. Kumar S, Yadav R, Aafreen (2020) Comparison between Erigo tilt-table exercise and conventional physiotherapy exercises in acute stroke patients:

Early mobilization in the intensive care unit—Are robot-assisted systems the future?

Background: Intensive care unit (ICU) acquired weakness is associated with reduced physical function, increased mortality and reduced quality of life, and affects about 43% of survivors of critical illness. Lacking therapeutic options, the prevention of known risk factors and implementation of early mobilization is essential. Robotic assistance devices are increasingly being studied in mobilization.

Objective: This qualitative review synthesizes the evidence of early mobilization in the ICU and focuses on the advantages of robotic assistance devices.

Results: Active mobilization should begin early during critical care. Interventions commencing 72 h after admission to the ICU are considered early. Mobilization interventions during critical care have been shown to be safe and reduce the time on mechanical ventilation in the ICU and the length of delirious episodes. Protocolized early mobilization interventions led to more active mobilization and increased functional independence and mobility at hospital discharge. In rehabilitation after stroke, robot-assisted training increases the chance of regaining independent walking ability, especially in more severely impaired patients, seems to be safe and increases muscle strength and quality of life in small trials.

Conclusion: Early mobilization improves the outcome of the critically ill. Robotic devices support the gait training after stroke and are the subject of ongoing studies on early mobilization and verticalization in the intensive care setting.

Keywords

Critical illness polyneuropathy · Critical care · Robotics · Rehabilitation · Muscle weakness

- a randomized trial. *Arch Physiother* 10:3. <https://doi.org/10.1186/s40945-020-0075-2>
18. Mehrholz J, Thomas S, Kugler J et al (2020) Electromechanical-assisted training for walking after stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 10:CD6185. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006185.pub5>
 19. Menges D, Seiler B, Tomonaga Y et al (2021) Systematic early versus late mobilization or standard early mobilization in mechanically ventilated adult ICU patients: systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 25(1):16. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-03446-9>
 20. Morris PE, Berry MJ, Files DC et al (2016) Standardized rehabilitation and hospital length of stay among patients with acute respiratory failure: a randomized clinical trial. *JAMA* 315(24):2694–2702. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.7201>
 21. Nydahl P, Sricharoenchai T, Chandra S et al (2017) Safety of patient mobilization and rehabilitation in the intensive care unit. Systematic review with meta-analysis. *Annals ATS* 14(5):766–777. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201611-843SR>
 22. Rocca A, Pignat J-M, Berney L et al (2016) Sympathetic activity and early mobilization in patients in intensive and intermediate care with severe brain injuries: a preliminary prospective randomized study. *BMC Neurol* 16(1):169. <https://doi.org/10.1186/s12883-016-0684-2>
 23. Schaller SJ, Anstey M, Blobner M et al (2016) Early, goal-directed mobilisation in the surgical intensive care unit: a randomised controlled trial. *Lancet* 388(10052):1377–1388. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31637-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31637-3)
 24. Schweickert WD, Pohlman MC, Pohlman AS et al (2009) Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomised controlled trial. *Lancet* 373(9678):1874–1882. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60658-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60658-9)
 25. Stevens RD, Marshall SA, Cornblath DR et al (2009) A framework for diagnosing and classifying intensive care unit-acquired weakness. *Crit Care Med* 37(10):S299–308. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181b6ef67>
 26. The AVERT Trial Collaboration group (2015) Efficacy and safety of very early mobilisation within 24 h of stroke onset (AVERT): a randomised controlled trial. *Lancet* 386(9988):46–55. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60690-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60690-0)
 27. Timenetsky KT, Neto AS, Assunção MSC et al (2020) Mobilization practices in the ICU: a nationwide 1-day point-prevalence study in Brazil. *PLoS ONE* 15(4):e230971. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230971>
 28. Waldauf P, Jiroutková K, Krajčová A 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(7):1055–1065. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000004382>
 29. Warmbein A, Schroeder I, Mehler-Klamt AC et al (2022) Evaluation of effects of robot-assisted early mobilization on critically ill patients, on the mobilization behaviour and experience of the mobilizing professionals and the organizational processes in an intensive care unit—a clinical intervention study (study protocol)
 30. Wieske L, Dettling-Ihnenfeldt DS, Verhamme C et al (2015) Impact of ICU-acquired weakness on post-ICU physical functioning: a follow-up study. *Crit Care* 19(1):196. <https://doi.org/10.1186/s13054-015-0937-2>