



# Der Einsatz von robotischen und technischen Systemen zur Frühmobilisation von Intensivpatient\_innen

Ein Scoping Review

Amrei C. Mehler-Klamt<sup>1</sup>, Jana Huber<sup>1</sup>, Lena Schmidbauer<sup>1</sup>, Angelika Warmbein<sup>2</sup>, Ivanka Rathgeber<sup>2</sup>, Uli Fischer<sup>2</sup>, Inge Eberl<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt, Eichstätt, Deutschland

<sup>2</sup>LMU Klinikum München, München, Deutschland

**Zusammenfassung:** *Hintergrund:* Intensivpatient\_innen sind oft einer langen Immobilität ausgesetzt. Wenn sie aber frühzeitig mobilisiert werden, lassen sich positive Effekte auf ihr Outcome, wie z.B. eine Verbesserung der körperlichen Funktion, nachweisen. Einer der Gründe für die späte Mobilisation ist, dass zu wenig Hilfsmittel zur Verfügung stehen. *Fragestellungen / Ziel:* Dieser Beitrag gibt einen Überblick über den Einsatz von robotischen oder technischen Systemen als Hilfsmittel für die Frühmobilisation. Welche robotischen und technischen Hilfsmittel werden in Studien zur Frühmobilisation von erwachsenen Intensivpatient\_innen durch Pflegefachpersonen oder Physiotherapeut\_innen untersucht? Über welche Effekte von Frühmobilisation mittels robotischem und technischem System auf die Patientenoutcomes wird in den Studien berichtet? *Methoden:* Die Datenbanken Medline, Web of Science, CINAHL, Cochrane Library, Embase, IEEE Xplore, Scopus und WTI wurden zwischen Mai und Juli 2020 und im Januar 2022 systematisch durchsucht. Zusätzlich wurde im ersten Suchlauf eine Randsuche über GoogleScolar und ResearchGate durchgeführt. *Ergebnisse:* Es wurden 27 Veröffentlichungen eingeschlossen (9 RCTs, 7 Expertenmeinungen, 3 quantitative Querschnittsstudien, 2 Fall-Kontroll-Studien, 2 Literaturreviews, 2 klinische Einzelfallstudien, 2 Interventionsstudien im Prä-Post-Design). Hier zeigte sich, dass als Hilfsmittel vor allem elektronische Bettfahrräder und Kippstühle eingesetzt werden. Es war eine uneinheitliche Datenlage in Bezug auf verschiedene Patientenoutcomes nachweisbar. *Schlussfolgerungen:* Weitere Forschung zum Einsatz von technischen und robotischen Systemen zur Frühmobilisation ist vor allem in Bezug auf unterschiedliche Studienpopulationen notwendig. Frühmobilisationsrobotik ist noch nicht Teil der Regelversorgung.

**Schlüsselwörter:** Intensivpatient\_innen, Frühmobilisation, Robotik, Technik, Scoping Review

## The use of robotic and technical systems for early mobilization of intensive care patients: A scoping review

**Abstract:** *Background:* Intensive care patients are often subjected to immobility for too long. However, when they are mobilized early, positive effects on patient outcomes, such as improvement in physical function, can be demonstrated. One of the reasons for rare mobilization is that too less therapeutic equipment is available. *Aims:* This paper provides an overview of previous research on early robot- or technology-assisted mobilization of intensive care patients. Which robotic and technical aids are used in studies on early mobilization of adult intensive care patients by nurses or physiotherapists? What effect of early mobilization using robotic and technical systems on patient outcomes are reported in the studies? *Methods:* A systematic literature search was undertaken within the Databases Medline, Web of Science, CINAHL, Cochrane Library, Embase, IEEE Xplore, Scopus and WTI between May and July 2020 and in January 2022. In addition, a marginal search was performed via GoogleScolar and ResearchGate in the first search run. *Results:* 27 publications were included (9 RCTs, 7 texts and opinions, 3 cross-sectional studies, 2 case-control studies, 2 literature reviews, 2 case reports, 2 quasi-experimental intervention studies). It is evident that electronic bed-mounted exercise bicycles and tilt tables are the most commonly used assistive devices. There is an inconsistent data situation with regard to different patient outcomes. *Conclusion:* Further research on the use of technical and robotic early mobilization is, particularly in relation to different study populations, needed. Early mobilization robotics is not yet part of standard care.

**Keywords:** critical care, early ambulation, robotics, technology, scoping review

#### **Was ist zu dieser Thematik schon bekannt?**

Frühmobilisation kann einen positiven Effekt auf Patienten-outcomes haben.

#### **Welchen Erkenntniszugewinn leistet die Studie?**

Technische Systeme werden in der bisherigen Literatur vielfach beschrieben, während Frühmobilisationsrobotik erst seit dem Jahr 2021 thematisiert wird. Die untersuchten Outcomeparameter sind heterogen.

## **Einleitung und Problemstellung**

Auf Intensivstationen werden in der Regel Patient\_innen behandelt, die an schwerwiegenden körperlichen Einschränkungen leiden und deshalb vital überwacht und stabilisiert werden müssen (Abdulla, 2007). Die Intensivmedizin und -pflege zielen durch ihre Therapie auf eine Wiederherstellung der Gesundheit ab (Abdulla, 2007). Eine möglichst frühe Mobilisation von Intensivpatient\_innen kann maßgeblich zur Wiederherstellung der Gesundheit beitragen, da sie u.a. die Bewegungsfähigkeit erhält (Dubb et al., 2016). Darüber hinaus kann die Frühmobilisation den Intensivaufenthalt der Patient\_innen verkürzen und die Kosten einer Behandlung reduzieren (Engel et al., 2013). Viele Intensivpatient\_innen sind aber sehr lange einer Immobilität ausgesetzt. Hierfür gibt es laut der systematischen Übersichtsarbeit von Dubb et al. (2016) zahlreiche Ursachen, wie z.B. strukturelle Einschränkungen, die bspw. mit einer mangelnden Verfügbarkeit des nötigen Equipments für das mobilisierende Fachpersonal einhergehen. Aber auch ein Fachkräftemangel in der Pflege und der Physiotherapie führt dazu, dass Frühmobilisation zu selten oder zu spät durchgeführt wird (Dubb et al., 2016.). Robotische und technische Frühmobilisationssysteme können eine Lösung für dieses Problem darstellen, indem sie ausgewählte Mobilisationstätigkeiten übernehmen oder bei der Mobilisation unterstützen.

Um einen Überblick über bestehende Evidenz und Literatur zum Thema robotische und technische Frühmobilisation zu erhalten, wurde dieses Scoping Review erstellt.

Aufgrund der Vielzahl verschiedener gebräuchlicher Definitionen (Clarissa et al., 2019) ist die Frühmobilisation von Intensivpatient\_innen nicht einheitlich festgelegt. Diese Publikation orientiert sich an der Definition von Bein et al. (2015), die unter Frühmobilisation den Beginn der Mobilisation von Patient\_innen innerhalb der ersten 72 Stunden nach Aufnahme auf die Intensivstation versteht. Unter robotik- und technikgestützten Hilfsmitteln werden elektrisch betriebene, technisch-assistive Hilfsmittel verstanden, die therapeutische Maßnahmen autonom (robotergestützt) oder von außen gesteuert (technikgestützt) durchführen (Bendel, 2018).

## **Ziele und Fragestellungen**

Das Ziel dieses Reviews war es, zu untersuchen, welche robotischen und technischen Systeme als Hilfsmittel für

die Frühmobilisation verwendet werden und wie sich robotik- und technikgestützte Mobilisationstherapie auf die Patientenoutcomes auswirkt.

Hierfür ergaben sich folgende Fragestellungen: Welche robotischen und technischen Hilfsmittel werden in Studien zur Frühmobilisation von erwachsenen Intensivpatient\_innen durch Pflegefachpersonen oder Physiotherapeut\_innen verwendet? Über welche Effekte von Frühmobilisation mittels robotischem und technischem System auf die Patientenoutcomes wird in den Studien berichtet?

## **Methodik**

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde die Methode des Scoping Reviews gewählt, das sich an den Vorgaben des PRISMA-Statements für Scoping Reviews (PRISMA-ScR) (Tricco et al., 2018) orientiert. Diese Methode dient der Identifikation von Forschungslücken und ist gut geeignet, um einen umfassenden Überblick über das zu untersuchende Thema zu erlangen (Elm et al., 2019).

## **Ein- und Ausschlusskriterien**

Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden gemäß den Empfehlungen des PCC-Schemas (Population, Concept, Context) (Elm et al., 2019) festgelegt. Eingeschlossen wurden sämtliche Studientypen zu Therapierobotik sowie technisch oder elektronisch betriebenen Hilfsmitteln, die dem Zweck der Frühmobilisation oder -rehabilitation von Intensivpatient\_innen dienen. Alle robotischen oder technischen Systeme, die eine Gang- oder Kurbelbewegung der Beine erzeugen, eine Vertikalisierung von Intensivpatient\_innen herbeiführen oder eine Gang- bzw. Kurbelbewegung der Beine mit einer Vertikalisierung verbinden, führten zum Einschluss. In Publikationen, die mehrere oder kombinierte Hilfsmittel vorstellten, wurde auf die Systeme eingegangen, die den Einschlusskriterien entsprachen. Es wurden nur Artikel in deutscher und englischer Sprache mit dem Setting Intensivstation inkludiert.

Ausgeschlossen wurden Studien zu den Themen chirurgische Robotik, AAL-Systeme (Ambient Assisted Living), Lehr-, Service- und Sozialhilferobotik sowie Telemedizin. Ebenso wurden Publikationen zu robotischen und technischen Systemen bezogen auf bestimmte Altersgruppen (z.B. im pädiatrischen Bereich) ausgeschlossen. Zudem wurden Studien exkludiert, in denen die technische oder robotische Mobilisation ohne die Anwesenheit von Pflegefachpersonen oder Physiotherapeut\_innen erfolgte.

## **Suchstrategie**

Gemäß Elm et al. (2019) wurde dem Review eine dreistufige Suchstrategie zugrunde gelegt: Im ersten Schritt

erfolgte eine orientierende Suche in den beiden Datenbanken CINAHL und MEDLINE (via Pubmed). Die gefundenen Artikel wurden nach Stichwörtern durchsucht, um MeSH Terms und Keywords für die Recherche in weiteren Datenbanken zu identifizieren. Dieser Schritt wurde durch die Konsultation der jeweiligen medizinischen, pflegerischen, therapeutischen und ingenieurwissenschaftlichen Expert\_innen aus dem Team des Forschungsprojekts erweitert. Diese hatte zum Ziel, die identifizierten Schlagworte von Expertenseite aus überprüfen und ergänzen zu lassen.

Im zweiten Schritt wurden von Mai bis Juli 2020 mittels der vorher definierten Suchstrings (siehe Elektronisches Supplement ESM1) folgende einschlägige pflegewissenschaftliche, medizinische und ingenieurwissenschaftliche Datenbanken systematisch durchsucht: Medline, Web of Science, CINAHL, Cochrane Library, Embase, IEEE Xplore, Scopus und WTI Frankfurt (WTI-Frankfurt-digital GmbH). Die Datenbank WTI Frankfurt wurde gewählt, weil sie u.a. Fachinformationen zu den Fachbereichen Elektronik und medizinische Technik bereitstellt und jährlich ca. 110.000 Dokumente aus Fachzeitschriften, Tagungsbänden, Forschungsberichten und Dissertationen auswertet und speichert.

Die Datenbanken wurden im Rahmen der verfügbaren Bibliothekszugänge ausgewählt. Die Datenbanksuche wurde im Januar 2022 ergänzt, um neu hinzugekommene Artikel miteinzubeziehen. Um alle relevanten Artikel zum Thema der Arbeit einschließen zu können, wurde keine Einschränkung des Erscheinungsjahrs vorgenommen.

Da in einem ersten kombinierten Suchdurchlauf, bei dem nur Robotik als Stichwort verwendet wurde, keine Treffer erzielt werden konnten, wurde Robotik in der Folge mit dem Stichwort Technik erweitert.

In allen gefundenen Publikationen wurde im dritten Schritt eine Rückwärtssuche durchgeführt, um weitere Literaturhinweise zu finden. Zusätzlich erfolgte im ersten Suchlauf eine Randsuche für graue Literatur über ResearchGate und GoogleScholar.

## Studienauswahl

Alle identifizierten Titel wurden in das Literaturverwaltungsprogramm Citavi Version 6 überführt. Hier wurden alle Duplikate entfernt sowie die Titel und Abstracts der identifizierten Publikationen anhand der Ein- und Ausschlusskriterien geprüft. Dieser Schritt erfolgte verblindet durch AMK und LS (1. Suchlauf 2020) bzw. JH (2. Suchlauf 2022). Die nach dem Entblinden der Titel- und Abstract-Analyse verbliebenen Volltexte wurden daraufhin unter Berücksichtigung der Ein- und Ausschlusskriterien überprüft. Das verblindete Screening erfolgte mit Excel 2016. Im Anschluss an die Entblinden der Volltextuntersuchung wurden die verbliebenen Volltexte in ihrer Methodik mittels Critical Appraisal Tools des Joanna Briggs Institutes (JBI, n.d.) untersucht. Die Interventionsstudien im Prä-Post-Design wurden mit der

Squire 2.0 Checkliste (Ogrinc et al., 2016) bewertet, da das Joanna Briggs Institute für diesen Studientyp kein Instrument bereitstellt (siehe ESM 2).

Die Bewertung der Studien wurde ebenfalls verblindet durch AMK und LS (1. Suchlauf 2020) bzw. JH (2. Suchlauf 2022) durchgeführt. Bei Diskrepanzen wurden im Rahmen der Qualitätssicherung AW und IR konsultiert, bis in allen Fällen ein Konsens erreicht wurde. Da bei einem Scoping Review normalerweise keine Bewertung der methodischen Qualität der Studien erfolgt (Elm et al., 2019), wurde nach der Bewertung keine Publikation aussortiert. Um eine bessere Evidenz zu erzielen, wurde dennoch entschieden, die methodische Qualität der Literatur zu bewerten.

## Datenextraktion

Die Studiendetails wurden in einer eigens erstellten Tabelle, die sich an dem JBI-Manual (JBI, 2015) orientierte, festgehalten. Neben den Autor\_innen und dem Erscheinungsjahr wurden auch Ziele, Design und Methodik der betreffenden Studien und Artikel erfasst. Des Weiteren wurde die Stichprobe in Verbindung mit dem Setting, die verwendeten robotischen und technischen Systeme und die relevanten Ergebnisse der jeweiligen Veröffentlichungen festgehalten (siehe ESM 3).

## Ergebnisse

Wie in Abbildung 1 dargestellt, konnten 2369 Publikationen in den genannten Datenbanken identifiziert werden. Weitere 55 Beiträge wurden in grauer Literatur gefunden. Nach Entfernung der Duplikate blieben 2204 Publikationen übrig.

Im Rahmen der verblindeten Durchsicht von Titel und Abstracts der 2204 Artikel und Studien wurden 2129 Publikationen ausgeschlossen. Der Hauptgrund hierfür war ein jeweils unpassendes Setting. Die Konsensquote nach Entblinden lag bei 86 %. Von den verbliebenen 76 Publikationen wurden die Volltexte verblindet gesichtet. Hier lag die Konsensquote nach der Entblinden bei 82 %.

Insgesamt wurden 49 Beiträge ausgeschlossen, da die Einschlusskriterien nicht erfüllt wurden. Das Literaturverzeichnis der ausgeschlossenen Beiträge ist in ESM 4 zu finden.

Es konnten 27 Veröffentlichungen in das Scoping Review eingeschlossen werden. Davon wurden 14 im ersten und 13 im zweiten Suchlauf identifiziert. Diese wurden ebenfalls verblindet bewertet. Die Konsensquote nach der Bewertung der Studien lag vor der Konsultation von AW und IR bei 95,4 %. Diskrepanzen in der Bewertung wurden im Forschungsteam (AMK, LS, JH, AW, IR) diskutiert, bis eine Einigkeit erzielt wurde.

In ESM 5 ist die Verteilung der Studien auf die einzelnen Datenbanken hinterlegt.

## Verteilung des Forschungsaufkommens

In Tabelle 1 ist die Auflistung der eingeschlossenen Texte nach geografischer Herkunft zu sehen.

## Studiencharakteristik

Die Beiträge wurden im Zeitraum von 2012 bis 2022 veröffentlicht. In Tabelle 2 sind die Studiendesigns der eingeschlossenen Publikationen aufgelistet.

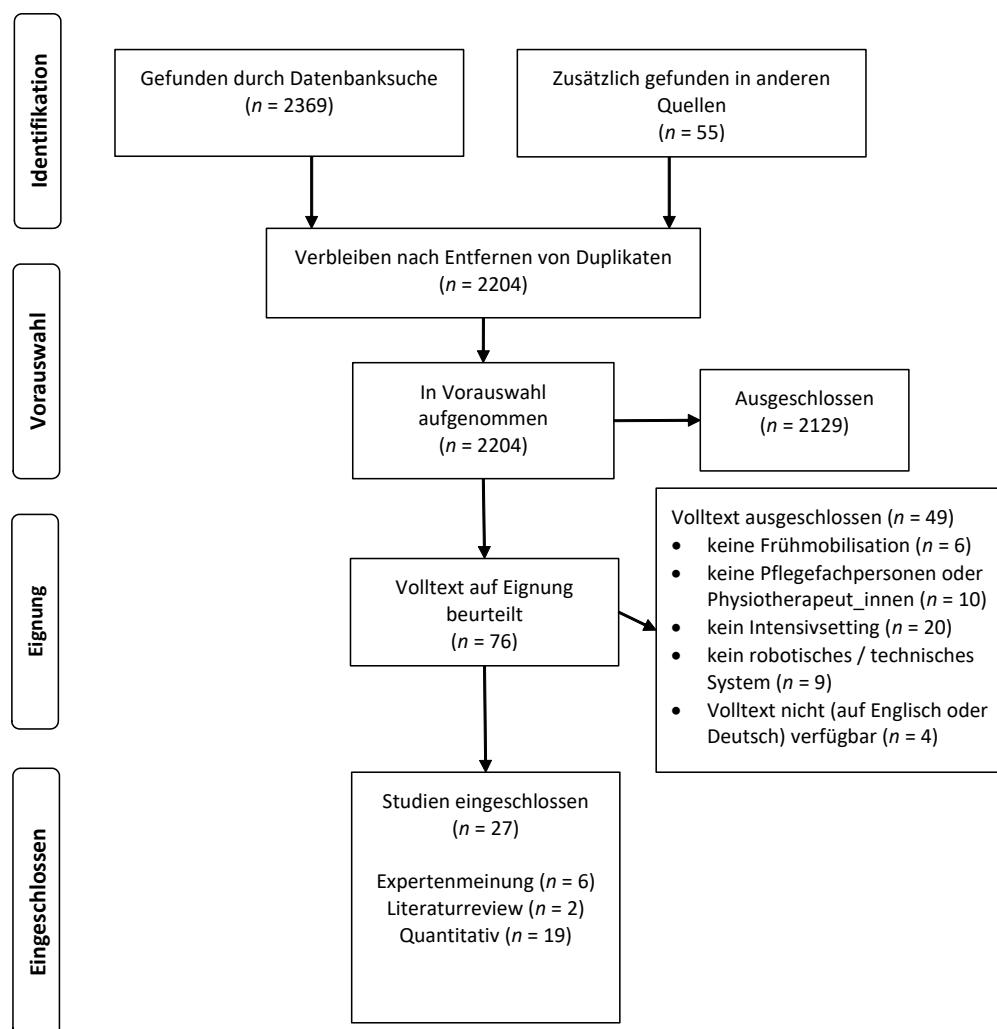
Die eingeschlossenen Veröffentlichungen untersuchten die Frühmobilisation mit robotischen und technischen Systemen in verschiedenen Fachbereichen der Intensivtherapie. Es wurden beispielsweise Patient\_innen mit akutem Schlaganfall (Dohle et al., 2017; Kumble et al., 2017), mit erworbenen Gehirnverletzungen (Fazzitta et al., 2016) oder auch mit anderen internistischen, neurologischen oder chirurgischen Schwerpunkten eingeschlossen (Kwakman et al., 2020; França et al., 2020; Egger et al., 2021). In Tabelle 3 sind die Hauptstudiencharakteristika aufgeführt. Tabelle 4 gibt eine Übersicht über die in den Studien untersuchten Outcomes und die medizinischen Parameter.

**Tabelle 1.** Geografische Verteilung der Studien

USA	6
Australien	6
Deutschland	5
Italien	3
Tschechien	2
Brasilien	2
Spanien	1
Kanada	1
Niederlande	1

**Tabelle 2.** Auflistung der Studiendesigns

Randomisiert kontrollierte Studie (RCT)	9
Expertenmeinung	6
Quantitative Querschnitterhebung	4
Fall-Kontroll-Studie	2
Literaturreview	2
Klinische Einzelfallstudie	2
Interventionsstudie im Prä-Post-Design	2



**Abbildung 1.** Eigene Darstellung des Prisma-Flow-Diagramms nach Moher et al. (2009).

**Tabelle 3.** Schnellüberblick über die Hauptstudiencharakteristika

	Berney et al., 2021	Chillura et al., 2020	Dohle et al., 2017	Dos Santos et al., 2015	Egger et al., 2021	Ferre et al., 2021	França et al., 2020	Fazzitta et al., 2016	Fuest & Schaller, 2018	Grunow et al., 2022	Hodgson et al., 2012	Kho et al., 2015	Kimawi et al., 2017	
<b>Studiendesign</b>														
Quantitativ	X	X		X			X	X	X			X	X	
RCT	X			X			X	X	X					
Fall-Kontroll-Studie												X		
Querschnittsstudie														
Interventionsstudie													X	
Klinische Einzelfallstudie		X												
Expertenmeinung			X		X					X	X	X		
Literaturreview					X									
<b>Datenerhebung</b>														
Fragebogen							X							
Deskriptive Statistik	X	X		X			X	X	X			X	X	
Expertenmeinung			X		X					X	X	X		
Systematische Literaturrecherche						X								
<b>Stichprobe</b>														
	162 (IG = 80 / KG = 82)	1	-	28 (14 / 14)	-	18	35 (IG1 = 9 / IG2 = 9 / IG3 = 7 / KG = 10)	31 (IG = 15 / KG = 16)	31 (IG = 15 / KG = 16)	-	-	-	688 (IG = 181 / KG = 507)	106
<b>Setting/ Fachbereich</b>														
ICU (unspezifisch)	X		X	X		X	X			X	X	X		
Neurologische ICU		X			X			X	X					
Chirurgisch-internistische ICU														
Internistische ICU											X	X		
<b>Robotisches oder elektrisches/technisches System</b>														
Elektronisches Bettfahrrad	X			X			X			X		X	X	
Elektronischer Kipptisch mit Trittvorrichtung						X		X	X					
Elektronischer Kipptisch			X											
Elektronisches Laufband			X							X	X			
Exoskelett											X			
Robotisches Pflegebett mit Beinpresse											X			
Robotisches System zur Vertikalisierung des Pflegebetts mit Gangbewegungen				X										
Robotergestütztes Laufband		X												
Robotisches System zum Training der oberen Extremität		X					X							

**Tabelle 3.** Schnellüberblick über die Hauptstudiencharakteristika (Fortsetzung)

	Koester et al., 2018	Kumble et al., 2017	Kwakman et al., 2020	Mayer et al., 2021	Nickels et al., 2020a	Nickels et al., 2020b	Parry et al., 2014	Parry et al., 2012	Reid et al., 2019	Steinböck et al., 2020	Waldauf et al., 2020	Waldauf et al., 2021	Zink et al., 2021
<b>Studiendesign</b>													
Quantitativ	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	
RCT			X		X			X				X	
Fall-Kontroll-Studie							X						
Querschnittsstudie				X		X			X	X			
Interventionsstudie													X
Klinische Einzelfallstudie		X											
Expertenmeinung	X												
Literaturreview											X		
<b>Datenerhebung</b>													
Fragebogen			X			X				X			
Deskriptive Statistik		X	X	X	X		X	X	X	X		X	X
Expertenmeinung	X												
Systematische Literaturrecherche												X	
<b>Stichprobe</b>													
	-	1	88	206	72 (IG = 37 / KG = 37)	Befragung: 124 (Personal); 30 (Patient_innen); 22 (Angehörige) RCT: 72 (36/36)	16 (8 / 8)	80	45	12	43	150 (IG = 75 / KG = 75)	27
<b>Setting/ Fachbereich</b>													
ICU (unspezifisch)	X			X	X		X	X	X		X	X	
Neurologische ICU		X								X			X
Chirurgisch-internistische ICU			X			X							
Internistische ICU													
<b>Robotisches oder elektrisches/technisches System</b>													
Elektronisches Bettfahrrad	X	X		X	X		X	X	X		X	X	X
Elektronischer Kipptisch mit Trittvorrichtung		X		X									
Elektronischer Kipptisch	X			X									
Elektronisches Laufband			X	X									
Exoskelett													
Robotisches Pflegebett mit Beinpresse													
Robotisches System zur Vertikalisierung des Pflegebetts mit Gangbewegungen										X			
Robotergestütztes Laufband													
Robotisches System zum Training der oberen Extremität													

Anmerkungen: IG = Interventionsgruppe, KG = Kontrollgruppe.

**Tabelle 4.** Übersicht über die in den Studien untersuchten Outcomes und medizinischen Parameter

Studie	Untersuchte/s Outcome/s und medizinische Parameter (exemplarisch)
Berney et al., 2021	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quadrizepsmuskelkraft bei Krankenhausentlassung</li> <li>• Prävalenz kognitiver Beeinträchtigung 6 und 12 Monate nach der Krankenhausentlassung</li> </ul>
Chillura et al., 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gangart</li> <li>• Gleichgewicht</li> <li>• Muskelkraft</li> </ul>
Dohle et al., 2017	–
Dos Santos et al., 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Morphologie und Dicke der Kniestreckmuskeln</li> <li>• Exkursion des Zwerchfells</li> </ul>
Egger et al., 2021	–
Ferre et al., 2021	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herz-Kreislaufsystem</li> </ul>
França et al., 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stickstoff-Oxid-Spiegel</li> <li>• Tumor-Nekrose-Faktor-Alpha-Konzentration</li> </ul>
Fazzitta et al., 2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Krankenhaus- und Intensivstationsaufenthaltsdauer</li> <li>• Neurologisches Outcome</li> </ul>
Fazzitta et al., 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Krankenhaus- und Intensivstationsaufenthaltsdauer</li> <li>• Neurologisches Outcome</li> </ul>
Fuest & Schaller, 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erworbene Muskelschwäche (engl. ICU- acquired weakness)</li> </ul>
Grunow et al., 2022	–
Hodgson et al., 2012	–
Kho et al., 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dauer und Widerstand der Fahrradfahrenheiten</li> </ul>
Kimawi et al., 2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Krankenhaus- und Intensivstationsaufenthaltsdauer</li> </ul>
Koester et al., 2018	–
Kumble et al., 2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>• intrakranieller Druck</li> </ul>
Kwakman et al., 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• funktionale Mobilität</li> <li>• Beatmungsdauer</li> <li>• Intensivstationsaufenthaltsdauer</li> </ul>
Mayer et al., 2021	–
Nickels et al., 2020a	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muskelmasse und Muskelkraft</li> </ul>
Nickels et al., 2020b	–
Parry et al., 2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auftreten von Muskelkontraktionen während der Therapie</li> </ul>
Parry et al., 2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muskelmasse und Muskelkraft</li> </ul>
Reid et al., 2019	–
Steinböck et al., 2020	–
Waldauf et al., 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensivaufenthalt</li> <li>• Beatmungsdauer</li> </ul>
Waldauf et al., 2021	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lebensqualität</li> <li>• körperliche Fitness</li> <li>• Muskelmasse und Muskelkraft</li> </ul>
Zink et al., 2021	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neurologischer Status</li> <li>• Überwachung des intrakraniellen Drucks</li> <li>• Hämodynamische Parameter</li> </ul>

Anmerkungen: Bei den Studien, die keine Patientenoutcomes untersuchten, handelte es sich um Expertenmeinungen oder um Studien, die die Anwendersperspektive in den Fokus nahmen.

## Ergebnisse der kritischen Studienbewertung

Die inkludierten Publikationen adressierten eindeutige Ziele, anhand derer klare Forschungsschwerpunkte und Fragen formuliert wurden. Die Forschungsfragen wurden mit angemessenen Methoden bearbeitet. Die Expertenmeinungen konnten überwiegend mit einer guten Qualität bewertet werden (Deley et al., 2021; Dohle et al., 2017; Egger et al., 2021; Fuest & Schaller, 2018; Grunow et al., 2022; Hodgson et al., 2012; Koester et al., 2018). Jedoch haben Dohle et al. (2017) und Hodgson et al. (2012) nicht formuliert, an welche Population ihre Artikel adressiert waren. Die gute methodische Qualität wurde auch in der Fall-Kontroll-Studie von Parry et al. (2014), den klinischen Einzelfallstudien (Chillura et al., 2020; Kumble et al., 2017), den drei quantitativen Querschnitterhebungen (Nickels et al., 2020b; Mayer et al., 2021; Reid et al., 2019), den beiden Interventionsstudien im Prä-Post-Design (Kimawi et al., 2017; Zink et al., 2021) und bei einem Review (Waldauf et al., 2020) deutlich. Reid et al. (2019) beschrieben allerdings keine Störvariablen. Das trifft auch auf die Fall-Kontroll-Studie von Kho et al. (2015) zu. Zusätzlich fiel hier eine große Diskrepanz in der Stichprobengröße der Kontrollgruppe (KG) ( $n = 507$ ) im Vergleich zur Interventionsgruppe (IG) ( $n = 181$ ) auf. Ferner zeichneten sich die IG durch eine größere Krankheitsschwere im Vergleich zur KG aus. Einige RCTs wiesen in der Beschreibung der Randomisierungsverfahren Schwächen auf, weil auf einige Angaben zum Ablauf des Verfahrens und der Verblindung verzichtet wurde (Berney et al., 2021; Dos Santons et al., 2015; França et al., 2020; Kwakman et al., 2020; Nickels et al., 2020a; Parry et al., 2012; Waldauf et al., 2021). Die RCT von Fazzitta et al. (2018) wies weitere große methodische Schwächen auf. So wurde hier nicht nur auf die Beschreibung des Randomisierungsverfahrens verzichtet, sondern auch nicht aufgezeigt, welche statistischen Analyseverfahren vorgenommen wurden und wie sich die Studienpopulation zusammensetzte. Die Darstellung der Studienpopulation wurde auch in der Studie von França et al. (2020) nicht klar beschrieben. In dem Review von Ferre et al. (2021) fiel auf, dass die Ein- und Ausschlusskriterien der Artikel nicht klar definiert waren und auf eine Synthese der Ergebnisse verzichtet wurde. Ferner wurde hier nur eine Datenbank durchsucht. Da es sich bei dem zur Bewertung vorliegenden Manuscript der quantitativen Querschnittsstudie von Steinböck et al. (2020) lediglich um einen Kongressbeitrag handelte, konnte die Qualität der Studie nicht umfassend bewertet werden.

## Theoretische Erkenntnisse

Die aus den Studien analysierten patientenbezogenen Outcomes von robotischer und technischer Frühmobilisation werden folgend hinsichtlich des Einsatzes der unterschiedlichen robotischen und technischen Hilfsmittel unterteilt und repräsentiert.

### **Frühmobilisation mittels elektronischem Bettfahrrad**

Elektronische Bettfahrräder werden häufig zur Frühmobilisation eingesetzt (Berney et al., 2021; Dohle et al., 2017; Dos Santos et al., 2015; França et al., 2020; Hodgson et al., 2012; Kimawi et al., 2017; Kho et al., 2015; Koester et al., 2018; Kumble et al., 2017; Mayer et al., 2021; Nickels et al., 2020a; Nickels et al., 2020b; Parry et al., 2012; Parry et al., 2014; Reid et al., 2019; Waldauf et al., 2020; Waldauf et al., 2021; Zink et al., 2021).

Das systematische Review von Waldauf et al. (2020) zeigte, dass sich Radfahrübungen positiv auf die Beatmungsdauer und den Intensivaufenthalt der Patient\_innen auswirkten. So konnte in 31 RCTs des Reviews nachgewiesen werden, dass die Verweildauer der Patient\_innen, die eine Intervention mit dem Bettfahrrad erhielten, im Vergleich zur KG geringfügig kürzer war (mittlere Differenz, -1,2 [-2,5 bis 0,0] d). Zum gesamten Krankenhausaufenthalt (mittlerer Unterschied -1,6 d [-4,3 bis 1,2 d]) konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Das trifft auch auf die Kombination von Bettfahrradfahren mit funktioneller Elektrostimulation zu. Auch hier konnte kein signifikanter Unterschied in der Aufenthaltsdauer von Intensivpatient\_innen gezeigt werden ( $p = 0,84$ , KI 95 %) (Waldauf et al., 2020.).

Kho et al. (2015) wiesen sogar eine verlängerte Liegedauer von Patient\_innen, die zusätzlich zur konventionellen Therapie mit einem elektronischen Bettfahrrad therapiert wurden im Median (IG: 10 d vs. KG: 3 d) nach. Zudem wurde eine Zunahme der stationären Verweildauer nachgewiesen (IG: 20 d vs. KG: 11 d). Diese Ergebnisse wurden aber eher auf die Auswahl der Patient\_innen in der IG zurückgeführt, die einen schwereren Krankheitsverlauf zeigten als die Betroffenen der KG (Kho et al., 2015). Kimawi et al. (2017) konnten weder eine signifikante Veränderung der Intensivverweildauer ( $p = 0,190$ , KI 95 %, Median: IG: 15 d vs. KG: 13 d) noch des gesamten Krankenhausaufenthalts ( $p = 0,139$ , Median: IG: 33 d vs. KG: 27 d) durch die Intervention nachweisen. Der Einsatz von Bettfahrrädern kann sich aber positiv auf die Ausdauer der Intensivpatient\_innen auswirken, was sich u.a. in der Länge der Interventionseinheiten zeigt (IG: 35 min vs. KG: 25 min). Auch kann sich Bettfahrradfahren in einer höheren Toleranz der Patient\_innen gegenüber gesteigerten Widerständen in den Einstellungen des Bettfahrrads zeigen (n, die den höchsten Gang erreichten; IG: n = 114 vs. KG: n = 64) (Kimawi et al., 2017).

Laut Mayer et al. (2021) trägt der Einsatz von elektronischen Bettfahrrädern v.a. zu einer Stärkung der Muskulatur bei. So zeigten entsprechende Artikel, dass dieses Hilfsmittel seltener zu einer im Rahmen eines Intensivaufenthaltes erworbenen Muskelschwäche führt (Fuest & Schaller, 2018; Koester et al., 2018). Zudem war die Quadrizepskraft bei Patient\_innen, die mit einem elektronischen Bettfahrrad therapiert wurden, im Vergleich zur KG insgesamt höher (Koester et al., 2018; Kho et al., 2015). Auch verlängerte sich die Gehstrecke bei einem 6-Minuten-Gehtest bei diesen Patient\_innen (Hodgson et al., 2012).

Darüber hinaus wurde in den Studien von Parry et al. (2012) und Parry et al. (2014) angenommen, dass Bettfahrradfahren in Verbindung mit Muskelstimulation früher und schneller zu einer funktionellen Erholung von Intensivpatient\_innen und zu einer Verringerung der Inzidenz und Dauer von Deliren führen kann. Ferner soll es eine Aufrechterhaltung bzw. Verbesserung von Kraft und körperlicher Funktionen von Patient\_innen mit Sepsis bewirken.

Einige Studien konnten hingegen keine Unterschiede in der Muskelkraft von Intensivpatient\_innen nachweisen, die neben einer konventionellen Therapie eine zusätzliche Therapie mit Bettfahrradeinheiten und Muskelstimulationen erhielten (Berney et al., 2021; Nickels et al., 2020a; Waldauf et al., 2021). Berney et al. (2021) zeigten dies z.B. durch den Umfang des Quadrizepsmuskels in Nm (Newtonmeter): (IG: 57,3 vs. KG: 53,1). Darüber hinaus konnten sowohl in der IG als auch in der KG Delire nachgewiesen werden (IG: 59 % vs. KG: 55 %). Im Follow-up nach 6 Monaten wurde bei beiden Untersuchungsgruppen eine fast identische Inzidenz der kognitiven Beeinträchtigung nachgewiesen (IG: 41 % vs. KG: 40 %).

Der Einsatz von elektronischen Bettfahrrädern bei Intensivpatient\_innen wird insgesamt als sicher und machbar eingestuft. Es traten keine unerwünschten Ereignisse, wie z.B. Katheterdislokationen oder Veränderungen physiologischer Parameter auf, die einen Abbruch der Intervention erforderlich gemacht hätten (Nickels et al., 2020b; Waldauf et al., 2020; Zink et al. 2021).

### **Frühmobilisation mittels elektronischem Kipptisch**

Elektronische Kipptische werden ebenfalls häufig für die Frühmobilisation von Intensivpatient\_innen verwendet (Dohle et al., 2017; Fazzitta et al., 2016; Fazzitta et al., 2018; Koester et al., 2018; Kumble et al., 2017; Mayer et al., 2021).

Der Einsatz eines elektronischen Kipptisches bei Intensivpatient\_innen kann laut Fazzitta et al. (2016) und Fazzitta et al. (2018) sowohl zu einer Verbesserung der funktionellen Aktivitäten als auch des neurologischen Status führen und in diesem Kontext den Bewusstseinszustand oder die kognitiven Fähigkeiten der Patient\_innen verbessern. So zeigten die Auswertungen der Coma Recovery Scale (CRSR), dass 73.3 % der Patient\_innen der IG und 43.75 % der KG den maximalen CRSS score (23/23) erreichten. Koester et al. (2018) beschrieben hingegen keine Verbesserung von körperlicher Funktion und Kraft der Intensivpatient\_innen.

### **Frühmobilisation mittels robotischem System zur Vertikalisierung des Pflegebetts**

Egger et al. (2021) und Steinböck et al. (2020) beschreiben ein robotisches System, das eine Vertikalisierung von Intensivpatient\_innen im Pflegebett ermöglicht und Gangbewegungen erzeugt. Hierbei wird ein Exoskelett-Roboter an ein adaptiertes Pflegebett angedockt. Anschließend erfolgt eine Vertikalisierung, die mit schrittähnlichen Gangbewegungen kombiniert wird (Egger et al., 2021). Der

Transfer auf ein externes Therapiegerät entfällt, was von Anwender\_innen und Patient\_innen als sehr positiv bewertet wurde (Egger et al., 2021)

### **Frühmobilisation mittels robotischem Pflegebett mit Beinpresse**

Laut Grunow et al. (2022) kann Robotik den Effekt von Mobilisation erhöhen und Patient\_innen auf Intensivstationen individuell unterstützen. Sie beschreiben u.a. ein Pflegebett mit integrierter Beinpresse, welches ein gezieltes Beinmuskulatur-Krafttraining im Bett ermöglicht. Der wegfallende Transfer auf ein Therapiegerät bietet mehrere Vorteile, z.B. ein verminderter Sturzrisiko für Patient\_innen, einen geringeren Personalaufwand und ein reduziertes Risiko für Katheterdislokationen (Grunow et al., 2022).

### **Frühmobilisation mittels Laufband mit Körpergewichtsunterstützung**

In den Zwischenergebnissen der Studie von Kwakman et al. (2020) wird angenommen, dass der Einsatz eines Laufbands mit Körpergewichtsunterstützung die Rehabilitation von Intensivpatient\_innen erleichtert und ihren Funktionsstatus während des Intensivaufenthaltes und darüber hinaus verbessern kann. Die Patient\_innen können durch das Unterstützungssystem optimal entlastet werden und Erfolgserlebnisse verspüren, was sich positiv auf die mentale Gesundheit der Betroffenen auswirken kann. Gleichzeitig verspricht diese Mobilisierung mehr Sicherheit als eigenständiges Laufen und bedarf weniger Zeit in der Vor- und Nachbereitung (Kwakman et al., 2020.). Dies konnte in den abschließenden Ergebnissen der Studie bestätigt werden: Die mediane Zeit bis zur selbstständigen Gehfähigkeit umfasste bei Patient\_innen, die tägliches Laufbandtraining mit Körpergewichtsunterstützung erhielten, 6 d im Vergleich zu 11 d in der KG. Darüber hinaus war die stationäre Verweildauer der IG signifikant kürzer ( $p = 0,037$ , KI 95%) als die Aufenthaltsdauer der KG (Kwakman et al., 2022).

## **Diskussion**

Die eingeschlossenen Studien zum Einsatz verschiedener robotischer und technischer Systeme bei Intensivpatient\_innen lieferten bezüglich der daraus resultierenden patientenbezogenen Outcomes unterschiedliche Ergebnisse.

Während Kimawi et al. (2017) keine veränderte Krankenhaus- und Intensivverweildauer bei Patient\_innen mit einer täglichen Therapie mittels elektronischem Bettfahrrad nachweisen konnten, zeigten Kho et al. (2015), dass Intensivpatient\_innen mit dieser Intervention sogar länger auf der Intensivstation und im Krankenhaus verblieben, als Betroffene, die konventionell behandelt wurden. Diese Erkenntnisse sind auf die Auswahl der Patient\_innen der IG zurückzuführen, da diese einen insgesamt schwereren Krankheitsverlauf aufzeigten als die der KG (Kho et al., 2015). Damit scheint die Krankheitsschwere zu Beginn der

Therapie einen Einfluss auf die Intensiv- und die Krankenhausverweildauer zu haben. Waldauf et al. (2020) wiesen einen positiven Effekt auf die Intensivverweildauer nach, allerdings zeigte sich auch hier keine Verkürzung der stationären Gesamtverweildauer.

Ebenso konnten Berney et al. (2021), Nickels et al. (2020a) und Waldauf et al. (2021) die Vermutungen von Parry et al. (2012) und Parry et al. (2014), dass Bettfahrradfahren in Verbindung mit einer Muskelstimulation die Inzidenz von Delirien verringern und die Muskelkraft erhöhen kann, nicht bestätigen. Berney et al. (2021), Nickels et al. (2020a) und Waldauf et al. (2021) konnten in ihrer Studie keine erhöhte Muskelkraft durch die Intervention nachweisen. Zudem ergab die Studie von Berney et al. (2021) keinen Beweis für die Reduzierung der Inzidenz von Deliren.

Das elektronische Bettfahrrad, mit oder ohne Muskelstimulation, kommt in den hier eingeschlossenen Studien am häufigsten zum Einsatz. Es scheint bezogen auf die Anwendung gut nutzbar und praktikabel zu sein, da es mit einem geringen Sicherheitsrisiko sowohl für die Anwender\_innen als auch für die Patient\_innen einhergeht (Reid et al., 2019). Anders sieht es bei der Anwendung von elektronischen Kipptischen aus. Durch den notwendigen Transfer der Patient\_innen vom Intensivbett auf das Trainingsgerät ist ihr Einsatz sowohl für die Anwender\_innen als auch für die Patient\_innen mit einem erhöhten Sicherheitsrisiko verbunden (Fazzitta et al., 2016). Unter anderem deshalb sieht die S2-Leitlinie, Lagerungstherapie und Frühmobilisation zur Prophylaxe oder Therapie von pulmonalen Funktionsstörungen, von Bein et al. (2015) vor, dass eine Frühmobilisation von mindestens zwei Fachpersonen durchgeführt wird. Damit zeigen Frühmobilisationsgeräte, bei denen ein Transfer auf ein weiteres Therapiegerät entfällt, erhebliche Vorteile. Solche Hilfsmittel werden in den Studien von Egger et al. (2021), Grunow et al. (2022) und Steinböck et al. (2020) beschrieben. Ein robotisches System ermöglicht hierbei durch das Andocken an ein Pflegebett eine Vertikalisierung der Patient\_innen und erzeugt gleichzeitig Gangbewegungen (Egger et al., 2021; Steinböck et al., 2020). Ein anderes robotisches System integriert eine Beinpresse in das Intensivpflegebett (Grunow et al., 2022). Durch den wegfallenden Transfer der Patient\_innen auf ein Therapiegerät (z.B. bei elektronischen Kipptischen) scheinen diese Systeme das Sicherheitsrisiko sowohl für Patient\_innen als auch für Anwender\_innen deutlich zu verringern.

## **Limitationen**

Die überwiegend quantitativen Studien beschreiben teilweise keine klare Definition ihrer untersuchten Outcomes. So konnten einige Studien zwar ein verbessertes Patientenoutcome ermitteln, führten aber teilweise nur die verwendeten Assessmentinstrumente auf, ohne diese zu erläutern. Damit wird nicht klar, was die Ergebnisse der Assessments in Bezug auf Krankheitsphänomene und -zustände der untersuchten Patient\_innen aussagen.

Des Weiteren wurden zwei Studien eingeschlossen, zu denen trotz separater Recherche keine finalen Publikationen gefunden werden konnten und bei denen eine Kontaktaufnahme mit den Autoren ohne Antwort blieb (Dos Santos et al., 2015; Kho et al., 2015). Somit konnten nur deren Arbeitshypothesen in das Review einfließen. Limitierend ist auch, dass sich insbesondere die Expertenmeinungen überhaupt nicht zu Patientenoutcomes äußern.

Durch die Recherche in einer Vielzahl von Datenbanken konnte ein umfassender Überblick über den aktuellen Forschungsstand zum Einsatz von robotischen und technischen Systemen zur Frühmobilisation auf Intensivstationen geschaffen werden.

## Schlussfolgerung

In den hier eingeschlossenen Publikationen wurden unterschiedliche robotische oder technische Frühmobilisationssysteme verwendet. Am häufigsten wurden elektronische Bettfahrräder eingesetzt, gefolgt von elektronischen Kipptischen. Alle Hilfsmittel haben eine Aktivierung der Intensivpatient\_innen durch eine Gang- oder Kurbelbewegung, eine Vertikalisierung oder eine Kombination aus beidem zur Folge. Die Studien ergaben ein differentes Bild zum Einfluss der Hilfsmittel auf die Patientenoutcomes. Dies zeigt sich u.a. in der uneinheitlichen Datenlage, z.B. in Bezug auf die Erhöhung der Muskelkraft.

Durch dieses Review wird deutlich, dass robotische Systeme erst später (ab dem Jahr 2021) in der klinischen Praxis eingesetzt bzw. erprobt wurden und die Datenlage hierzu noch sehr gering ist. Da dies keine hinreichende Evidenz bietet, bedarf es insbesondere auf diesem Gebiet weiterer Forschung. Nur so kann Frühmobilisationsrobotik auch für die Praxis relevant werden, im weiteren Verlauf zu einer Entlastung von mobilisierendem Fachpersonal führen und Frühmobilisationsraten von Intensivpatient\_innen steigern. Bei der Entwicklung, Implementierung und Anwendung müssen daher die Perspektiven von Patient\_innen und mobilisierenden Fachpersonen (Physiotherapeut\_innen und Pflegefachpersonen) einzbezogen werden, um den Bedürfnissen der Patient\_innen und der Anwender\_innen gerecht zu werden.

## Elektronische Supplemente (ESM)

Die elektronischen Supplemente sind mit der Online-Version dieses Artikels verfügbar unter <https://doi.org/10.1024/1012-5302/a000891>.

**ESM 1.** Suchstrategien.

**ESM 2.** Bewertungsinstrumente.

**ESM 3.** Datenextraktion.

**ESM 4.** Ausschluss: Das ESM enthält die nach dem Volltext ausgeschlossene Literatur unterteilt nach Gründen.

**ESM 5.** Verteilung Artikel: Das ESM enthält die Verteilung der identifizierten Artikel auf die Datenbanken.

## Literatur

- Abdulla, W. (2007). *Interdisziplinäre Intensivmedizin*. Elsevier.
- Bendel, O. (2018). Roboter im Gesundheitsbereich. In O. Bendel (Hrsg.), *OPEN. Pflegeroboter* (S. 195 – 212). Springer Gabler.
- Bein, T., Bischoff, M., Brückner, U., Gebhardt, K., Henzler, D., Hermes, C., Lewandowski, K., Max, M., Nothacker, M., Staudinger, T., Tryba, M., Weber-Carstens, S., & Wrigge, H. (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 (DGAI). *Anaesthesia*, 64(Suppl. 1), S1 – 26. <https://doi.org/10.1007/s00101-015-0071-1>
- Berney, S., Hopkins, R. O., Rose, J. W., Koopman, R., Puthucheary, Z., Pastva, A., Gordon, I., Colantuoni, E., Parry, S. M., Needham, D. M., & Denehy, L. (2021). Functional electrical stimulation in-bed cycle ergometry in mechanically ventilated patients: a multi-centre randomised controlled trial. *Thorax*, 76(7), 656 – 663. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2020-215093>
- Chillura, A., Bramanti, A., Tartamella, F., Pisano, M. F., Clemente, E., Lo Scrudato, M., Cacciato, G., Portaro, S., Calabro, R. S., & Naro, A. (2020). Advances in the rehabilitation of intensive care unit acquired weakness: A case report on the promising use of robotics and virtual reality coupled to physiotherapy. *Medicine*, 99(28), e20939. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000020939>
- Clarissa, C., Salisbury, L., Rodgers, S., & Kean, S. (2019). Early mobilisation in mechanically ventilated patients: a systematic integrative review of definitions and activities. *Journal of intensive care*, 7, 3. <https://doi.org/10.1186/s40560-018-0355-z>
- Deley, G., Laroche, D., & Quenot, J.-P. (2021). Early rehabilitation in ICU for COVID-19: what about FES-cycling? *Critical care (London, England)*, 25(1), 94. <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03526-4>
- Dohle, C., Mueller, F., & Stephan, K. M. (2017). Technical Developments for Rehabilitation of Mobility. *Aktuelle Neurologie*, 44(8), 549 – 554. <https://doi.org/10.1055/s-0043-109095>
- Dos Santos, L. J., Aguiar Lemos, F. de, Bianchi, T., Sachetti, A., Dall'Acqua, A. M., da Silva Naue, W., Dias, A. S., & Vieira, S. R. R. (2015). Early rehabilitation using a passive cycle ergometer on muscle morphology in mechanically ventilated critically ill patients in the Intensive Care Unit (MoVe-ICU study): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 16(1), 383. <https://doi.org/10.1186/s13063-015-0914-8>
- Dubb, R., Nydahl, P., Hermes, C., Schwabbauer, N., Toonstra, A., Parker, A. M., M., Kaltwasser, A., & Needham, D. M. (2016). Barriers and Strategies for Early Mobilization of Patients in Intensive Care Units. *Annals of the American Thoracic Society*, 13(5), 724 – 730. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201509-586CME>
- Egger, M., Steinbock, M., Huge, V., & Muller, F. (2021, Oktober). *VEMO: An Innovative Robotic Device for Early Mobilization in the Intensive Care Unit*. Intensive Care Medicine Experimental Conference, European Society of Intensive Care Medicine Annual Congress, ESICM. Digital.
- Elm, E. von., Schreiber, G., & Haupt, C. C. (2019). Methodische Anleitung für Scoping Reviews (JBI-Methodologie). *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen*, 143, 1 – 7. <https://doi.org/10.1016/j.zefq.2019.05.004>
- Engel, H. J., Needham, D. M., Morris, P. E., & Gropper, M. A. (2013). ICU early mobilization: from recommendation to implementation at three medical centers. *Critical care medicine*, 41(9, Suppl. 1), S69 – 80. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3182a240d5>
- Ferre, M., Batista, E., Solanas, A., & Martinez-Balleste, A. (2021). Smart Health-Enhanced Early Mobilisation in Intensive Care Units. *Sensors (Basel)*, 21(16), 5408. <https://doi.org/10.3390/s21165408>

- França, E. E. T., Gomes, J. P. V., De Lira, J. M. B., Amaral, T. C. N., Vilaça, A. F., Paiva Júnior, M D S, Elihimas Júnior, U. F., Correia Júnior, M. A. V., Forgiarini Júnior, L. A., Costa, M. J. C., Andrade, M. A., Ribeiro, L. C., & De Castro, C. M. M. B. (2020). Acute effect of passive cycle-ergometry and functional electrical stimulation on nitrosative stress and inflammatory cytokines in mechanically ventilated critically ill patients: a randomized controlled trial. *Brazilian journal of medical and biological research = Revista brasileira de pesquisas medicas e biologicas*, 53(4), e8770. <https://doi.org/10.1590/1414-431X20208770>
- Fazzitta, G., Zivi, I., Valsecchi, R., & Saltuari, L. (2018). Early verticalization in patients in a vegetative or minimally conscious state. In G. Sandrini, V. Homberg, L. Saltuari, N. Smania & A. Pedrocchi (eds), *Advanced Technologies for the Rehabilitation of Gait and Balance Disorders. Biosystems & Biorobotics* (Vol. 19, n.p.). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-72736-3\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-319-72736-3_20)
- Fazzitta, G., Zivi, I., Valsecchi, R., Bonini, S., Maffia, S., Molatore, K., Sebastianelli, L., Zarucchi, A., Matteri, D., Ercoli, G., Maestri, R., & Saltuari, L. (2016). Effectiveness of a Very Early Stepping Verticalization Protocol in Severe Acquired Brain Injured Patients: A Randomized Pilot Study in ICU. *PloS one*, 11(7), n.p. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158030>
- Fuest, K., & Schaller, S. J. (2018). Recent evidence on early mobilization in critical-ill patients. *Current opinion in anaesthesiology*, 31(2), 144–150. <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000568>
- Grunow, J. J., Nydahl, P., & Schaller, S. J. (2022). Mobilization of Intensive Care Unit Patients: How Can the ICU Rooms and Modern Medical Equipment Help? [Mobilisation auf Intensivstationen: Intensivpflegezimmer und Medizintechnik können helfen]. *Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie: AINS*, 57(1), 41–51. <https://doi.org/10.1055/a-1324-0627>
- Hodgson, C. L., Berney, S., Harrold, M., Saxena, M., & Bellomo, R. (2012). Clinical review: Early patient mobilization in the ICU. *Critical Care*, 17(1), 207. <https://doi.org/10.1186/cc11820>
- JBI. (2015). *Methodology for JBI Scoping Reviews*. Retrieved 22. January 2021 from: <https://nursing.lsuhsc.edu/JBI/docs/ReviewersManuals/Scoping-.pdf>
- JBI. (n.d.). *Critical Appraisal Tools*. Retrieved 28. January 2021 from: <https://joannabriggs.org/critical-appraisal-tools>
- Kho, M. E., Martin, R. A., Toonstra, A. L., Zanni, J. M., Manthei, E. C., Nelliot, A., & Needham, D. M. (2015). Feasibility and safety of in-bed cycling for physical rehabilitation in the intensive care unit. *Journal of critical care*, 30(6), 1419 – e1. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2015.07.025>
- Kimawi, I., Lamberjack, B., Nelliot, A., Toonstra, A. L., Zanni, J., Huang, M., Manthei, E., Kho, M. E., & Needham, D. M. (2017). Safety and Feasibility of a Protocolized Approach to In-Bed Cycling Exercise in the Intensive Care Unit: Quality Improvement Project. *Physical Therapy*, 97(6), 593–602. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzx034>
- Koester, K., Troeller, H., Panter, S., Winter, E., & Patel, J. J. (2018). Overview of Intensive Care Unit-Related Physical and Functional Impairments and Rehabilitation-Related Devices. *Nutrition in Clinical Practice*, 33(2), 177 – 184. <https://doi.org/10.1002/ncp.10077>
- Kumble, S., Zink, E. K., Burch, M., Deluzio, S., Stevens, R. D., & Bahouth, M. N. (2017). Physiological Effects of Early Incremental Mobilization of a Patient with Acute Intracerebral and Intra-ventricular Hemorrhage Requiring Dual External Ventricular Drainage. *Neurocritical Care*, 27(1), 115–119. <https://doi.org/10.1007/s12028-017-0376-9>
- Kwakman, R. C. H., Sommers, J., Horn, J., Nollet, F., Engelbert, R. H. H., & Van der Schaaf, M. (2020). Steps to recovery: body weight-supported treadmill training for critically ill patients: a randomized controlled trial. *Trials*, 21(1), 409. <https://doi.org/10.1186/s13063-020-04333-y>
- Kwakman, R. C. H., Voorn, E. L., Horn, J., Nollet, F., Engelbert, R. H. H., Sommers, J., & Van der Schaaf, M. (2022). Steps to recovery: Body weight-supported treadmill training for critically ill patients: A randomized controlled trial. *Journal of critical care*, 69, 154000. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2022.154000>
- Mayer, K. P., Carper, R. A., Henson, S. C., Clonce, E. A., Christian, W. J., Seif, S. M., Pastva, A. M., Needham, D. M., & Morris, P. E. (2022). Three-Fourths of ICU Physical Therapists Report Use of Assistive Equipment and Technology in Practice: Results of an International Survey. *Journal of Acute Care Physical Therapy*, 12(1), 21–30. <https://doi.org/10.1097/JAT.0000000000000044>
- Misselhorn, C. (2018). *Grundfragen der Maschinenethik*. Reclam.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Annals of Internal Medicine*, 151(4), 264 – 269. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Nickels, M. R., Aitken, L. M., Barnett, A. G., Walsham, J., King, S., Gale, N. E., Bowen, A. C., Peel, B. M., Donaldson, S. L., Mealing, S. T. J., & McPhail, S. M. (2020a). Effect of in-bed cycling on acute muscle wasting in critically ill adults: A randomised clinical trial. *Journal of critical care*, 59, 86 – 93. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2020.05.008>
- Nickels, M. R., Aitken, L. M., Barnett, A. G., Walsham, J., & McPhail, S. M. (2020b). Acceptability, safety, and feasibility of in-bed cycling with critically ill patients. *Australian Critical Care*, 33(3), 236 – 243. <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2020.02.007>
- Ogrinc, G., Davies, L., Goodman, D., Batalden, P., Davidoff, F., & Stevens, D. (2016). SQUIRE 2.0 (Standards for QUality Improvement Reporting Excellence): revised publication guidelines from a detailed consensus process. *BMJ quality & safety*, 25(12), 986 – 992. <https://doi.org/10.1136/bmqs-2015-004411>
- Parry, S. M., Berney, S., Warrilllow, S., El-Ansary, D., Bryant, A. L., Hart, N., Puthucheary, Z., Koopman, R., & Deheny, L. (2014). Functional electrical stimulation with cycling in the critically ill: a pilot case-matched control study. *Journal of critical care*, 29(4), 695 – e1. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2014.03.017>
- Parry, S. M., Berney, S., Koopman, R., Bryant, A., El-Ansary, D., Puthucheary, Z., Hart, N., Warrilllow, S., & Deheny, L. (2012). Early rehabilitation in critical care (eRiCC): functional electrical stimulation with cycling protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open*, 2(5). e001891. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2012-001891>
- Reid, J. C., McCaskell, D. S., & Kho, M. E. (2019). Therapist perceptions of a rehabilitation research study in the intensive care unit: a trinational survey assessing barriers and facilitators to implementing the CYCLE pilot randomized clinical trial. *Pilot and Feasibility Studies*, 5(1).131. <https://doi.org/10.1186/s40814-019-0509-3>
- Steinböck, M., Egger, M., Schapers, B., & Müller, F. (2020, Dezember). *New robotic technology for very early mobilisation in Critical Care Patients*. Neurologie und Rehabilitation, Conference 8, Gemeinsame Jahrestagung der DGNR und der DGNKN, digitale Konferenz.
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E. A., Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M. G., Garrity, C., ... Straus, S. E. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Annals of internal medicine*, 169(7), 467 – 473. <https://doi:10.7326/M18-0850>
- Waldauf, P., Hrušková, N., Blahutova, B., Gojda, J., Urban, T., Krajčová, A., Fric, M., Jiroutková, K., Řasová, K., & Duška, F. (2021). Functional electrical stimulation-assisted cycle ergometry-based progressive mobility programme for mechanically ventilated patients: randomised controlled trial with 6 months follow-up. *Thorax*, 76(7), 664–671. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnlg-2020-215755>
- Waldauf, P., Jiroutková, K., Krajčová, A., Puthucheary, Z., & Duška, F. (2020). Effects of Rehabilitation Interventions on Clinical Outcomes in Critically Ill Patients: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Critical Care Medicine*, 48(7), 1055 – 1065. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000004382>
- Zink, E. K., Kumble, S., Beier, M., George, P., Stevens, R. D., & Bahouth, M. N. (2021). Physiological Responses to In-Bed Cycle Ergometry Treatment in Intensive Care Unit Patients with External Ventricular Drainage. *Neurocritical Care*, 35(3), 707 – 713. <https://doi.org/10.1007/s12028-021-01204-5>

**Historie**

Manuskripteingang: 09.11.2021  
 Manuskript angenommen: 26.05.2022  
 Onlineveröffentlichung: 30.06.2022

**Autorenschaft**

Konzeption der Arbeit: AMK  
 Erfassung, Analyse und Interpretation der Daten:  
 AMK, JH, LS, AW, IR  
 Manuskripterstellung: AMK, JH  
 Kritische Überarbeitung von wichtigen intellektuellen Inhalten  
 des Manuskripts: IE, JH, UF, AW, IR  
 Genehmigung der letzten Version des Manuskripts  
 zur Publikation: AMK, IE  
 Bereitschaft, für alle Aspekte der Arbeit Verantwortung  
 zu übernehmen: AMK

**Förderung**

Dieses Scoping Review ist im Rahmen des vom Bundesministerium  
 für Bildung und Forschung (BMBF) in der Förderlinie „Robotische  
 Systeme für die Pflege“ geförderten Projekts MobiStaR entstanden  
 (Förderkennziffer: 16SV842; Registrierung ClinicalTrials:  
 NCT05071248).

**Autorenhinweis**

Dieses Scoping Review ist Teil eines Promotionsvorhabens an  
 der Geschichts- und Gesellschaftswissenschaftlichen Fakultät  
 der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt, Deutschland.

**Danksagung**

Besonders bedanken möchte wir uns bei Herrn Marcus  
 Gutmann für die Begleitung und Unterstützung über den ge-  
 samten Zeitraum der Erstellung des Scoping Reviews sowie  
 bei Herrn PD Dr. Michael Zoller, Frau Dr. Ines Schröder, Herrn Dr.  
 Lucas Hübner, Frau Dr. Christina Scharf, Herrn PD Dr. Eduard  
 Kraft, Herrn Dr. Alexander König und Herrn Markus Biedenkapp  
 für die Beratung und Hilfestellung bei der Entwicklung  
 der Recherchestrategie.

**ORCID**

Amrei Christin Klamt  
[ID](https://orcid.org/0000-0002-3216-0063)  
 Lena Schmidbauer  
[ID](https://orcid.org/0000-0003-2606-8655)  
 Angelika Warmbein  
[ID](https://orcid.org/0000-0001-9636-3583)  
 Uli Fischer  
[ID](https://orcid.org/0000-0003-1398-6510)



**Amrei Christin Mehler-Klamt,  
 M.Ed. (Univ.)**

Professur für Pflegewissenschaften  
 Fakultät für Soziale Arbeit  
 Katholische Universität  
 Eichstätt-Ingolstadt  
 Kapuzinergasse 2  
 85072 Eichstätt  
 Deutschland  
 amrei.klamt@ku.de

**Was war die größte Herausforderung bei Ihrer Studie?**

Publikationen, die persönlich interessant, aber nicht relevant  
 für das Thema des Reviews waren, auszuschließen.

**Was wünschen Sie sich bezüglich der Thematik für die Zukunft?**

Dass die Anwender\_innen mehr in die Entwicklung von Therapie-  
 robotik einbezogen werden, weil Robotik nur so ein ernst zu  
 nehmendes Entlastungshilfsmittel für sie darstellen kann.

**Was empfehlen Sie zum Weiterlesen/Vertiefen?**

Misselhorn, C. (2018). Grundfragen der Maschinenethik. Reclam.