

Aus dem Arbeitsbereich Physikalische Medizin der Medizinischen Klinik mit
Schwerpunkt Rheumatologie & Klinische Immunologie
der Medizinischen Fakultät Charité - Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Fachübergreifende Frührehabilitation im Akutkrankenhaus:
Assessment von Mobilisierung und retrospektive Analyse der
Frührehabilitation

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Nancy Elmer

aus Berlin

Datum der Promotion: 16.06.2018

Inhaltsverzeichnis

I. Abstract – deutsch	1
II. Abstract – englisch	2
1. Einleitung	4
1.1 Modell der Funktionsfähigkeit (functioning), ICF.....	4
1.2 Outcome Messung des functioning.....	4
1.3 Assessment von Mobilität.....	4
1.4 Mobilität und Immobilität.....	5
1.4.1 Mobilisierung als Grundlage der Rekonvaleszenz.....	6
1.4.2 Frührehabilitation im Akutkrankenhaus.....	6
1.4.2.1 Strukturelle und inhaltliche Organisation.....	7
1.4.2.2 Bedeutung von Mobilisierung in der Fachübergreifenden Frührehabilitation.....	7
1.4.2.2.1 Mobilisierung nach Polytrauma.....	8
1.4.2.2.2 Mobilisierung nach Sepsis.....	8
1.5 Zielstellung.....	9
2. Methoden	9
2.1 Review der Mobilitäts-Assessments.....	10
2.2 Entwicklung und Validierung eines Assessmentinstrumentes für Mobilität in der Fachübergreifenden Frührehabilitation.....	10
2.3 Retrospektive Analyse der Fachübergreifenden Frührehabilitation.....	11
2.3.1 Fachübergreifende Frührehabilitation nach Polytrauma.....	11
2.3.2 Fachübergreifende Frührehabilitation nach Sepsis.....	11
2.3.3 Analyse.....	12
3. Ergebnisse	13
3.1 Review der Mobilitäts-Assessments.....	13
3.2 Entwicklung und Validierung des Charité Mobility Index®.....	14
3.3 Deskriptive Analyse der Frührehabilitation.....	16
3.3.1 Fachübergreifende Frührehabilitation nach Polytrauma.....	16
3.3.2 Fachübergreifende Frührehabilitation nach Sepsis.....	17

4. Diskussion	19
4.1 Charité Mobilitäts Index® - Diskussion der Ergebnisse.....	19
4.2 Fachübergreifende Frührehabilitation nach Polytrauma - Diskussion der Ergebnisse.....	20
4.3 Fachübergreifende Frührehabilitation nach Sepsis - Diskussion der Ergebnisse.....	21
5. Schlussfolgerungen	22
Literaturverzeichnis	22
Anteilerklärung an den erfolgten Publikationen	27
Eidesstattliche Versicherung	28
Druckexemplare der Publikationen	29
Lebenslauf	59
Publikationsverzeichnis	60
Danksagung	60

I. Abstract – deutsch

Titel: Fachübergreifende Frührehabilitation im Akutkrankenhaus: Assessment von Mobilisierung und retrospektive Analyse der Frührehabilitation

Autor: Nancy Elmer

Einleitung

In zahlreichen Fachgebieten der medizinischen Versorgung – von der Intensivstation bis hin zur Langzeitpflege – ist eine Immobilisierung von Patienten die Ursache negativer Folgen mit bedeutender Relevanz für Morbidität und Mortalität. Es verwundert daher nicht, dass der Frühmobilisation und auch der Frührehabilitation daher eine zunehmende Bedeutung beigemessen wird.

Zielstellung

In einem ersten Arbeitsschritt wurden Mobilitäts- Assessments untersucht und die Entwicklung eines neuen Assessments stand im Vordergrund sowie dessen Etablierung ins klinische Setting der Frührehabilitation. Anschließend wurden in einem mehrschrittigen Vorgehen Patienten auf der Fachübergreifenden Frührehabilitation retrospektiv analysiert mit dem Fokus auf die Funktionsfähigkeiten Mobilität und Selbsthilfefähigkeit. Ziel war es dabei erstens, ein einfaches ICF (*International Classification of Functioning, Disability and Health*)-basiertes Mobilitäts-Assessment zu schaffen. Anhand des Assessments sollte das Mobilitäts- Outcome von Polytrauma- Patienten nach fachübergreifender Frührehabilitation beurteilt und die Subgruppe retrospektiv analysiert werden. In einem zweiten Arbeitsschritt sollte diese Analyse ebenso an einer Subgruppe nach Sepsis erfolgen, da auch hier eine spärliche Datenlage zur Frührehabilitation vorlag.

Methode

Dazu wurde ein Assessment-Instrument entwickelt und validiert, welches das gesamte Spektrum Immobilität bis hin zur vollständigen Mobilität erfasst, um auf dieser Basis den Einfluss multiprofessioneller Therapiemaßnahmen im Rahmen der Frührehabilitation zu operationalisieren. Zudem wurden Patienten nach Polytrauma sowie nach Sepsis mit anschließender Fachübergreifender Frührehabilitation hinsichtlich ihrer Funktionsgewinne retrospektiv analysiert.

Ergebnisse

Es entstand der Charité Mobilitäts Index, dessen Validität an einer Stichprobe mit n=87 Patienten gezeigt werden konnte.

Im Verlauf der fachübergreifenden Frührehabilitation verbesserten sich bei Polytrauma- Patienten die Mobilität ($p < 0.001$; Effektstärke $|d| = 2.5$) und die ADL-Kompetenz ($p < 0.001$; Effektstärke $|d| = 2.4$) hoch signifikant. Auch die Veränderungen der Mobilität und Selbsthilfefähigkeit von Sepsis-Patienten sind hoch signifikant (je $p < 0.001$), die Effektstärken sehr stark ($|d| = 1.3$ und 1.4).

Diskussion

Diese Studien leisten einen Beitrag zur Erfassung von Mobilität im Akutkrankenhaus und präsentieren erstmals grundlegende Daten zu Rehabilitationsergebnissen der Frührehabilitation von Polytrauma-Patienten und Sepsis-Patienten.

Schlussfolgerung

Die Daten belegen die enormen Funktionsgewinne, die Polytrauma- und Sepsis-Patienten im Rahmen einer fachübergreifenden Frührehabilitation erzielen können.

II. Abstract - englisch

Introduction

In many areas of medical care – from intensive to long-term – the immobilization of patients causes negative consequences which are of significant relevance for morbidity and mortality. It is therefore no surprise that increased importance is being placed on early mobilization and acute care rehabilitation (ACR).

Objectives

In the first phase, mobility assessments were reviewed and the development of a new assessment was emphasized as well as its establishment in the clinical setting of early rehabilitation. In a multi-step approach, patients with consecutive ACR in a specific ACR Unit were analyzed in a retrospective study, focusing on patient mobility and independence self-care activities. The goal was firstly to create a simple ICF (*International Classification of Functioning, Disability and Health*)-based mobility assessment. On the basis of this assessment, the mobility outcome of polytrauma patients was assessed after ACR and the subgroup was analyzed retrospectively. In the second phase, this analysis was also carried out on a subgroup after sepsis, as there is also a lack of data on ACR available with this group.

Methods

For this purpose, an assessment instrument was developed and validated, covering the whole range of immobility up to complete mobility in order to operationalize the influence of multi-professional therapy measures on early rehabilitation. In addition, post-polytrauma and post-sepsis patients with subsequent ACR were retrospectively analyzed with regard to their functional gains.

Results

The Charité Mobility Index was developed, the validity of which was shown in assessments with a sample of n=87 patients.

Increases in the mobility of polytrauma patients ($p < 0.001$; effect size $|d| = 2.5$) and self-care activities ($p < 0.001$; effect size $|d| = 2.4$) were highly significant. Changes in the mobility and self-care activities of sepsis patients were also highly significant (per $p < 0.001$), and effect sizes were strong ($|d| = 1.3$ und 1.4).

Discussion

These studies contribute to the recording of mobility in acute hospitals and for the first time present foundation data on the rehabilitation results of ACR with polytrauma and sepsis patients.

Conclusion

The data shows the enormous gain in functioning that can be obtained with acute medical rehabilitation intervention after ICU treatment of sepsis and polytrauma patients.

„Teilergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden veröffentlicht in:

- Fachübergreifende Frührehabilitation nach Polytrauma – Eine retrospektive Analyse/2016
- Introduction of the Charité Mobility Index (CHARMI) – A Novel Clinical Mobility Assessment for Acute Care Rehabilitation/2016“

„Teilergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden zur Veröffentlichung angenommen:

Fachübergreifende Frührehabilitation nach Sepsis - Eine retrospektive Analyse. Die Rehabilitation/2017“

1. Einleitung

1.1 Modell der Funktionsfähigkeit (*functioning*), ICF

Die ICF (*International Classification of Functioning, Disability and Health*) basiert auf dem bio-psycho-sozialen Ansatz der WHO [1]. Mit dessen Grundlage ist eine systematische Beschreibung der Funktionsfähigkeit und Behinderung auf den Ebenen der Körperfunktionen und -strukturen, der Aktivitäten und der Einbindung in das gesellschaftliche Leben (Teilhabe) möglich [2].

Diese drei Bereiche bilden die wichtigsten Kriterien der funktionalen Gesundheit, die WHO spricht hierbei auch von Funktionsfähigkeit (*functioning*) [3]. Es wird in diesem Zusammenhang die Sicht von einem vorliegenden Gesundheitsproblem mit daraus resultierenden Schädigungen von Körperstrukturen und -funktionen erweitert auf individuell zugängliche Ressourcen und dient der Identifizierung von Kontextfaktoren als mögliche Förderfaktoren und Barrieren [2].

Das wichtigste Ziel der ICF ist es, eine einheitliche und standardisierte Beschreibung der funktionalen Gesundheit zur Verfügung zu stellen, um die Kommunikation zwischen Fachleuten und Menschen mit Einschränkungen ihrer Funktionsfähigkeit zu verbessern [3].

1.2 Outcome-Messung des *functioning*

Zur Operationalisierung von ICF-Komponenten ist die ICF selbst kein unmittelbar einsetzbares Assessmentinstrument [4,5]. Die ICF lässt sich aber in unterschiedlicher Weise für Assessmentinstrumente und deren Anwendung bzw. Entwicklung nutzen, um Einschränkungen in unterschiedlichen Funktionsbereichen aufzudecken [3].

Ein grundlegendes Problem stellt die Beeinträchtigung der Mobilität dar [6,7]. Die Mobilität gilt als wichtige Ressource für die Unabhängigkeit eines Menschen und gehört laut der Beschreibung der ICF zu den wichtigen Bestandteilen zur Teilhabe am täglichen Leben [6]. Mobilität heißt das Vierte von zehn Kapiteln der Kategorie „Aktivität“ des ICF. Dieses Kapitel klassifiziert in 13 Unterdomänen die Mobilität, unter anderem durch: eine elementare Körperposition wechseln, in einer Körperposition verbleiben, sich verlagern, Gehen- kurze Entfernungen (bewegen in unmittelbarer Nähe) und lange Entfernungen (sich in seiner Wohnung fortbewegen) [1]. Im klinischen Alltag gilt die Annahme, dass Mobilität Lageänderungen im Liegen, Aufsetzen, Transfers, das Aufstehen und die Lokomotion umfasst [8].

1.3 Assessment von Mobilität

Die Mobilität dient als wichtiger Beurteilungsfaktor im Akutkrankenhaus [9]. Transfers und Lokomotion werden von der ICF als grundlegend für die Mobilität verstanden und werden daher als Einschlusskriterien für die Auswahl an Assessments verwendet [1]. Eine Analyse existierender

Mobilitäts-Assessments offenbart im klinischen Alltag das Fehlen eines einfachen, praktisch handhabbaren, reliablen und insbesondere hinsichtlich Transferfähigkeit und Lokomotion validen Assessments. Eine Vielzahl von Assessmentinstrumenten existiert, die eine Beurteilung der Transfer und Lokomotionsfähigkeit häufig missverständlich und dabei nicht aussagekräftig wiedergeben. Nur wenige Assessments nehmen die Domäne Transfer/Lokomotion auf. Am häufigsten wird der Aspekt „Gehen“ in den vorhandenen Assessments bewertet. Kein Assessment stellt jedoch die Gesamtheit der Mobilisierung dar. Positionen, wie Sitzen, sich verlagern, sich drehen werden nur partiell von den meistens Tests erfasst [8]. Einige Indices sind spezifisch auf einzelne Krankheitsbilder bezogen oder betrachten Mobilität als Teilaspekt einer aufgestellten Messbatterie [10-16]. Problematisch ist hier auch die geringe Aussagekraft von Summenscores [17]. Andere Assessments testen einzelne Mobilitätsaufgaben oder fokussieren auf bestimmte Aspekte der Mobilität [18-21].

1.4 Mobilität und Immobilität

Mobilität – in Bezug auf die Funktionsfähigkeit des Menschen – ist die Fähigkeit zur Fortbewegung. Sie ist fundamentale Grundlage von Aktivität und Partizipation und umfasst im klinischen Setting sich zu positionieren oder zu transferieren [1]. Sie schließt demnach auch die grundlegenden Fähigkeiten lokomotorischer Funktionen ein. Es besteht eine große Bandbreite individueller Kompetenzen in Transferfähigkeit und Lokomotion zwischen völliger Immobilität und freier Lokomotion [22].

Der Verlust an Mobilität kann Ursache zahlreicher medizinischer Komplikationen sein [23,24]. Immobilität führt zu erhöhter Morbidität und Mortalität durch Infektionserkrankungen, Druckulcera, Kontrakturen, Thrombembolien, Muskelatrophie, kardiopulmonaler Dekonditionierung, Osteoporose und weitaus mehr negativen Konsequenzen in nahezu allen Organsystemen und Körperstrukturen [23-28]. Ein früher Einsatz von Mobilisierungsmaßnahmen kann unerwünschte Effekte einer Immobilisierung (Deconditioning) vermeiden [29]. Deconditioning fasst ein Syndrom zusammen, bestehend aus rascher Ermüdbarkeit und Atrophie der Atem- und Skelettmuskulatur sowie der Entwicklung lagerungsbedingter Haut- und Weichteilschäden sowie der Entstehung psychokognitiver Defizite und einer abnehmenden Kapazität der hämodynamischen Reaktionsfähigkeit auf physische Belastungen [30]. Um Mobilisierungsmaßnahmen möglichst früh durchzuführen, braucht es Instrumente zur Erkennung von Mobilitätsdefiziten.

1.4.1 Mobilisierung als Grundlage der Rekonvaleszenz

Das Konzept der Frühmobilisation bezieht sich auf die Mobilisation, die eine Förderung von Bewegung und Behandlung von Funktionsstörungen umfasst [31]. Sie ist grundsätzlicher Bestandteil eines umfassenden Rehabilitationskonzeptes und beginnt per Definition 72 Stunden nach Aufnahme auf einer Intensivstation, spätere Maßnahmen werden als Mobilisierung bezeichnet [22]. Beides ist notwendig und sollte kontinuierlich durch passive, assistive oder auch aktive Bewegungsübungen erfolgen [31]. Wichtig ist das Verständnis, dass jede Bewegung mobilisierend, orientierungsfördernd und kräftigend sein kann [22].

Zahlreiche Studien zeigen, dass eine frühe und sukzessive Mobilisation kritisch kranker Patienten das Deconditioning verhindern kann und einen Überlebensvorteil sichert [32]. Auch hat eine frühe Mobilisierung sowohl einen positiven Einfluss auf die Länge der Beatmungsdauer, auf die Gesamtliegedauer als auch auf das Outcome in den Funktionsfähigkeiten [33]. Eine Prüfung zur Wirksamkeit spezifischer Interventionen zur Verbesserung der körperlichen Funktionen von Intensivstation-Überlebenden zeigte, dass die einzige wirksame Intervention zur Verbesserung der langfristigen körperlichen Funktion ein früher Einsatz von Mobilisierung und Physiotherapie ist [34].

Widerherstellung und Erhaltung von Mobilität sollten in der akuten sowie postakuten Phase anfangen. Um dies zu erreichen ist die Frühmobilisation als Bestandteil des klinischen Akut-Settings unabdingbar und so früh wie möglich einzusetzen, denn Folgeschäden der muskulären Atrophie beginnen bereits 72 Stunden nach Immobilisation [23]. Die Frühmobilisation und Frührehabilitation sind daher integrale Bestandteile einer jeden medizinischen Behandlung, die vor allem das Ziel der Erhaltung oder Verbesserung der Funktionsfähigkeit fokussieren [7].

1.4.2 Frührehabilitation im Akutkrankenhaus

Die Frührehabilitation leitet sich von dem Modell der Funktionsfähigkeit der WHO ab und gilt als kombinierte akutmedizinische und rehabilitationsmedizinische Behandlung von Patienten mit akuten Gesundheitsstörungen und relevanten Beeinträchtigungen von Körperfunktionen und -strukturen, Aktivitäten und Partizipation gemäß der ICF [1,35]. Sie setzt frühestmöglich im Akutverlauf ein und verfolgt eine kurative sowie rehabilitative Strategie mit dem Fokus auf der Wiedererlangung, Verbesserung oder Erhaltung der Selbstständigkeit – und damit einhergehend auch der Mobilität. Sie ist durch die Behandlung komplexer Funktionsstörungen gesetzlich geforderter integraler Bestandteil der Krankenhausbehandlung (SGB IX: Rehabilitation und Teilhabe behinderter Menschen). Die fachübergreifende Frührehabilitation ist mit ihren Kriterien von der neurologisch-neurochirurgischen Frührehabilitation und der geriatrisch-

frührehabilitativen Komplexbehandlung klar abzugrenzen [35]. In den spezialisierten Einrichtungen zur Frührehabilitation erfolgt die Indikationsstellung und Qualitätssicherung gemäß eigener Richtlinien, da in Deutschland die Frührehabilitation getrennt zwischen neurologischer, geriatrischer und fachübergreifender Frührehabilitation durchgeführt wird [6].

1.4.2.1 Strukturelle und inhaltliche Organisation der Frührehabilitation

Ziel der Frührehabilitation ist klar, die Körperfunktionen des Patienten ganzheitlich zu verbessern und wiederherzustellen, Sekundär- und Tertiärschädigungen zu verhindern oder zumindest in ihren Auswirkungen zu minimieren [6]. Dabei sind die Ansätze der Frührehabilitation therapeutisch sowie rehabilitativ. Die Strukturvoraussetzungen für die Frührehabilitation sind in den OPS-Codes beschrieben [36]. Die Frührehabilitation umfasst ein eigenständiges, individuelles und patientenorientiertes Behandlungskonzept mit spezifischen diagnostischen Verfahren sowie Interventionen. Sie ist als nahtlos begleitende Therapie zu verstehen mit je nach Erfordernissen und Möglichkeiten wechselnden Schwerpunkten. Die Fachübergreifende Frührehabilitation besteht aus aktivierender Pflege, Förderung der Motorik, der orofacialen Fähigkeiten und schließlich dem Wahrnehmungs- und Selbständigkeitstraining [37]. Eine Verlegung auf eine Frührehabilitation ist dann sinnvoll, wenn neben hohem akutstationärem Behandlungsbedarf der Bedarf an gleichzeitig rehabilitativer Intervention einschließlich der therapeutischen Pflege hoch ist oder sogar vordergründig ist [35].

1.4.2.2 Bedeutung von Mobilisierung in der Fachübergreifenden Frührehabilitation

Die Fachübergreifende Frührehabilitation erfolgt in interdisziplinären sowie multiprofessionellen Teams. Fachübergreifende Frührehabilitation bedeutet dabei, dass Patienten aus verschiedenen medizinischen Fachbereichen mit zumeist multiplen Schädigungen in unterschiedlichen Organsystemen behandelt werden [35]. Die Fachübergreifende Frührehabilitation bildet die Nahtstelle zwischen Akutversorgung und Rehabilitationsmedizin und wird als erstes Glied einer nahtlosen Rehabilitationskette verstanden [35]. Sie nimmt einen großen Stellenwert in der Patientenmobilisierung im Sinne des Trainings und der Wiedererlangung der Transfer- und Lokomotionsfähigkeit ein.

Patientengruppen, die typischerweise von einer Fachübergreifenden Frührehabilitation profitieren können, sind laut aktuellem Positionspapier der Deutschen Gesellschaft für Physikalische Medizin und Rehabilitation e.V. (DGPMR) u.a. Patienten, welche schwere Verletzungen am Stütz- und Bewegungsapparat bzw. an den inneren Organen erlitten haben, z. B. durch Polytrauma und

Patienten nach Langzeitbeatmung und Langzeitintensivbehandlung und Entwicklung eines Critical-Illness-Syndroms/Postintensiv Care Syndroms (PICS) [35].

1.4.2.2.1 Mobilisierung nach Polytrauma

Zwischen 18200 und 35300 Menschen erleiden jährlich in Deutschland schwere, lebensbedrohliche Verletzungen [38]. Durch eine verbesserte Traumaversorgung konnte die Letalität nach Polytrauma von über 40% vor einigen Jahrzehnten auf inzwischen unter 20% reduziert werden [39,40]. So rückt die Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit, gerade auch auf langfristige Sicht, immer mehr in den Vordergrund. Die häufige Kombination aus unfall- und viszeralchirurgischer Versorgungsnotwendigkeit sowie Begleiterkrankung benötigt oft nach Art und Ausmaß der Verletzungen eine differenzierte Mobilisierung und ein individuelles, patientenzentriertes Mobilisierungskonzept [22]. Für den frühestmöglichen Einsatz der Rehabilitation im akutstationären Verlauf dient die fachübergreifende Frührehabilitation [41]. Häufig überschneiden sich unmittelbar nach der intensivmedizinischen Versorgung der Bedarf an akutstationärer Behandlung und ein hoher Rehabilitationsbedarf. Genau in dieser Phase, in der häufig noch keine Rehabilitationsfähigkeit im Sinne einer weiterführenden Rehabilitation besteht, lässt sich eine Versorgungslücke identifizieren [42].

1.4.2.2.2 Mobilisierung nach Sepsis

Sepsis ist eine komplexe systemische inflammatorische Reaktion des Körpers auf eine Infektion [43,44]. Die Anzahl an Sepsis-Erkrankungen stieg jährlich um durchschnittlich 5,7%: von 200 535 Fälle im Jahr 2007 auf 279 530 Fälle im Jahr 2013 [45].

Das Risiko während der intensivmedizinischen Behandlung einer Sepsis, zusätzlich zu den erkrankungsbedingten Organschädigungen noch weitere immobilitätsbedingte Komplikationen zu erleiden, ist deutlich erhöht [25,46]. Eine dieser schwerwiegenden Komplikationen ist die Schädigung von peripheren Nerven und Muskeln, die bis hin zum generalisierten Schwächesyndrom ausgeprägt sein kann [47]. Die Veränderungen haben auf vielfältige Weise Einfluss auf die Muskelphysiologie [22]. Eine Muskelschwäche entwickelt sich meist während einer Sepsis infolge der Sepsis induzierten Critical-illness-Polyneuropathie sowie -Myopathie. Die entstandene Mikrozirkulationsstörung führt zu einer neuromuskulären Schädigung und ist eine ernst zu nehmende Komplikation. [22]. Der Grad der durch eine Sepsis resultierenden Funktionsdefizite und somit die tatsächliche Lebensqualität der Betroffenen kann jedoch durch eine geeignete Rehabilitationsmaßnahme durchaus beeinflussbar sein. Allerdings gibt es bis heute weder therapeutische Rehabilitations-Standards noch auf diese Patienten ausgerichtete

Rehabilitationseinrichtungen, da die Langzeitfolgen einer Sepsis nach intensivtherapeutischer Behandlung den nachbehandelnden Ärzten in der Regel wenig bekannt sind [48]. Unter Berücksichtigung dieser Erkenntnisse ist eine intensive Mobilisierung von Sepsis-Patienten unabdingbar.

1.5 Zielstellung

Die Dissertation verfolgt im Wesentlichen zwei Ziele:

1. Entwicklung und Validierung eines Mobilitäts-Assessments, das das gesamte Spektrum der Mobilität in therapielevanten Schritten abbildet, grundlegend ICF-basiert ist und in der klinischen Anwendung schnell und einfach handhabbar ist
2. Retrospektive Analyse der fachübergreifenden Frührehabilitation auf einer spezialisierten Frührehabilitations-Station mit dem Fokus auf die Funktionsfähigkeiten Mobilität und Selbsthilfefähigkeit von Patienten nach Polytrauma sowie nach Sepsis

Nur wenige Fakten sind bekannt zu den Effekten einer frühen intensivierten Rehabilitation nach überlebter Intensivtherapie von Patienten mit Sepsis bzw. septischem Schock und auch von polytraumatisierten Patienten. Allen Krankheitsverläufen ist ein substanzielles Defizit körperlicher und psychosozialer Funktionen gemeinsam. Um die Behandlung dieser Langzeitschäden zu verbessern, ist eine Koordination von strukturierten Interventionen erforderlich. Eine Datenlage bezüglich effektiver Interventionen ist bislang kaum existent.

2. Methoden

Zur schrittweisen Bearbeitung der Zielstellungen wurden fünf Arbeitsschritte vorgesehen:

1. Arbeitsschritt: Review vorhandener Mobilitäts-Assessments
2. Arbeitsschritt: Entwicklung und Validierung eines Assessmentinstrumentes für Mobilität in der fachübergreifenden Frührehabilitation (**Publikation 1**)
3. Arbeitsschritt: Etablierung des Charité Mobilitäts Index (CHARMI®) ins klinische Setting als Grundlage für das Assessment
4. Arbeitsschritt: Retrospektive Analyse von Polytrauma-Patienten, die eine fachübergreifende Frührehabilitation erhielten mit dem Fokus auf Mobilität und Selbsthilfefähigkeit (**Publikation 2**)
5. Arbeitsschritt: Retrospektive Analyse von Sepsis-Patienten, die eine fachübergreifende Frührehabilitation erhielten mit dem Fokus auf Mobilität und Selbsthilfefähigkeit (**Publikation 3**)

2.1 Review der Mobilitäts-Assessments

Untersucht wurde die aktuelle Literatur auf vorhandene Assessments bezüglich deren Fähigkeit und Möglichkeit die Gesamtheit von Mobilität bei einem multidisziplinären Patientenklientel messen zu können. Im Fokus standen vor allem die Mobilität-Indices, welche im klinischen Alltag auf der fachübergreifenden Frührehabilitation Anwendung fanden und folgende Kriterien erfüllten **(1. Arbeitsschritt)**:

- praktisch und einfach anwendbar im klinischen Alltag (Anwendung <20 min)
- Assessments, die folgende Komponenten von Mobilität umfassen:
 - Transfers (an die Bettkante/zum Stuhl)
 - Lokomotion

2.2 Entwicklung und Validierung eines Assessmentinstrumentes für Mobilität in der Fachübergreifenden Frührehabilitation (Publikation 1)

Phase I – Pilotinstrument

Initial wurde ein Pilotinstrument entwickelt und an einer kleinen Stichprobe (n=36) validiert [49]. Dieses Pilotinstrument bestand aus sieben unabhängigen (nicht-hierarchischen) Mobilitätsitems. Anhand des Zeit- und Ressourcenaufwands wurden die einzelnen Mobilisierungsprofile bewertet und die Unterstützung von Hilfsperson oder Hilfsmittel einbezogen. Auf der Basis dieser Profile wurde ein neues hierarchisches Mobilitäts-Assessment entwickelt - der Charité Mobilitäts Index (CHARMI®).

Phase II - Entwicklungsphase

Folgende Kriterien wurden als Anforderungen an das neue Assessment definiert:

- Augenscheinvalidität
- Inhaltlich-strukturelle Validität
- Anwendbarkeit

Die Revision des Pilotinstruments anhand dieser Kriterien ergab eine einfache Rangskala von kompletter Immobilität bis hin zur vollen Mobilität.

Phase III – Validierung

Die Inhaltsvalidität des Assessments wurde mittels einer dichotomen Frage nach Übereinstimmung durch erfahrene Ärzte (n=4) und Physiotherapeuten (n=4) bewertet.

Für die weitere psychometrische Testung des Instruments wurde eine Stichprobe von n=87 Patienten ausgewertet, die sich von 08/2012-08/2013 auf der Fachübergreifenden Frührehabilitation des Universitätsklinikums Charité Berlin in stationärer Behandlung befanden. Die Konstruktvalidität wurde berechnet, indem die Korrelation mit dem Barthel-Index sowie isoliert mit den drei Mobilitäts-Items des Barthel-Index (Transfer von Rollstuhl ins Bett, Fortbewegen auf ebenem Untergrund, Treppen auf- und absteigen) bestimmt wurde. Die Interrater-Reliabilität wurde in eine Subgruppe von n=30 Patienten zwischen einem Arzt und einem Physiotherapeuten überprüft und für die Berechnung der Boden-Decken-Effekte sowie der Änderungssensitivität wurde ein Re-Assessment bei Entlassung wurde miteinbezogen.

(2. Arbeitsschritt)

Der CHARMI® wurde durch Ärzte der Physikalischen Medizin und Rehabilitation, Physio-, sowie Ergotherapeuten auf einer Frührehabilitationsstation der Charité Berlin ins klinische Setting etabliert. Auf der Frührehabilitation dient der CHARMI® als Grundlage für das Mobilitätsassessment [50]. **(3. Arbeitsschritt)**

2.3 Retrospektive Analyse der Fachübergreifenden Frührehabilitation

2.3.1 Fachübergreifende Frührehabilitation nach Polytrauma (Publikation 2)

Es wurden retrospektiv Datensätze von Patienten analysiert, die sich im Zeitraum von 01/2010–03/2015 in stationärer Behandlung auf der Fachübergreifenden Frührehabilitation der Charité Universitätsmedizin Berlin befanden. Einschlusskriterium war die Diagnose Polytrauma nach den Kriterien der Leitlinie Polytrauma der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) [51]. Die unfallchirurgische Versorgung der Patienten erfolgte innerhalb der Charité durch die Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie (CMSC) der Charité Berlin. **(4. Arbeitsschritt)**

2.3.2 Fachübergreifende Frührehabilitation nach Sepsis (Publikation 3)

Es wurde retrospektiv der Datensatz aller Patienten analysiert, die sich im Zeitraum von 06/2011–08/2013 in stationärer Behandlung auf der Station für fachübergreifende Frührehabilitation der Charité Universitätsmedizin Berlin befanden und bei denen zuvor eine schwere Sepsis oder ein septischer Schock nach Diagnosekriterien entsprechend den ACCP/SCCM-Konsensus-Konferenz-Kriterien [44] behandelt wurde. **(5. Arbeitsschritt)**

2.3.3 Analyse

Folgende Parameter wurden ausgewertet:

- Demografische und behandlungsbezogene Basisdaten
- Indikation zur fachübergreifenden Frührehabilitation [35]
- Therapeutischer Aufwand und Hilfsmittelversorgung
- Behandlungsergebnis: Mobilität, Aktivitäten des täglichen Lebens, Entlassungsmanagement

Die Analyse der demografischen Daten erfolgte nach Häufigkeit, Mittelwert, Standardabweichung und Spannweite. Der therapeutische Aufwand wurde mittels geleisteter Therapieeinheiten (jeweils à 30min) sowie dem wöchentlichen Durchschnitt der geleisteten Therapieeinheiten dargestellt. Eine Zuordnung der Hilfsmittel erfolgte anhand des Hilfsmittelverzeichnisses auf Grundlage des § 139 SGB V [52].

Die Mobilität wurde mittels Charité Mobilitäts Index (CHARMI®) eingestuft [53].

Die ADL-Kompetenz wurde mittels Barthel-Index (BI) operationalisiert [10]. CHARMI® und BI wurden bei Aufnahme und Entlassung erhoben. Die Differenzwerte wurden ermittelt, die Signifikanz des Unterschiedes mittels Wilcoxonstest geprüft. Die Effektstärke wurde mittels Cohen's d berechnet.

Die Daten wurden analysiert unter Verwendung von SPSS Statistik Version 21 für Windows und Excel 2010 Microsoft Office.

3. Ergebnisse

3.1 Review der Mobilitäts-Assessments

In Tabelle 1 sind die identifizierten Assessments dargestellt.

Tabelle 1: Mobilitäts- Assessments

Abkürzung	Assessment	Was misst das Assessment?	Probleme
BI [10,17]	Barthel-Index	Der Barthel-Index wurde entwickelt, um die Funktionsfähigkeit chronisch kranker Patienten zu beurteilen. Der BI dient der Aufzeichnung von Unabhängigkeit und Langzeitpflege.	Summenscore gibt keine Aussage über die tatsächliche Mobilitätsfähigkeit
ERBI [54,55]	Early Rehabilitation Barthel-Index	Erweiterung des Barthel-Index. Der ERBI konzentriert sich auf Aktivitäten des täglichen Lebens und ergänzt den BI mit hoch relevanten Items, wie mechanische Beatmung, Tracheostomie oder Dysphagie.	Summenscore gibt keine Aussage über die tatsächliche Mobilitätsfähigkeit
RMI [56,57]	Rivermead Mobility Index	Der Rivermead Mobility Index wurde aus der Rivermead Motor Assessment Gross Function Subscale zur Quantifizierung von Behinderungen bei Schlaganfall-Patienten entwickelt. Der RMI ist klinisch relevant bei der Prüfung funktionaler Fähigkeiten, wie Gang, Gleichgewicht und Transfers.	Publikationen nur über Patienten mit neurologischen Erkrankungen (vor allem Schlaganfall und Multiple Sklerose)
[58,59]	Fugl-Meyer Assessment Scale	Die Fugl-Meyer Assessmentskala ist ein Schlaganfall-spezifischer, leistungsorientierter Index. Sie dient der Qualitätsbeurteilung in der Durchführung einzelner Bewegungen.	Instrument vor allem für Schlaganfall-Patienten
MAS [60,61]	Motor Assessment Scale	Eine leistungsorientierte Skala, die zur Beurteilung alltäglicher motorischer Funktionen von Schlaganfall-Patienten entwickelt wurde; acht Items bewerten motorische Funktionen und ein Item den Muskeltonus.	Instrument vor allem für Schlaganfall-Patienten
TCT [62,63]	Trunk Control Test	Instrument zur Messung von vier einfachen Aspekten der Rumpfbewegung (rollen zur schwachen Seite, rollen zur starken Seite, Gleichgewicht in sitzender Position, Aufsetzen).	Fokus auf Rumpfbewegung; bildet keine vollständige Mobilität ab
RMA [12,13]	Rivermead Motor Assessment	Beurteilung von Schlaganfall-Patienten. Die Items sind in drei Abschnitte geteilt: geprüft wird die Gesamtkörperbewegungen, die Bein- und Rumpfbewegung und die Armbewegung.	Als Checkliste für Schlaganfall-Patienten zu sehen
FIM [14,15]	Functional Independence Measure	FIM wurde entwickelt als ICF-basiertes Instrument zur Beurteilung von ADL und kognitiven Fähigkeiten.	Keine Aussage über motorische Fähigkeiten auf niedrigerem Niveau (Liegen, Sitzen, Stehen; Komplizierte Handhabung)
[64]	Esslinger Transferskala	Instrument misst den Unterstützungsbedarf bei Positionswechsel: im Liegen, beim Aufstehen aus dem Bett sowie den Transfer vom Bett zum Stuhl.	Instrument für geriatrische Patienten
FAC [65]	Functional Ambulation Category	6-Punkte-Skala zur Beurteilung des Unterstützungsbedarfs beim Gehen, unabhängig von Hilfsmitteln.	Misst vor allem das Item „Gehen“
DEMMI [66]	De Morton Mobility Index	Assessment, das mittels 15 Items den Mobilitätsstatus von geriatrischen Patienten in fünf Subkategorien abbildet (Bett, Stuhl, statisches Gleichgewicht, Gehen und dynamisches Gleichgewicht).	Summenscore gibt keine Aussage über die tatsächliche Mobilitätsfähigkeit

BBS [16,18]	Berg Scale	Balance	Instrument zur Beurteilung des Gleichgewichts und Sturzrisikos anhand 14 verschiedener Bewegungsaufgaben.	Misst vor allem das Item „Gleichgewicht“
HIMAT [20,21]	High mobility assessment tool	Level	Instrument zur Beurteilung von Gleichgewichts- und Mobilitätseinschränkungen; Voraussetzung für die Prüfung ist unabhängiges Gehen über 20m ohne Ganghilfen.	Misst erst ab Mobilitätsfähigkeit „Gehen“

3.2 Entwicklung und Validierung des Charité Mobilitäts Index® (CHARMI®)

In der ersten Erprobungsphase präsentierten sich Probleme in der Anwendbarkeit des Instruments, sodass eine Revision des Instruments nötig wurde. Diese Phase erbrachte jedoch detaillierte Mobilisierungsprofile. Diese dienten als Grundlage für eine Analyse und Neustrukturierung des Instruments. Die Revision anhand dieser Kriterien ergab eine einfache Rangskala mit hierarchischer Anordnung der Items (von kompletter Immobilität bis hin zur vollen Mobilität). Die Reihenfolge der Items orientiert sich dabei stufenweise an der Funktionsfähigkeit, die im Rehabilitationsverlauf in einem idealtypischen Mobilisierungsprofil (wieder-) erworben wird. Die Skalierung erfolgte durch Wertung der besten erreichten Mobilitätsstufe auf einer (ordinalen) Rangskala. Anhand der hierarchischen Anordnung wurde jedes Item mit einem Punktwert belegt. Die selbständige Rollstuhlmobilität wurde als ein separates, optional anzugebendes Item eingefügt. Die Benutzung von Hilfsmitteln (Rutschbrett, Gehwagen, Gehstützen etc.) ist bei der Mobilisierung erlaubt und wird nicht separat bewertet. Entscheidend ist die Unabhängigkeit von einer Hilfsperson. Das Item gilt insofern als nicht erfüllt, wenn eine Sicherungsperson notwendig ist. Ebenso wird nicht bewertet wozu der Patient, zum Beispiel aufgrund von Belastungsfreigaben, theoretisch in der Lage wäre, sondern nur die de facto ausgeführte Leistung. In Tabelle 2 ist ein Kurz-Manual zur Anwendung abgebildet.

Die Inhaltsvalidität wurde mittels eines Expert Panels mit der Methode nach Lawshe mit CVR=1 berechnet, wobei der Übereinstimmungsgrad den kritischen Wert von 0.75 übertrifft.

Zur Bestätigung der Hypothese, dass der CHARMI® das Konstrukt Mobilität misst, wurde die konvergente Validität des CHARMI® mit den drei mobilitätsbezogenen Items des Barthel-Index bestimmt. Diese zeigte sich exzellent ($r=0.93$). Entgegen hierzu wurde diskriminant eine niedrigere Korrelation mit dem gesamten Barthel-Index erwartet. Dies wurde durch eine deutlich niedrigere Korrelation ($r=0.63$) bestätigt.

Zur Beurteilung der Änderungssensitivität während der Rehabilitation wurde der CHARMI® bei Aufnahme und Entlassung erhoben. Mittels dem Wilcoxon-Test wurde die Veränderung auf Signifikanz überprüft. Bestätigt wurde eine signifikante Verbesserung der Mobilität durch die Frührehabilitation ($p<0.001$, hoch signifikant). Um den Effekt der Frührehabilitation zu schätzen,

wurde die Effektstärke berechnet, wobei mit einer Effektstärke von Cohen's $d=1.7$ ein sehr großer Effekt bestätigt werden konnte.

An einer Stichprobe $n=30$ wurde die Interrater-Reliabilität überprüft, die mit ($\kappa=0.88$) hervorragend war.

In der Analyse zeigte sich eine signifikante negative Korrelation zwischen dem CHARMI®-Aufnahmewert und der Liegedauer ($r=-0.34$; $p<0.01$). Damit kann die mittels CHARMI® festgestellte Mobilitätseinschränkung als prognostischer Parameter für die Dauer der Frührehabilitation angesehen werden.

Tabelle 2: Kurz-Manual CHARMI®

CHARMI®-Manual		
1. Das beste selbständig (=unabhängig von Hilfe) erfüllte Item zählt		
2. Hilfsmittel sind erlaubt		
3. Rollstuhlmobilität wird separat kodiert (W für wheelchair)		
0	Vollständige Immobilität	
1	Transfers im Bett	von Rückenlage in Seitenlage
2	Sitz an der Bettkante	$\geq 30s$ freier Sitz, Transfer darf unterstützt sein
3	Transfer an die Bettkante	Transfer in Sitzposition
4	Transfer Bett in Stuhl	
5	Aufstehen	aus Sitz-in Standposition und $\geq 30s$ halten
6	Gehen bis 10m	Auf Zimmerebene
7	Gehen 10 bis 50m	auf Stations-/Wohnungsebene
8	Gehen über 50m	mit reduzierter Gehstrecke oder Ganggeschwindigkeit
9	Treppensteigen	\geq eine Etage
10	Vollständige Mobilität	$\geq 1km$
+W	Rollstuhlmobilität	Selbständige Rollstuhlnutzung

3.3 Retrospektive Analyse der Fachübergreifenden Frührehabilitation

3.3.1 Fachübergreifende Frührehabilitation nach Polytrauma

Demografische und behandlungsbezogene Basisdaten

Initial konnten n=84 konsekutive Fälle eingeschlossen werden. 34 Patienten entsprachen nicht den Einschlusskriterien, sodass insgesamt n=50 polytraumatisierte Fälle ausgewertet wurden. Die behandlungsbezogenen Basisdaten sind in Tabelle 3 dargestellt.

Indikation zur fachübergreifenden Frührehabilitation

Die Indikation bestand bei gleichzeitig bestehendem akutmedizinischem Behandlungsbedarf und hohem Rehabilitationsbedarf (Mehrfachangaben möglich):

- 30% aufwändige Wundversorgung; 24% intravenöse Therapie
- 8% isolationspflichtig durch multiresistente Erreger
- 96% nicht rehabilitationsfähig im Sinne weiterführender Rehabilitation; 98% verletzungsbedingte Belastungs-/Bewegungslimitationen; 100% Einschränkung in Mobilität- und ADL-Fähigkeit
- 32% psychiatrische oder psychosomatische Mitbetreuung; 16% schmerztherapeutische oder neurologische Mitbetreuung

Therapeutischer Aufwand

Anhand der Therapieeinheiten (TE) in der Physio- und Ergotherapie wurde der therapeutische Umfang ermittelt. Im Schnitt betrug der Therapieumfang 141.6 ± 94.0 [43–454] Therapieeinheiten pro Patient. Die Therapieintensität pro Tag (Montag–Freitag) betrug durchschnittlich 3.9 ± 0.2 [3.6–4.2] Einheiten.

Hilfsmittelversorgung

Eine differenzierte Hilfsmittelversorgung wurde bei 92% der Patienten durchgeführt. Im Schnitt erhielt dabei ein Patient während des stationären Verlaufs bis zu seiner Entlassung 4.3 ± 2.7 [0–12] Hilfsmittel (ohne Hinzurechnung der Hilfsmittel, die bereits bei Übernahme auf die Frührehabilitation vorhanden waren).

Behandlungsergebnisse I: Mobilität

Bei insgesamt 98% der Patienten konnte bei Übernahme auf die Frührehabilitation eine Ent- oder Teilbelastung mindestens einer Extremität festgestellt werden. Bei Aufnahme betrug der Anteil an

immobilen Patienten (CHARMI®-Wert ≤ 5) 80%. Bei Entlassung waren noch 12% der Patienten nicht (mit oder ohne Hilfsmittel) gehfähig, jedoch der Großteil dieser Patienten (83.3%) war transferfähig und verfügte über eine Rollstuhlmobilität.

Mittels CHARMI® wurde als ein Behandlungsergebnis die Mobilität operationalisiert. Sie betrug bei Aufnahme im Median 2 Punkte (durchschnittlich 2.6 ± 2.3 [0–9] Punkte) und bei Entlassung im Median 8 Punkte (7.9 ± 1.9 [3–10] Punkte). Patienten, die bei Aufnahme immobil waren, erreichten zu 85% eine Mobilität im Sinne selbstständiger Transfer- und Lokomotionsfähigkeit bei Entlassung. Es konnte eine signifikante Verbesserung der Mobilität durch die Frührehabilitation ($p < 0.001$, hoch signifikant) bestätigt werden. Die Effektstärke betrug $|d| = 2.5$.

Behandlungsergebnisse II: ADL-Kompetenz

Bei Aufnahme betrug der Barthel-Index im Median 40 Punkte (40.6 ± 15.3 [5–85]) und bei Entlassung 80 Punkte (77.3 ± 15.4 [40–100]). Ermittelt wurde ein Anstieg von 36.6 ± 15.5 Punkten. Eine Verbesserung wurde in 48 Fällen erfasst, 2 Fälle blieben auf dem gleichen Niveau. Es zeigte sich eine hoch signifikante Verbesserung bei Entlassung ($p < 0.001$). Die Effektstärke betrug $|d| = 2.4$.

Entlassungsmanagement

Eine Entlassung nach Hause erfolgte bei 28.0% der Patienten. Der Großteil erhielt eine weiterführende Rehabilitation, 20% der gesamten Stichprobe als Direktverlegung, 17.5% im Versatz innerhalb von 14 Tagen mit zwischenzeitlichem Aufenthalt zuhause oder in der Kurzzeitpflege. 14% erhielten eine Rehabilitationsmaßnahme im Versatz nach mehr als 14 Tagen.

3.3.2 Fachübergreifende Frührehabilitation nach Sepsis

Demographische und behandlungsbezogene Basisdaten

Im Beobachtungszeitraum wurden $n=41$ Fälle identifiziert. 8 Patienten entsprachen nicht den Einschlusskriterien, sodass insgesamt $n=33$ Fälle zur Auswertung verblieben. Tabelle 3 stellt die demographischen und behandlungsbezogenen Daten dar.

Therapeutischer Aufwand

Ermittelt wurde der physio- sowie ergotherapeutische Aufwand anhand der Therapieeinheiten. Im Schnitt betrug der Therapieumfang 147.3 ± 123.4 [29–561] Therapieeinheiten pro Patient. Die Therapieintensität pro Tag (Montag–Freitag) betrug durchschnittlich 3.7 ± 0.3 [3,6–4,2] Einheiten.

Hilfsmittelversorgung

Es erfolgte eine differenzierte Hilfsmittelversorgung. Bei Entlassung aus der frührehabilitativen Behandlung wurde eine Hilfsmittelversorgung der Patienten mit im Durchschnitt 3.2 ± 2.7 [0-14] Hilfsmitteln erfasst. Nur 8% der Patienten waren bei Entlassung auf keine Hilfsmittelversorgung angewiesen.

Behandlungsergebnisse I: Mobilität

Bei Aufnahme betrug der Anteil an immobilen Patienten (CHARMI®-Wert ≤ 5) 81.8%.

Mittels CHARMI® wurde als ein Behandlungsergebnis die Mobilität operationalisiert. Sie betrug bei Aufnahme im Median 3 Punkte (durchschnittlich 3.1 ± 2.4 [0-8] Punkte) und bei Entlassung im Median 6 Punkte (6.2 ± 2.0 [2-10]) Punkte. Es konnte eine signifikante Verbesserung der Mobilität durch die Frührehabilitation ($p < 0.001$, hoch signifikant) bestätigt werden. Die Effektstärke betrug $|d| = 1.4$.

Behandlungsergebnisse II: ADL-Kompetenz

Bei Aufnahme betrug der Barthel Index im Median 40 Punkte (35.5 ± 18.4 [5-75]) und bei Entlassung 65 Punkte (62.3 ± 23.6 [10-95]). Ermittelt wurde ein Anstieg von 25 Punkten. Es zeigte sich eine hochsignifikante Verbesserung bei Entlassung ($p < 0.001$). Die Effektstärke betrug $|d| = 1.3$.

Entlassungsmanagement

Eine Entlassung nach Hause erfolgte bei 18.2% (selbständig) der Patienten, 15.2% nach Hause mit Hauskrankenpflege. Der Großteil erhielt eine weiterführende Rehabilitation, 15.2% der gesamten Stichprobe als Direktverlegung, 24.2% im Versatz innerhalb von 14 Tagen mit zwischenzeitlichem Aufenthalt zuhause oder in der Kurzzeitpflege. 3% erhielten eine Rehabilitationsmaßnahme im Versatz nach mehr als 14 Tagen. Ein geringer Anteil (3%) erhielt eine sofortige ambulante Anschlussheilbehandlung. 12.1% der Patienten wurden in die geriatrische bzw. neurologische Frührehabilitation weiterverlegt.

Tabelle 3: Demographische und behandlungsbezogene Basisdaten der Polytrauma- und Sepsis-Patienten

Patienten-Subgruppe	Polytrauma	Sepsis
Alter (in Jahren)	44.45 ± 14.65 [13-70]	62 ± 14.9 [21-80]
Geschlecht weiblich (%)	42	39.4
BMI	26.7 ± 6.3 [17.8-50.9]	28 ± 12 [16.8-80]
Anzahl abgerechneter Nebendiagnosen	34.8 ± 14.3 [11-72]	33.4 ± 15.9 [6-69]

Liegedauer FR (in Tagen)	42.1 ± 28.1 [11-157]	47.7 ± 40.4 [10-195]
Anzahl operativer Eingriffe vor FR	5.1 ± 3.1 [21-80]-	4.4 ± 8.4 [0-47]
Beatmungsstunden während des Intensivaufenthalts	**	968 ± 1497 [0-6282]
Vorangegangener ITS-Aufenthalt vor FR in d	**	48 ± 63 [3-265]
Schweregrad des Falls (PCCL, G-DRG 2015)	3.9 ± 0.4 [2-4]	4; 3.6 ± 0.9 [0-4]
Medizinischer Behandlungsbedarf während der FR *		
Harnwegsinfekt	18%	33.3%
Pneumonie	2%	12.1%
Aufwändige Wundversorgung	30%	45.5%
Isolationspflichtige Erreger	8%	45.5%
Anderer stationärer Behandlungsbedarf	72%	66.7%
Psychiatrische oder neurologische Mitbetreuung	32%	19.3%
Intravenöse Therapie	24%	64.5%
Belastungs- oder Bewegungseinschränkungen der Extremitäten, des Achsskeletts oder des Abdomens	98%	42.4%
Therapeutischer Aufwand in der FR		1 Einheit = 30 Minuten
Therapieeinheiten pro Fall	141.6 ± 94 [43-454]	147.3 ± 123.4 [29-561]
Therapieeinheiten pro Woche	22 ± 2.1 [20.1-27.4]	20.9 ± 0.8 [20.1-23.3]

Prozentwerte wo angegeben, sonst Mittelwert ± Standardabweichung [Minimum - Maximum]

*) Mehrfachnennungen möglich; **) nicht erhoben

4. Diskussion

4.1 Charité Mobility Index® - Diskussion der Ergebnisse

Das Review der Assessments zur Mobilität offenbart das Fehlen von Assessments, die auf der fachübergreifenden Frührehabilitation valide anwendbar sind. Grundlegend fehlen Assessments, die darauf abzielen, welchen Aufwand die Rehabilitanden an therapeutischen Behandlungsbedarf in Transfer und Lokomotion benötigen. Für die multiprofessionelle Therapieplanung sind vor allem die Unterdomänen zwischen kompletter Immobilität und vollständiger Mobilität von zentraler Bedeutung [8]. Daher sind Instrumente zur Erfassung von Mobilität und Einschätzung der Effektivität von Mobilisierung nötig.

Ziel war die einfache Operationalisierung der Konstrukt Mobilität. Die konvergenten und diskriminanten Korrelationen belegen, dass der CHARMI® das Konstrukt Mobilität misst. Einschränkend ist jedoch, dass zugunsten der einfachen Handhabung, einige Aspekte der Mobilität unberücksichtigt bleiben. Die Abhängigkeit von Hilfsmitteln und Hilfspersonen als ein Beispiel, die weiter aufgeschlüsselt werden könnte.

Die Änderungssensitivität ist ein wichtiges Gütekriterium zur Beurteilung von Veränderungen (zum Beispiel den Rehabilitationserfolg, Statusveränderungen zur Entlassungsevaluation). Sowohl die klassischen Kriterien als auch die Änderungssensitivität belegen in der vorliegenden Stichprobe eine hohe Testgüte. Die hohe Effektstärke der Änderungssensitivität ist auch Voraussetzung für die Annahme der Übertragbarkeit auf andere Stichproben. Die Anwendung muss in speziellen Bereichen mit stark zu erwartenden Boden-, oder Deckeneffekten jedoch logisch geprüft werden. So traten aufgrund des Kriteriums der Selbständigkeit bei Probeanwendungen im intensivmedizinischen Bereich und bei Neugeborenen und Säuglingen natürlich ausgeprägte Bodeneffekte auf, während im ambulanten Bereich starke Deckeneffekte zu verzeichnen waren.

Das Instrument ist intuitiv plausibel und einfach handhabbar. Dies konnte durch die hohe Zustimmungsquote bei der inhaltlichen Validierung bestätigt werden.

Der Charité Mobilitäts Index® ist ein Assessment-Instrument, welches das gesamte Spektrum der Mobilität in therapierelevanten Schritten abbildet. Er ist grundlegend ICF-basiert, die Einschätzung der Mobilität erfolgt anhand der selbständigen Funktionsfähigkeit des Individuums.

4.2 Fachübergreifende Frührehabilitation nach Polytrauma - Diskussion der Ergebnisse

Bislang liegen zur Wirksamkeit der fachübergreifenden Frührehabilitation bei Patienten nach Polytrauma nur wenige Daten vor, obwohl die Verzahnung der Frührehabilitation in der Akutversorgung von polytraumatisierten Patienten immer mehr in den Mittelpunkt rückt [12]. Dass diese Patienten in hohem Maße von einer fachübergreifenden Frührehabilitation profitieren, wird aus dieser retrospektiven Studie ersichtlich. Untersuchungsschwerpunkt waren die Hauptbehandlungsziele Mobilität und ADL-Kompetenz, da sie vor allem für die Indikationsprüfung zur Beantragung einer weiterführenden Rehabilitation durch die Kostenträger entscheidend sind. Oft ist die Rolle der fachübergreifenden Frührehabilitation in der Rehabilitationskette häufig darin zu sehen, die Rehabilitationsfähigkeit in der weiterführenden Rehabilitation herzustellen [10].

Die Indikation zur Frührehabilitation ist zumeist durch die Immobilität der Patienten gegeben, die einerseits durch das Verletzungsmuster und die Belastungsvorgaben (98% der Patienten durch

unfallchirurgische Versorgung in ihrer Mobilität eingeschränkt) und andererseits auch durch eine zusätzliche Dekonditionierung z.B. nach intensivmedizinischer Therapie oder mehrfachen Operationen entsteht. Zahllose weitere Ursachen können den stationären Aufenthalt begründen, darunter insbesondere die Notwendigkeit fortgesetzter Wundbehandlung und intravenöser Therapie. Die deskriptive Analyse zeigt, dass oft nur wenig Zeit zwischen dem letzten chirurgischen Eingriff und der Frührehabilitation liegt (durchschnittlich 10 Tage nach im Mittel 5 Operationen), sodass die Fähigkeit zur Rehabilitation nicht immer gegeben ist (vor allem durch Belastungsvorgaben). Genau hier setzt eine wichtige Aufgabe der Frührehabilitation an, indem auch in der Zeit der Belastungsvorgaben eine optimale Therapie indiziert ist, um das Rehabilitationspotential optimal und so früh wie möglich auszunutzen [10]. Phasen des Stillstandes, in denen der Patient als nicht „rehabfähig“ gilt oder bei bestehender Teilbelastung noch nicht gefordert wird, sollten unbedingt vermieden werden. Dafür bietet sich ein entsprechendes Phasenmodell in der Rehabilitation Schwerverletzter an [67]. Es wurde beispielsweise, zur verbesserten Kooperation zwischen Akut- und Rehabilitationsklinik, von der DGU und dem Gesamtverband der Versicherer das Projekt „Postakute Rehabilitation von Schwerverletzten“ initiiert [68].

Das durchschnittliche Alter der Patienten mit 44 Jahren grenzt hier deutlich zur Indikation einer geriatrischen Frührehabilitation ab. Auch ist in diesem Alter ein Großteil der Arbeitsjahre noch zu leisten, sodass es auch aus volkswirtschaftlich-ökonomischen Gründen einer optimalen Rehabilitation bedarf.

4.3 Fachübergreifende Frührehabilitation nach Sepsis – Diskussion der Ergebnisse

Die dargestellten Ergebnisse belegen die Funktionsgewinne, die Sepsis-Patienten im Rahmen einer fachübergreifenden Frührehabilitation erzielen. Während bei Übernahme von der Intensivstation die Stichprobe weitgehend immobil ist und wenige ADL-Funktionen selbständig beherrscht, wird bis zur Entlassung ein Niveau an Mobilität und ADL-Kompetenz erreicht, das einem großen Teil der Patienten ermöglicht, in die weiterführende Rehabilitation oder gar nach Hause entlassen zu werden. Üblicherweise wird für die Rehabilitationsfähigkeit in der postakuten Rehabilitation ein Barthel-Index von mindestens 70 (meist eher 80) Punkten erwartet. Der funktionelle Zustand eines Intensivpatienten wird in jeder Phase zeitnah beurteilt, um folgend entsprechende Therapie- und Behandlungsmaßnahmen im interdisziplinären Team veranlassen zu können [22]. Diese Ressourcen sollten auch in der weiteren Akutbehandlung optimal ausgenutzt werden, um die bestmögliche funktionelle Wiederherstellung der Patienten zu gewährleisten. Es ist fraglich, welche Normalstation dies ermöglichen kann. Es ist sogar denkbar, dass die Patienten

dieser Stichprobe im Falle einer nicht erfolgten Übernahme auf die Frührehabilitation (oder vergleichbare Patienten in Krankenhäusern mit fehlender Frührehabilitation) auf einer Normalstation des Krankenhauses, mit der dort üblichen geringeren therapeutischen Kapazität, deutlich länger stationär behandelt worden wären. Bezogen auf die Daten zeigen sich eine Vielzahl von Komplikationen in der postintensiven Phase mit Wund- und Harnwegsinfekten sowie der Isolierung aufgrund resistenter Erreger (Anteil von 45% der Patienten), die zusätzlich eine Verlegung in die Rehabilitationsklinik erschweren. In Verbindung mit Verlegungsschwierigkeiten könnten daher spezialisierte frührehabilitative Versorgungskonzepte für Patienten mit multiresistenten Erregern zumindest in Krankenhäusern der (Supra-)Maximalversorgung mit einer hohen Anzahl an Intensivbetten zukünftig von großem Interesse sein.

5. Schlussfolgerung

In der Zielstellung wurden zwei Hauptziele aufgestellt. Ein Hauptziel wurde erreicht, indem mit dem CHARMI® ein klinisch relevantes Mobilitäts- Assessment im Bereich der Frührehabilitation zur Befunderhebung sowie als Verlaufsparemeter der Mobilisierung geschaffen wurde.

Das zweite Hauptziel dieser Studie wurde erreicht, indem Ergebnisse über die Effektivität der fachübergreifenden Frührehabilitation nach Polytrauma sowie nach Sepsis geliefert wurden. Die Auswertung zeigt, dass eine Indikationsstellung, ob ein Patient nach Polytrauma oder nach Sepsis eine Behandlung auf der Fachübergreifenden Frührehabilitation erhalten soll oder nicht, unerlässlich ist.

Literaturverzeichnis

1. World Health Organization. ICF – International Classification of Functioning, Disability and Health. Geneva: World Health Organization; 2001.
2. BAR: ICF Praxisleitfaden 1 (Verfügbar unter <http://www.vdek.com>; Zugegriffen:05.07.2017).
3. Schuntermann M. Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) – Kurzdarstellung. Phys Med Rehab Kuror 2001; 11(6):229-230.
4. Schliehe F. Das Klassifikationssystem der ICF – Eine problemorientierte Bestandsaufnahme im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Rehabilitationswissenschaften. Rehabilitation 2006; 45:258 – 271.
5. Ewert T, Stucki G. Die Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF). Einsatzmöglichkeiten in Deutschland. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 2007; 50:953–961.
6. Stucki G, Stier-Jarmer M, Gadomski M, Berleth B, Smolenski UC. Konzept zur indikationsübergreifenden Frührehabilitation im Akutkrankenhaus. Phys Med Rehab Kuror 2002; 12:134-145.

7. Leistner K, Stier-Jarmer M, Berleth B, Braun J, König E, Liman W, Lüttie D, Meindl R, Pientka L, Weber G, Stucki G. Rehabilitation Care in the Acute Hospital Setting-Definition and Indication. *Phys Med Rehab Kuror* 2005; 15:157-167.
8. Ammer K, Bochdansky T, Prager C. Patientenmobilisierung und Mobilitätsskala, Wien, ÖZPMR, Österr. Z. Phys. Med. Rehabil. 2004; 14/1:29-34.
9. Pieber K, Herceg M, Paternostro-Sluga T, Pablik E, Quittan M, Nicolakis P, Crevenna R, Fialka-Moser V..Der Basic Mobility Score zur Beurteilung der Mobilität von PatientInnen mit muskuloskelettalen Problemen im Akutkrankenhaus–eine Pilotstudie *Phys Med Rehab Kuror* 2014; 24-A9.
10. Mahoney FI, Barthel DW. Functional evaluation: the barthel index. *Md State Med J* 1965; 14:61–5.
11. Kelly-Hayes M, Robertson JT, Broderick JP, Duncan PW, Hershey LA, Roth EJ, Thies WH, Trombly CA. The American Heart Association stroke outcome classification. *Stroke* 1998; 29:1274–80.
12. Lincoln N, Leadbitter D. Assessment of motor function in stroke patients. *Physiotherapy* 1979; 65:48–51.
13. Adams SA, Ashburn A, Pickering RM, Taylor D. The scalability of the rivermead motor assessment in acute stroke patients. *Clin Rehabil.* 1997; 11:42–51.
14. Keith RA, Granger CV, Hamilton BB, Sherwin FS. The functional independence measure: a new tool for rehabilitation. *Adv Clin Rehabil* 1987; 1:6–18.
15. Granger CV, Brownschidle CM. Outcome measurement in medical rehabilitation. *Int J Technol Assess Health Care* 1995; 11:262–8.
16. Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams JI, Maki B. Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can J Public Health* 1992; 83:7–11.
17. Granger CV, Albrecht GL, Hamilton BB. Outcome of comprehensive medical rehabilitation: measurement by PULSES profile and the Barthel index. *Arch Phys Med Rehabil.* 1979; 60:145-154.
18. Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI. The Balance Scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scand J Rehabil Med* 1995; 27:27–36.
19. Tinetti ME. Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *J Am Geriatr Soc* 1986; 34:119–26.
20. Williams GP, Morris ME. High-level mobility outcomes following acquired brain injury: a preliminary evaluation. *Brain Inj* 2009; 23:307–12.
21. Williams GP, Robertson V, Greenwood KM, Goldie PA, Morris ME. The high-level mobility assessment tool (HiMAT) for traumatic brain injury. Part 2: content validity and discriminability. *Brain Inj* 2005; 19:833–43.
22. Weiterer S, Trierweiler- Hauke B, Hecker A, Szalay G, Heinrich M, Mayer K, Weigand MA. Frühmobilisierung des chirurgischen Intensivpatienten *Intensivmedizin* 2012; up2date 8:165-180.
23. Kortebein P, Ferrando A, Lombeida J, Wolfe R. Effect of 10 days of bed rest on skeletal muscle in healthy older adults. *JAMA.* 2007; 297:1772–4.
24. Gosselink R, Bott J, Johnson M, Dean E, Nava S, Norrenberg M, Schönhofer B, Stiller K, van de Leur H, Vincent JL. Physiotherapy for adult patients with critical illness: recommendations of the European Respiratory Society and European Society of Intensive Care Medicine Task Force on Physiotherapy for Critically Ill Patients. *Intensive Care Med.* 2008; 34:1188–99.
25. Blottner D, Salanova M, Püttmann B, Schiffel G, Felsenberg D, Bühring B, Rittweger J. Human skeletal muscle structure and function preserved by vibration muscle exercise following 55 days of bed rest. *Eur J Appl Physiol* 2006; 97:261–71.

26. Berg HE, Larsson L, Tesch PA. Lower limb skeletal muscle function after 6 wk of bed rest. *J Appl Physiol* 1997; 82:182–8.
27. Nosova EV, Yen P, Chong KC, Alley HF, Stock EO, Quinn A, Hellmann J, Conte MS, Owens CD, Spite M, Grenon SM. Short-term physical inactivity impairs vascular function. *J Surg Res* 2014; 190:672–82.
28. Needham DM. Mobilizing patients in the intensive care unit: improving neuromuscular weakness and physical function. *JAMA* 2008; 300:1685–1690.
29. Schweickert WD, Pohlman MC, Pohlman AS, Nigos C, Pawlik AJ, Esbrook CL, Spears L, Miller M, Franczyk M, Deprizio D, Schmidt GA, Bowman A, Barr R, McCallister KE, Hall JB, Kress JP. Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomised controlled trial. *Lancet* 2009; 373:1874–82.
30. Brower RG. Consequences of bed rest. *Crit Care Med* 2009; 37:S422–428.
31. Bein T. Lagerung und Frühmobilisation in der Intensivmedizin-Die Revision der S2e Leitlinie JC AINS 2016; 5(03):156-159.
32. Adler J, Malone D. Early mobilization in the intensive care unit: a systematic review. *Cardiopulm Phys Ther J* 2012; 23:5-13.
33. van Willigen Z, Collings N, Richardson D, Cusack R. Quality improvement: The delivery of true early mobilisation in an intensive care unit *BMJ Qual Improv Rep* 2016; 5(1):u211734.w4726.
34. Calvo-Ayala E, Khan BA, Farber MO, Ely EW, Boustani MA. Interventions to Improve the Physical Function of ICU Survivors. *Chest* 2013; 144:1469–1480.
35. Beyer J, Berliner M, Glaesener JJ, Liebl ME, Reiners A, Reißhauer A, Römer A, Seidel EJ, Schwazkopf S, Taufmann I, Smolenski UC, Gutenbrunner C. Position paper on interdisciplinary acute care rehabilitation. *Phys Med Rehab Kuror* 2015; 25:260–80.
36. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und information (DIMDI). Operationen- und Prozedurenschlüssel Version 2015. (Verfügbar unter <http://www.dimdi.de>; Zugegriffen: 16.07.2017)
37. Stier-Jarmer, Marita. Frührehabilitation in Deutschland: Versorgungsstrukturen und Prozesse. 2004; Dissertation, LMU München: Medizinische Fakultät.
38. Debus F, Lefering R, Frink M, Kühne CA, Mand C, Bücking B, Ruchholtz S. Anzahl der Schwerverletzten in Deutschland – Eine retrospektive Analyse aus dem TraumaRegister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU). *Dtsch Arztebl Int* 2015; 112:823–829.
39. Ruchholtz S, Lefering R, Paffrath T, Oestern HJ, Neugebauer E, Nast-Kolb D, Pape HC, Bouillon B. Rückgang der Traumaletalität. *Dtsch Arztebl* 2008; 105:225–231.
40. Sektion NIS der DGU/ACU. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie. Jahresbericht 2013. (Verfügbar unter <http://www.traumaregister.de> Zugegriffen: 03.12.2015)
41. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. Orthopädie und Unfallchirurgie. Mitteilungen und Nachrichten. Weißbuch Schwerverletztenversorgung 2012; (suppl 1).
42. Nehls J. Frühzeitige Vernetzung der Rehabilitation. *Trauma Berufskrankh* 2000; 2:278–282.
43. American College of Chest Physicians/Society of Critical Care Medicine Consensus Conference: Definitions for sepsis and organ failure and guidelines for the use of innovative therapies in sepsis. *Critical Care Med* 1992; 20(6): 864–74.
44. Levy MM, Fink MP, Marshall JC, Abraham E, Angus D, Cook D, Cohen J, Opal SM, Vincent JL, Ramsay G. 2001 SCCM/ESICM/ACCP/ATS/SIS International Sepsis Definitions Conference. *Crit Care Med* 2003; 31(4): 1250–6.
45. Fleischmann C, Thomas-Rueddel DO, Hartmann M, Hartog CS, Welte T, Heublein S, Dennler U, Reinhart K. Hospital incidence and mortality rates - an analysis of hospital

- episode (DRG) statistics in Germany from 2007 to 2013. *Dtsch Arztlbl Int* 2016; 113:159–66.
46. Nydahl P, Dubb R, Hermes C, Kaltwasser A, Mende H, Ottens T, Rothaug O, Schuchardt D. Early mobilization in the intensive care unit. *Dangerous bedrest. Pflege* 2014;Z 67(1):6-9.
 47. Pohl M, Mehrholz K. Auf einer Intensivstation erworbenes Schwachesyndrom-Langzeitkomplikationen. *Neuroreha* 2013; 1:17–20.
 48. AWMF Leitlinie Sepsis - Prävention, Diagnose, Therapie und Nachsorge. (Unter: <http://www.awmf.org>; Zugegriffen: 30.11.2016)
 49. Liebl M, Poegel S, Reissbauer A. The Charité´ Acute Rehabilitation Mobility Index (CHARMI)—A Mobility Assessment for Acute Rehabilitation displaying Efforts in Human Resources. 7th EFSMA—European Congress of Sports Medicine, 3rd Central European Congress of Physical Medicine and Rehabilitation. 2011.
 50. CHARMI-Charité Mobility Index (Verfügbar unter <http://www.physmed.charite.de> Zugegriffen: 16.07.2017)
 51. S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung-AWMF. Register-Nr. 012/019 (Verfügbar unter <http://www.awmf.org>; Zugegriffen: 03.12.2015)
 52. GKV Spitzenverband. Hilfsmittelverzeichnis der gesetzlichen Krankenkassen. (Verfügbar unter: <http://www.gkv-spitzenverband.de>; Zugegriffen: 30.11.2016)
 53. Liebl ME, Elmer N, Schröder I, Schwedtke C, Baack A, Reißbauer A. Introduction of the Charité Mobility Index (CHARMI) – A Novel Clinical Mobility Assessment for Acute Care Rehabilitation. *PLoS ONE* 2016; 11(12).
 54. Schönle PW. Der Frühreha- Barthel- Index (FRB) – eine frührehabilitationsorientierte Erweiterung des Barthel- Index. *Rehabilitation*. 1995; 34(2):69-73.
 55. Rollnik JD. The Early Rehabilitation Barthel Index (ERBI). *Rehabilitation* 2011; 50:408-411.
 56. Collen FM, Wade DT, Robb GF, Bradshaw C. The Rivermead Mobility Index: a further development of the Rivermead Motor Assessment. *Int. Disabil Stud* 13 1991, 50-54.
 57. Forlander DA, Bohannon RW. Rivermead Mobility Index: a brief review of research to date. *Clinical Rehabilitation* 1990; 13:97-100.
 58. Fugl-Meyer AR, Jaasko L, Leymann I, Olsson S, Steglind S. The post- stroke hemiplegic patient. *Scand J Rehabil Med* 1975; 7:13-31.
 59. Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE. The Fugl-Meyer Assessment of Motor Recovery after Stroke: A critical Review of Its Measurement Properties. *Neurorehabil Neural Repair* 2002; 16(3):232-240.
 60. Carr JH, Shepherd RB, Nordholm L, Lynne D. Investigation of a New Motor Assessment Scale for Stroke Patients. *Physical Therapy* 1985; 65(2):175-180.
 61. Malouin F, Pichard L, Bonneau C, Durand A, Corriveau. Evaluating motor recovery early after stroke: comparison of the Fugl-Meyer Assessment and the Motor Assessment Scale. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; 75(11):1206-1212.
 62. Collin C, Wade D. Assessing motor impairment after stroke: a pilot reliability study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1990; 53:576-579.
 63. Duarte E, Marco E, Muniesa JM, Belmonte R, Diaz P, Tejero M, Escalada F. Trunk Control Test as a functional predictor in stroke patients. *J Rehabil Med* 2002; 34:267-272
 64. Runge M, Rehfeld G. *Geriatrische Rehabilitation im Therapeutischen Team*. 2.Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2001:64.
 65. Holden MK, Gill KM, Magliozzi MR. Gait assessment for neurologically impaired patients. *Standard for outcome measurements. Physical therapy* 1986; 66:1530-1539.
 66. Braun T, Grüneberg C. Mobilität im Schnellcheck. *Physiopraxis* 2 2013; 43–45.

67. Simmel S, Müller WD, Reimertz V, Kühne C, Glaesener JJ. Phasenmodell der Traumarehabilitation. Unfallchirurg DOI 10.1007/s00113-017-0389-z
68. Fink M, Lechler P, Debus F, Ruchholtz S. Polytrauma und Schockraummanagement. Dtsch. Ärztebl Int 2017; 114:497-503

Anteilerklärung an den erfolgten Publikationen

Nancy Elmer hatte folgenden Anteil an den vorgelegten Publikationen:

Publikation 1:

Liebl ME, **Elmer N**, Schroeder I, Schwedtke C, Baack A, Reißhauer A. Introduction of the Charité Mobility Index (CHARMI) – A Novel Clinical Mobility Assessment for Acute Care Rehabilitation. PLoS ONE 2016 11(12): e0169010.

10 Prozent*

Beitrag im Einzelnen: Frau Elmer leistete gemeinsam mit den anderen Autoren die administrative, technische und logistische Durchführung der Studie. Sie war anteilig an der Literaturrecherche, der Datenerhebung und der Erstellung und Betreuung der Datenbank beteiligt. Frau Elmer war an der Datenauswertung beteiligt und wirkte als Zweitautorin an der Konzeption, Ausformulierung und kritischen Überarbeitung des Manuskriptes mit.

Publikation 2:

Elmer N, Reißhauer A, Schröder I, Schwedtke C, Tempka A, Liebl ME. Fachübergreifende Frührehabilitation nach Polytrauma - Eine deskriptive Analyse, Phys Med Rehab Kuror 2016; 26: 1–8

30 Prozent*

Beitrag im Einzelnen: Frau Elmer leistete gemeinsam mit den anderen Autoren die administrative, technische und logistische Durchführung der Studie. Sie war anteilig an der Konzeption der Studie beteiligt. Frau Elmer führte mit überwiegenden Anteilen die Datenerhebung wie auch die Auswertung der Daten der Studie durch. Sie trug wesentlich zur Interpretation der Daten bei, verfasste als federführende Autorin Konzept und Entwurf des Manuskriptes und war an dessen kritischer Überarbeitung substantziell beteiligt.

Publikation 3:

Liebl ME, **Elmer N**, Schwedtke C, Schröder I, Reißhauer A, Fachübergreifende Frührehabilitation nach Sepsis - Eine retrospektive Analyse, Rehabilitation 2017; 57: 1–9

13,33 Prozent*

Beitrag im Einzelnen: Frau Elmer leistete gemeinsam mit den anderen Autoren die administrative, technische und logistische Durchführung der Studie. Sie war als Doktorandin anteilig an der Studienkonzeption, der Literaturrecherche, der Datenerhebung und der Erstellung und Betreuung der Datenbank substantziell beteiligt. Frau Elmer war an der Datenauswertung beteiligt und wirkte als Zweitautorin an der Konzeption, Ausformulierung und kritischen Überarbeitung des Manuskriptes mit.

*) Die prozentuale Anteilsbewertung erfolgte entsprechend dem Vorgehen für die Bewertung der AutorInnenposition bei der Erfassung der Publikationsdaten durch den GB Forschung der Charité (Leistungserfassung 2018).

Unterschrift der Doktorandin

Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Nancy Elmer, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Fachübergreifende Frührehabilitation im Akutkrankenhaus: Assessment von Mobilisierung und retrospektive Analyse der Frührehabilitation“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an den ausgewählten Publikationen entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem Betreuer, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

RESEARCH ARTICLE

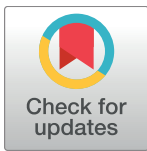
Introduction of the Charité Mobility Index (CHARMI) – A Novel Clinical Mobility Assessment for Acute Care Rehabilitation

Max E. Liebl^{1*}, Nancy Elmer¹, Isabelle Schroeder¹, Christine Schwedtke¹, Angelika Baack^{1,2}, Anett Reissbauer^{1,2}

¹ Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Charité University Hospital, Berlin, Germany,

² Charité Physiotherapy and Prevention Centre, Charité University Hospital, Berlin, Germany

* max.liebl@charite.de



Abstract

Introduction

Mobility is an essential part of a person's functioning and independence. It encompasses locomotive functions, but also the more basic functions of positioning and transferring. Despite the availability of several mobility-related assessment instruments to date, there is a need for assessment instruments with the specific capability to display the full range of mobilisation. Our aim was to develop and validate a scoring instrument with hierarchical composition where every score value stands for a defined mobility level.

Participants and Methods

A previously developed and validated pilot instrument was applied to assess patients ($n = 113$) admitted to an acute rehabilitation programme. Mobility was assessed during admission, subsequently at weekly intervals and at discharge to acquire a detailed status of mobility at multiple time points and individual mobilisation profiles over time. The scoring instrument was then remodelled based on clinical criteria to establish an easy-to-use scoring system with hierarchical composition. Psychometric properties were calculated using an independent sample of 87 consecutive patients.

Results

Content validity could be affirmed. The psychometric tests demonstrated excellent convergent validity with the three mobility items of the Barthel Index ($r = 0.93$), despite an adequately lower correlation with the whole Barthel Index ($r = 0.63$). Adequate floor and ceiling effects (20%) and a large responsiveness to change ($|d| = 1.7$, $p < 0.001$) between admission and discharge values were demonstrated. Inter-rater reliability was excellent ($\kappa = 0.88$).

Conclusions

The Charité Mobility Index (CHARMI) is a promising, easy-to-use hierarchical scoring instrument assessing the full individual spectrum from immobility to unlimited mobility,

OPEN ACCESS

Citation: Liebl ME, Elmer N, Schroeder I, Schwedtke C, Baack A, Reissbauer A (2016) Introduction of the Charité Mobility Index (CHARMI) – A Novel Clinical Mobility Assessment for Acute Care Rehabilitation. PLoS ONE 11(12): e0169010. doi:10.1371/journal.pone.0169010

Editor: Takeru Abe, Yokohama City University, JAPAN

Received: May 2, 2016

Accepted: December 9, 2016

Published: December 22, 2016

Copyright: © 2016 Liebl et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Data Availability Statement: The ethics committee granted permission to use data from the clinical routine for the study under the condition that the pseudonymised data is not passed on or monitored by a third party without the ethic commission's permission, to comply with data protection regulations. Data may be accessed via the corresponding author; email to max.liebl@charite.de.

Funding: The authors received no specific funding for this work.

Competing Interests: The authors have declared that no competing interests exist.

including positioning, transfer and locomotion items. It allows for monitoring of mobilisation.

Introduction

Mobility in its classical meaning is the ability to move freely. It is essential for social activities and participation. From a clinical perspective, mobility encompasses locomotion abilities and a range of basic activities, such as changing and maintaining body positions, as displayed in the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) [1].

In contrast, immobility is the cause and consequence of numerous medical complications [2,3]. It leads to an increase in morbidity and mortality by infectious diseases, pressure ulcers, contractures, thromboembolism, muscle atrophy, cardiopulmonary deconditioning, osteoporosis, cartilage degeneration and many other negative sequelae, affecting nearly every organ system or body structure [2–9]. Therefore, early mobilisation and rehabilitation should be an integral part of every medical treatment concept, trying to maintain or improve a patient's functioning [10]. Early mobilisation and rehabilitation are associated with an improved functional status and a shorter hospital stay [11–15]. However, this correlation is not limited to the acute phase. An increase in gait speed by training is predictive for a substantial reduction of mortality in elderly patients [16].

Between complete immobility and full mobility, there is a broad spectrum of individual locomotive competencies, ranging from positioning in the bed, transfer to an upright position and unimpaired movement. An analysis of the existing mobility assessment instruments reveals the lack of a simple and practical but reliable assessment tool displaying the whole range of mobility. There is a variety of existing tools, measuring different operationalised aspects of mobility or mobility-associated competencies. Many of them regard mobility as a part of a broader test battery; or they are originally designed for specific diseases (e.g. Rivermead Motor Assessment, Barthel Index, Functional Independence Measure) [17–22]. Some assessment instruments test single mobility-related tasks as an indicator of global mobility (e.g. Timed Up and Go Test) and therefore have high floor and ceiling effects, as well as a limited scale width in the acute care setting [23–25]. Some focus on other mobility aspects, such as safety (e.g. Tinetti Test, Berg Balance Scale), requirement of assistance (e.g. Functional Ambulation Categories), or restricted high-level motoric functions (e.g. High Level Mobility Assessment Tool HiMAT) [26–31]. Only a few display the full spectrum of mobility, such as the Elderly Mobility Scale (EMS), designed and validated for geriatric patients, and the de Morton Mobility Index (DEMMI) [32–35]. The latter allows for a measurement using a Rasch analysis-calculated (pseudo-)interval scale, which is an attractive feature, especially for scientific use. However, the score requires a controlled assessment setting and is therefore not very practical in clinical use. In addition, both the DEMMI and the EMS do not consider relevant mobility tasks, such as climbing stairs and wheelchair mobility.

Another widely used global mobility assessment is the Rivermead Mobility Index (RMI) [36]. It is an extension of the Rivermead Motor Assessment and poses 15 mobility-related questions, in which each positively answered question gains one point. The sum score is used as a measure of mobility. The RMI encompasses a wide range of the mobility spectrum and is based on the patients' functional independence. A general problem regarding the use of sum-scores is that the achieved score alone does not allow for reliable interpretation of the mobility level, except for the highest and lowest sum-scores. For example, a sum score of 7 in the RMI

may be interpreted as limited mobility, but it does not describe which functions precisely are impaired.

Therefore, our aim was to develop and validate a novel, easy-to-use assessment instrument based on ICF categories, which displays the whole spectrum of mobility in therapy-relevant increments of function, and includes a hierarchical composition of the items scored.

Materials and Methods

Pilot Phase

In a first study phase, a pilot instrument was developed and validated in a small sample ($n = 36$, previously published) [37]. This pilot instrument had seven independent (i.e. non-hierarchical) mobility items, each with an intra-item rating in the form of a Likert scale. The items were collected from existing assessment instruments. They were *transfers in bed, sitting on edge of bed, transfer from bed to chair, wheelchair mobility, standing, walking and climbing stairs*. The score was applied as a standard assessment tool within the acute care rehabilitation (ACR) programme of a university hospital. Over the course of 1 year 113 immobile patients were consecutively assessed during admission, at weekly intervals and at discharge. Every mobility task was assessed according to the time and resources needed for mobilisation, such as assistance or mobilisation aids. The resultant longitudinal mobilisation profiles were documented. Based on these profiles, our novel hierarchical assessment tool was developed.

Development Phase

Table 1 displays the criteria which were chosen as the basic requirements for the final assessment instrument.

With the aim of better clinical applicability, the intra-item scaling of the pilot instrument was abolished as a condition for a hierarchical item sequence. The general item selection was maintained; however, the item *walking* needed further differentiation to avoid a bunching of scores in this item. The item sequence was arranged in hierarchy according to levels of mobility by logical judgement. The goal was to represent the steps of the most realistic sequence of mobility re-gain during a mobilisation and rehabilitation process. Consecutively the sequence of every two items in a row was verified on the basis of the previously acquired mobilisation profiles. Finally, a short manual was compiled, and a logical revision of the score with the acronym CHARMI was performed.

Table 1. Basic requirements for the final assessment instrument.

Face validity	<ul style="list-style-type: none"> • Displaying full spectrum of mobilisation • Inclusion of positioning and transfer abilities
Logical validity	<ul style="list-style-type: none"> • Focus on the independence of functioning • Item definition and item-to-item differentiation by established classification categories (based on ICF categories and subcategories of the ICF chapter d4, mobility [1])
Applicability and user friendliness	<ul style="list-style-type: none"> • Simple clinical applicability • Hierarchical composition • Interprofessional applicability • Assessment integration in regular therapy procedures • Time efficiency of scoring

doi:10.1371/journal.pone.0169010.t001

Validation Phase

Before testing the psychometric properties of the CHARMI, content validity was re-evaluated by a panel of subject matter experts. Eight experts (four physicians and four physiotherapists, each with at least 3 years of experience in ACR), who were not involved in the development process of the instrument, answered a dichotomous question about the concordance of the instrument and the measured construct. Content validity was quantified using Lawshe's method [38]. The content validity ratio (CVR) is the transformation of a proportional level of agreement depending on how many experts within a panel rate an item as being essential. CVR values range between -1 (perfect disagreement) and $+1$ (perfect agreement) and are put into relation with a reference value $CVR_{critical}$, which is 0.75 in a panel with eight experts [38,39].

For further psychometric testing, CHARMI was applied on a sample of consecutive immobile patients of the same ACR programme for 12 months. All patients, who were immobile at admission (i.e. who were not able to stand or walk) and completed their individual ACR plan, were included ($n = 87$). Pre- and post-rehabilitation assessments using the CHARMI and Barthel Index were conducted. Sample characteristics and normative data were analysed.

Construct validity was calculated using a correlation of the CHARMI and Barthel Index. In comparison, the correlation of the CHARMI and the score of the three isolated mobility items of the Barthel Index (*transfers bed to chair and back*, *mobility on level surfaces* and *ability to climb stairs*) was calculated. Although the Barthel Index as a whole includes ADL and body functions which are not related to mobility, the correlation with the isolated Barthel Index mobility items indicates convergent construct validity. Confidence intervals of the correlation coefficients were calculated using Fisher's transformation.

The assessments at admission as well as the re-assessments using the CHARMI at patients' discharge included floor and ceiling effect calculations. Floor effects appear when there is a bunching of scores at the lowest index values (relevant at admission), whereas ceiling effects are measured by the percentage of the highest possible value (relevant at discharge). A percentage up to 20% is considered acceptable; more than 20% is poor [40].

Responsiveness to change was determined by interferential statistics using the paired sample Wilcoxon test. The distribution-based parameter of Cohen's d was calculated to complement the hypothesis testing with an effect size as an indicator for the measure's clinical relevance. In a simplified grading, $|d|$ values over 0.8 represent a large effect size [41].

In a subgroup of 30 patients, the inter-rater reliability between the rating of a physician and a physiotherapist was tested using Cohen's kappa statistics. Kappa describes the concordance of two variables with a value between 0 and 1, where higher values represent a higher concordance [42]. The testing was conducted consecutively until the defined subgroup sample size was reached. Despite possible differences in the patients' performance the testing was performed as a test-retest situation to reach optimal blinding of the assessors.

The ACR plan and the ACR length of stay are individually planned and adjusted to the patients' functional status, including their mobility level. CHARMI scores at admission were tested for their prognostic validity with regard to the length of stay in ACR. This was determined by Spearman's rank correlation coefficient, where a positive or negative coefficient between $+1$ and -1 , unequal to 0, quantifies the predictive value.

For reasons of patient safety, all assessments were performed in regular physiotherapy units, except for assessments performed by the physician during the inter-rater reliability tests. All testers were intensively trained in the application of the CHARMI and were experienced in mobilisation and ACR. The staff involved in the instrument's development and validation statistics were not involved in the assessment procedures.

The German language version was used for the validity tests. An English-language version was established using a structured translation, re-translation and comparison process [43].

The study is registered at the German Clinical Trials Register (Registration number DRKS00010046). The institution's ethics committee approved the study (vote number EA1/234/12). The participants provided general written consent to the use of their (pseudonymised) data for scientific reasons together with their respective medical treatment contract. The medical data used in this study was data of the clinical routine, obtained and used in the routine treatment processes, therefore no additional written consent was needed to be obtained for its analysis. The ethics committee approved this procedure according to the data protection law of Berlin (Berliner Datenschutzgesetz), provided that personal data is pseudonymised, pseudonymised data is not provided to a third party, and the project is limited to the concerned hospital. Thus, restrictions apply concerning data availability. Data are available from the Charité Universitätsmedizin Berlin Institutional Ethics Committee, Charitéplatz 1, 10117 Berlin, Germany, for researchers who meet the committee's criteria for access to the data (contact via the corresponding author; email to max.liebl@charite.de).

The data were analysed using SPSS Statistics version 22 (IBM, Chicago, IL, USA) and MS Office Excel 2010 (Seattle, IL, USA).

Results

The revision of the pilot instrument by means of the above mentioned criteria resulted in a scale from complete immobility to full mobility. Each item was given a rank, beginning from 0 (represents complete immobility).

Item-to-item differentiation was elaborated using the categories and subcategories of the chapter d4 (mobility) in the ICF [1]. Due to their therapeutic relevance in the early course of mobilisation, the mobility items regarding transfers were divided into the following: *transfers in bed*, defined as rolling from the back to the side; active *transfer to edge of bed*; the ability to maintain a sitting body position (*sitting on edge of bed*); and *standing up*. The *transfer from bed to chair* was included as a separate item because patients with impaired functions of the lower extremities need this function as the basis of any independent wheelchair mobility. *Walking*, as the major locomotion ability, was differentiated into four separate items defined by walking distance based on the corresponding ICF subcategories. *Climbing stairs* was initially added as highest locomotive ability.

The item sequence was arranged according to hierarchy by logical judgement and then rearranged after double-checking the sequential arrangement of each two items according to the mobilisation patterns. Consequently, the items *sitting on edge of bed* and *transfer to edge of bed* were rearranged with the active transfer given the higher value, and the item *climbing stairs* was sorted in between *walking over 50 m* and *full mobility*.

The item *wheelchair mobility* could not logically be included in the hierarchical sequence. However, from a clinical and rehabilitation point of view, there was the need to consider it as a mobility skill of major importance. Therefore, we decided to operationalise *wheelchair mobility* outside of the sequential hierarchy. Independent wheelchair mobility is optionally encoded with an additional "W" after the digit of the assessment score.

The exemplary sequential conduct of the assessment was as follows. The patient starts in the lying position and is requested to turn from the back to the side (1 point) and then to sit up to the edge of the bed. If this is not possible, assistance will be given to sit up, and the patient is requested to sit at the edge of the bed freely for 30 seconds (2 points). Sitting up and sitting freely for 30 seconds without assistance receives 3 points. As a next step, the patient is asked to transfer to a chair or wheelchair (4 points) and then to stand up and keep the upright standing

Table 2. Differentiation of CHARMI items by ICF subcategories.

Score	Item	ICF Group	Categories	Subcategories
0	Complete immobility	-	-	-
1	Transfers in bed	Changing and maintaining body position (d410-d429)	d420 Transferring oneself	d4201 Transferring oneself while lying
2	Sitting on edge of bed	Changing and maintaining body position (d410-d429)	d415 Maintaining a body position	d4153 Maintaining a sitting position
3	Transfer to edge of bed	Changing and maintaining body position (d410-d429)	<ul style="list-style-type: none"> d410 Changing basic body position d415 Maintaining a body position 	<ul style="list-style-type: none"> d4103 Sitting d4153 Maintaining a sitting position
4	Transfer from bed to chair	Changing and maintaining body position (d410-d429)	d420 Transferring oneself	d4200 Transferring oneself while sitting
5	Standing up	Changing and maintaining body position (d410-d429)	<ul style="list-style-type: none"> d410 Changing basic body position d415 Maintaining a body position 	<ul style="list-style-type: none"> d4104 Standing d4154 Maintaining a standing position
6	Walking up to 10 m	Walking and moving (d450-d469)	d450 Walking ^a	d4500 Walking short distances
7	Walking 10 to 50 m	Walking and moving (d450-d469)	<ul style="list-style-type: none"> d450 Walking d460 Moving around in different locations^a 	<ul style="list-style-type: none"> d4500 Walking short distances d4600 Moving around within the home
8	Walking over 50 m	Walking and moving (d450-d469)	<ul style="list-style-type: none"> d450 Walking d460 Moving around in different locations^a 	<ul style="list-style-type: none"> d4500 Walking short distances d4602 Moving around outside the home and other buildings
9	Climbing stairs	Walking and moving (d450-d469)	d455 Moving around ^a	d4551 Climbing
10	Full mobility	Walking and moving (d450-d469)	d450 Walking ^a	d4501 Walking long distances
+W	Wheelchair mobility	Walking and moving (d450-d469)	d465 Moving around using equipment	-

All displayed groups, categories and subcategories fall into chapter d4 (mobility) in the component d (activities and participation) of the ICF (International Classification of Functioning, Disability and Health).

^aWhen using mobilisation aids, d465 (Moving around using equipment) also applies.

doi:10.1371/journal.pone.0169010.t002

position for 30 seconds (5 points). Then locomotion abilities are the next sequential tasks. The patient is requested to start walking, and the walking distance is measured in three ICF-based distance sections (6 points: within the room, under 10 m; 7 points: inside the home or within the ward, 10–50 m; 8 points: outside the home or the ward, over 50 m). Nine points are achieved by walking one flight of stairs, and 10 points are given for full mobility with walking long distances over 1 km.

The use of assisting appliances (e.g. sliding boards for transfer, walking aids, rollators) is permitted in the assessment setting. However, the autonomous accomplishment of the mobility tasks is crucial. Any help or assistance involving other persons counts as failed task. The highest continuously achieved value determines the achieved score.

A patient who is capable of walking with crutches independently, without being able to transfer into a standing position in the absence of assistance, cannot receive more than 4 points (transfer from bed to chair).

A logical review of the instrument with regard to the a priori defined criteria and inter-item discrimination, with the use of the ICF codes, was performed, and a short manual was written (Tables 2 and 3).

Table 3. Charité Mobility Index [43].

CHARMI Short Manual

1. Count the best mobility item that can be performed without assistance.
2. Aids may be used.
3. Count wheelchair mobility separately (e.g. 4+W).

0	Complete immobility	
1	Transfers in bed	turning from back to side
2	Sitting on edge of bed	sit ≥ 30 s, transfer may need assistance
3	Transfer to edge of bed	transfer into sitting position
4	Transfer from bed to chair	
5	Standing up	with standing for ≥ 30 s
6	Walking up to 10 m	e.g. within a room
7	Walking 10 to 50 m	e.g. within a ward or inside the home
8	Walking over 50 m	e.g. outside a ward or the home
9	Climbing stairs	≥ 1 flight of stairs
10	Full mobility	≥ 1 km
+W	Wheelchair mobility	

doi:10.1371/journal.pone.0169010.t003

Validation Phase

Table 4 shows the demographic data of the sample and the normative data of the ACR sample for CHARMI.

Table 4. Sample characteristics and normative data of ACR sample for CHARMI.

Demographic data^a	n = 87
Female sex	47 (54%)
Age (years)	59 ± 16.3 [13–88]
Body mass index	27.1 ± 7.1 [15.2–50.9]
Hospital length of stay	60.5; 78.8 ± 59.1 [20–313]
ACR length of stay	29; 36.6 ± 28.8 [8–195]
Intensive care treatment before ACR (%)	27.6
Normative data of ACR sample^b	n = 87
CHARMI at admission to ACR	3 [1;4]
CHARMI at dismissal	6 [5;8]
Barthel Index at admission to ACR	45 [30;55]
Barthel Index at dismissal	72.5 [60;75]
Sample characteristics by transferring discipline	n (%)
Orthopaedic surgery	25 (28.7%)
Traumatology	21 (24.1%)
Vascular Surgery	12 (13.8%)
Oncology	7 (8.0%)
Neurology	7 (8.0%)
Rheumatology	6 (6.9%)
Others	9 (10.3%)

^aMedian (where appropriate); average ± standard deviation [minimum—maximum]. ACR: acute care rehabilitation.

^bMedian; interquartile range.

doi:10.1371/journal.pone.0169010.t004

Table 5. Major results: Psychometric properties of the CHARMI.

Content validity	CVR = 1
Convergent construct validity with Barthel Index mobility items	r = 0.93
(Discriminant) construct validity with whole Barthel Index	r = 0.63
Responsiveness to change	d = 1.7; p < 0.001
Inter-rater reliability (n = 30)	κ = 0.88
Floor, ceiling effects (admission)	20%, 0%
Floor, ceiling effects (discharge)	0%, 3%
Predictive value of CHARMI at admission for ACR length of stay	r = -0.53; p < 0.01

ACR: acute care rehabilitation.

doi:10.1371/journal.pone.0169010.t005

Content validity was confirmed by independent experts in the field of ACR. The CVR was calculated with CVR = 1 and therefore lies above the critical value of 0.75, indicating concordance of the instrument and the measured construct. The convergent construct validity of the CHARMI with the three mobility-related items of the Barthel Index (*transfers bed to chair and back, mobility on level surfaces, stairs*) were confirmed as excellent (r = 0.93). The calculated correlation with the whole Barthel Index, which predominantly assesses non-mobility ADL functions, was considerably lower (r = 0.63).

Responsiveness to change was determined by comparison of the CHARMI values before and after ACR. The median CHARMI score at admission was 3 (interquartile range 1;4) and at dismissal 6 [5;8]. Seventy-eight of the 87 patients increased their score, nine stayed on the same level, and no score decreased (78 positive ranks, 0 negative ranks). Interferential statistics proved a highly significant change with a very large effect size (|d| = 1.7; p < 0.001).

The inter-rater reliability between one physician and one physiotherapist was tested in a subgroup (n = 30). In 8 of the 11 single items, there was an exact agreement between the two raters. In three items (*transfer to edge of bed, walking up to 10 m, walking 10 to 50 m*), there were score differences. The maximum difference was one score point. The overall inter-rater reliability was excellent (κ = 0.88).

Floor and ceiling effects occurred during admission in 20% of cases. This is interpreted as just adequate. With a percentage of 3%, the ceiling effects at discharge were not relevant.

The analysis showed a significant negative correlation between the CHARMI admission scores and the ACR length of stay (r = -0.53; p < 0.01). Hence, the CHARMI score can be interpreted as a prognostic parameter for the length of a patient's ACR stay. Table 5 shows the major results.

The forward-translation of the German version into the English version was conducted by an independent health professional. Another person, also not part of the authoring team, conducted a back-translation. According to the simplicity of the items, there was a complete agreement of both the original and back-translated version.

Discussion

Relevance of the Study

The CHARMI is an assessment instrument to display the full range of mobility in therapy-relevant steps. It is based on independence in mobility and thus has an ability-oriented rather than a disability-oriented approach. The CHARMI uses ICF criteria to differentiate levels of mobility.

The CHARMI is a valuable addition to regularly used assessment instruments measuring functioning and mobilisation. Up until today there has not been a practical mobility assessment tool for measuring mobility in acute care rehabilitation. The CHARMI fills this gap. Its comprehensive design and easy application give it practical relevance. Its practical usability combines with an excellent representation of the actual status of mobility of the patient. Any given score value corresponds with a mobility level, and the score alone will allow for an interpretation of the functioning in a given situation.

Changes of mobility levels and the course of mobilisation can sensitively be depicted. Together with the hierarchical scoring in therapy-relevant steps this allows for a valid monitoring of mobilisation. The CHARMI can be used by interprofessional teams, which makes the instrument well suitable in clinical settings. It can be used for goal setting and goal attainment scaling, which are increasingly important aspects of physiotherapeutic and other mobilisation treatments.

Discussion of the Results

The general scope of clinical measurements can be divided into discrimination, prediction and evaluation. The former two are usually evaluated with the classical test quality criteria objectivity, reliability and validity [44]. However, assessment instruments designed for evaluation additionally have to determine changes of the measured quantity sensitively. Hence, responsiveness to change is a quality criterion of major importance for them. The CHARMI excellently fulfils these criteria in the current sample and is therefore very well suitable for the operationalisation of the mobility gain through the course of early rehabilitation interventions. It also is the basis for the presumption of the transferability to other samples.

Before using the instrument in samples with (known or expected) distinct floor or ceiling effects, there should precede a logical verification of its applicability. In the intensive care, for example, assessments that measure assisted mobilisation or even tolerance of passively reached mobility should be recommended. However, the CHARMI may be of use in intensive care unit patients as a descriptive measure or with regard to mobilisation goal setting and goal attainment scaling.

Structure and Items of the Instrument

The measured construct is the independent functioning in mobility by definition and supported by the tested content validity. To that effect, and in favour of clinical usability, some aspects of mobility are not taken into account in the assessment. For example, these are the dependency on mobilisation aids or assistance. In particular situations, it may be relevant to assess the efforts in personnel and time or to discriminate non-professional and professional assistance or even the necessity of more than one assisting person for mobilisation. Mental functions and mobility restriction due to medical needs, such as full or partial weight bearing, are only considered in the CHARMI as a limitation of independent mobility functions. Those aspects are left unconsidered mainly to avoid further complexity. The advantage is that the assessment gives a global rating of the everyday mobility range a patient can actually reach, whereas many other assessment instruments test detailed or partial mobility aspects without regarding the reality of everyday functioning. Despite the use of ICF items for the single ranks, ICF Qualifier scales were not used for scoring to maintain the instrument's easy applicability. The same applies for any additional coding of environmental factors like barriers and facilitators or even performance- or capacity-encoding qualifiers.

The single items of the CHARMI correspond to categories and subcategories of the chapter d4 (mobility) of the ICF. For reasons of better responsiveness to change and to achieve better

clinical usability, we decided to display the order of therapeutic mobilisation rather than the sequence of tasks a healthy person would perform while standing up. Between the items *sitting on edge of bed* and *transfer to edge of bed*, the transfer reached a higher value. A potential physiological explanation could be that an active contraction of the core muscles is needed to sit up, whereas sitting itself can be performed with less muscle strength. Neuronal and proprioceptive functions also influence the degree of trunk stability. The differentiation of both items is therefore therapeutically relevant.

The differentiation of “walking” is classified into three items, each with a specific distance range, defining the appropriate assignment based on the ICF subcategories d4500 (walking up to 10 m/short distances), d4600 (walking from 10 to 50 m/within the home) and d4602 (walking more than 50 m/outside the home).

The full score (10) was defined as the equivalent to the ICF subcategory d4501 (walking long distances). Accordingly, the required walking distance for full mobility would be more than 1 km. Strictly speaking, it represents a fourth “walking” item, and one could argue that it requires less functional ability to ambulate a kilometre than to climb stairs. Yet, in this sample, the mobilisation profiles clearly show that climbing stairs is being independently managed by the majority of patients before reaching the capacity for walking long distances.

The time needed for the assessment, when individually performed, may vary greatly and is dependent on the patient’s level of mobility. That may imply time spans of up to 15 minutes in some cases. However, the average testing time in the acute rehabilitation unit is less than 5 minutes, according to the authors’ experience. Assessment requires the availability of necessary technical appliances, such as walking aids regularly used by the patients and access to facilities for measuring the walking distance and the possibility of climbing stairs. For testing the transfer tasks, a bed or examination table and a chair are required. The assessment can be performed as clinical observation integrated into the regular physiotherapy units or during nursing interventions, thus avoiding loss of time.

Limitations

Usually, assessment instruments are tested and validated with samples that are specified by a group of similar diagnoses. In this study, the sample was deliberately not selected according to the patients’ ICD (International Classification of Diseases)-based diagnoses. The focus was laid instead on the homogeneity of their functional loss in mobility. An acute rehabilitation programme with a mixed sample of patients was chosen because a wide range of mobility limitations was sought. On the other hand, the ACR unit is the appropriate setting for the longitudinal exploration of an instrument that assesses mobility. In future efforts, we aim to validate the CHARMI in different patient groups according to their diagnoses, irrespective of their functional status.

The authors aimed with utmost effort to separate the staff involved in the development from the persons performing the testing. Yet, this has to be taken into account as a potential bias, as well as the limitation to one location and one sample.

The floor effects at admission can formally be rated as adequate, but with 20% of all admission scores they are in fact very close to being rated as poor. Due to the characteristics of the sample at an acute rehabilitation programme, in which patients are transferred just because they are immobile, this can be regarded as logical. Otherwise, it can also indicate the need for a further differentiation of the item “complete immobility”. However, this would possibly impair the focus on independence, as discussed above concerning the use of CHARMI in the intensive care setting.

Due to the ordinal scale and a missing intra-item differentiation (e.g. with Likert scales), the CHARMI may be inferior to instruments with a (pseudo-)interval scale, such as the DEMMI, for scientific use, especially if statistical analyses require higher scale of measurement. However, in the clinical setting, where there is a need to assess the overall function and longitudinal mobilisation developments, the CHARMI may be more useful as it covers the therapeutic steps of mobilisation and has a high responsiveness to change.

Current Use of the Instrument

The CHARMI is currently being introduced in three campuses within the Charité University Hospital in Berlin, Germany, as a standard assessment of mobility, as well as for goal setting and goal attainment scaling in physiotherapy. More than 160 physiotherapists apply the instrument in more than 40,000 patients per year on a computer-based documentation of the assessments and goals. The authors expect to be able to present more validation data in different samples and mobility-related studies in the future.

Conclusion

The CHARMI is a valuable clinical instrument to assess the level of mobility when focussing on independent functioning. It displays a wide spectrum of mobility in therapeutically relevant steps and combines the advantage of clinical applicability with high test quality criteria.

Acknowledgments

We thank the physiotherapists and occupational therapists at the Charité Physiotherapy and Prevention Centre for their exceptional work and contribution to this project over the last five years.

The acronym CHARMI is a registered trademark of Charité Universitätsmedizin Berlin.

Author Contributions

Conceptualization: ML AR.

Data curation: ML NE.

Formal analysis: ML NE.

Investigation: NE IS CS AB.

Methodology: ML NE IS CS AB AR.

Project administration: ML NE AB AR.

Resources: ML AB AR.

Supervision: ML AR.

Validation: ML NE AR.

Visualization: ML.

Writing – original draft: ML NE.

Writing – review & editing: ML NE IS CS AB AR.

References

1. World Health Organization. ICF—International Classification of Functioning, Disability and Health. Geneva: World Health Organization; 2001.
2. Kortebein P, Ferrando A, Lombeida J, Wolfe R. Effect of 10 days of bed rest on skeletal muscle in healthy older adults. *JAMA*. 2007; 297:1772–4. doi: [10.1001/jama.297.16.1772-b](https://doi.org/10.1001/jama.297.16.1772-b) PMID: [17456818](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17456818/)
3. Gosselink R, Bott J, Johnson M, Dean E, Nava S, Norrenberg M, et al. Physiotherapy for adult patients with critical illness: recommendations of the European Respiratory Society and European Society of Intensive Care Medicine Task Force on Physiotherapy for Critically Ill Patients. *Intensive Care Med*. 2008; 34:1188–99. doi: [10.1007/s00134-008-1026-7](https://doi.org/10.1007/s00134-008-1026-7) PMID: [18283429](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18283429/)
4. Blottner D, Salanova M, Püttmann B, Schiffl G, Felsenberg D, Bühring B, Rittweger J. Human skeletal muscle structure and function preserved by vibration muscle exercise following 55 days of bed rest. *Eur J Appl Physiol*. 2006; 97:261–71. doi: [10.1007/s00421-006-0160-6](https://doi.org/10.1007/s00421-006-0160-6) PMID: [16568340](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16568340/)
5. Berg HE, Larsson L, Tesch PA. Lower limb skeletal muscle function after 6 wk of bed rest. *J Appl Physiol*. 1997; 82:182–8. PMID: [9029214](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9029214/)
6. Trudel G, Uthoff HK. Contractures secondary to immobility: is the restriction articular or muscular? An experimental longitudinal study in the rat knee. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000; 81:6–13. PMID: [10638868](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10638868/)
7. Nosova EV, Yen P, Chong KC, Alley HF, Stock EO, Quinn A, et al. Short-term physical inactivity impairs vascular function. *J Surg Res*. 2014; 190:672–82. doi: [10.1016/j.jss.2014.02.001](https://doi.org/10.1016/j.jss.2014.02.001) PMID: [24630521](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24630521/)
8. Sourdet S, Lafont C, Rolland Y, Nourhashemi F, Andrieu S, Vellas B. Preventable iatrogenic disability in elderly patients during hospitalization. *J Am Med Dir Assoc*. 2015; 16:674–81. doi: [10.1016/j.jamda.2015.03.011](https://doi.org/10.1016/j.jamda.2015.03.011) PMID: [25922117](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25922117/)
9. Needham DM. Mobilizing patients in the intensive care unit: improving neuromuscular weakness and physical function. *JAMA*. 2008; 300:1685–1690. doi: [10.1001/jama.300.14.1685](https://doi.org/10.1001/jama.300.14.1685) PMID: [18840842](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18840842/)
10. Beyer J, Berliner M, Glaesener JJ, Liebl ME, Reiners A, Reißhauer A, et al. Position paper on interdisciplinary acute care rehabilitation. *Phys Med Rehab Kuror*. 2015; 25:260–80.
11. Schweickert WD, Hall J. ICU acquired weakness. *Chest*. 2007; 131:1541–9. doi: [10.1378/chest.06-2065](https://doi.org/10.1378/chest.06-2065) PMID: [17494803](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17494803/)
12. Schweickert WD, Pohlman MC, Pohlman AS, Nigos C, Pawlik AJ, Esbrook CL, et al. Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomised controlled trial. *Lancet*. 2009; 373:1874–82. doi: [10.1016/S0140-6736\(09\)60658-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60658-9) PMID: [19446324](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19446324/)
13. Cameron S, Ball I, Cepinkas G, Choong K, Doherty TJ, Ellis CG, et al. Early mobilization in the critical care unit: A review of adult and pediatric literature. *J Crit Care*. 2015; 30:664–72. doi: [10.1016/j.jcrc.2015.03.032](https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2015.03.032) PMID: [25987293](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25987293/)
14. Yosef-Brauner O, Adi N, Ben Shahar T, Yehezkel E, Carmeli E. Effect of physical therapy on muscle strength, respiratory muscles and functional parameters in patients with intensive care unit-acquired weakness. *Clin Respir J*. 2015; 9:1–6. doi: [10.1111/crj.12091](https://doi.org/10.1111/crj.12091) PMID: [24345055](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24345055/)
15. Sosnowski K, Lin F, Mitchell ML, White H. Early rehabilitation in the intensive care unit: An integrative literature review. *Aust Crit Care*. 2015; 28:216–225. doi: [10.1016/j.aucc.2015.05.002](https://doi.org/10.1016/j.aucc.2015.05.002) PMID: [26142542](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26142542/)
16. Hardy SE, Perera S, Roumani YF, Chandler JM, Studenski SA. Improvement in usual gait speed predicts better survival in older adults. *J Am Geriatr Soc*. 2007; 55:1727–34. doi: [10.1111/j.1532-5415.2007.01413.x](https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2007.01413.x) PMID: [17916121](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17916121/)
17. Mahoney FI, Barthel DW. Functional evaluation: the barthel index. *Md State Med J*. 1965; 14:61–5.
18. Kelly-Hayes M, Robertson JT, Broderick JP, Duncan PW, Hershey LA, Roth EJ, et al. The American Heart Association stroke outcome classification. *Stroke*. 1998; 29:1274–80. PMID: [9626308](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9626308/)
19. Lincoln N, Leadbitter D. Assessment of motor function in stroke patients. *Physiotherapy*. 1979; 65:48–51. PMID: [441189](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/441189/)
20. Adams SA, Ashburn A, Pickering RM, Taylor D. The scalability of the Rivermead motor assessment in acute stroke patients. *Clin Rehabil*. 1997; 11:42–51. PMID: [9065359](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9065359/)
21. Keith RA, Granger CV, Hamilton BB, Sherwin FS. The functional independence measure: a new tool for rehabilitation. *Adv Clin Rehabil*. 1987; 1:6–18. PMID: [3503663](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3503663/)
22. Granger CV, Brownscheidle CM. Outcome measurement in medical rehabilitation. *Int J Technol Assess Health Care*. 1995; 11:262–8. PMID: [7790169](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7790169/)
23. Podsiadlo D, Richardson S. The timed „up & go“: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991; 39:142–8. PMID: [1991946](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1991946/)
24. Collen FM, Wade DT, Bradshaw CM. Mobility after stroke: reliability of measures of impairment and disability. *Int Disabil Stud*. 1990; 12:6–9. PMID: [2211468](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2211468/)

25. Holden MK, Gill KM, Magliozzi MR. Gait assessment for neurologically impaired patients. Standard for outcome measurements. *Phys Ther*. 1986; 66:1530–9. PMID: [3763704](#)
26. Martin B, Cameron M. Evaluation of walking speed and functional ambulation categories in geriatric day hospital patients. *Clin Rehabil*. 1996; 10:44–6.
27. Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams JI, Maki B. Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can J Public Health*. 1992; 83:7–11.
28. Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI. The Balance Scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scand J Rehabil Med*. 1995; 27:27–36. PMID: [7792547](#)
29. Tinetti ME. Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *J Am Geriatr Soc*. 1986; 34:119–26. PMID: [3944402](#)
30. Williams GP, Morris ME. High-level mobility outcomes following acquired brain injury: a preliminary evaluation. *Brain Inj*. 2009; 23:307–12. doi: [10.1080/02699050902774170](#) PMID: [19330594](#)
31. Williams GP, Robertson V, Greenwood KM, Goldie PA, Morris ME. The high-level mobility assessment tool (HiMAT) for traumatic brain injury. Part 2: content validity and discriminability. *Brain Inj*. 2005; 19:833–43. PMID: [16175843](#)
32. de Morton NA, Keating JL, Davidson M. Rasch analysis of the barthel index in the assessment of hospitalised older patients after admission for an acute medical condition. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008; 89:641–47. doi: [10.1016/j.apmr.2007.10.021](#) PMID: [18373993](#)
33. de Morton NA, Davidson M, Keating JL. The de morton mobility index (demmi): an essential health index for an ageing world. *Health Qual Life Outcomes*. 2008; 6:63. doi: [10.1186/1477-7525-6-63](#) PMID: [18713451](#)
34. de Morton NA, Davidson M, Keating JL. The development of the de morton mobility index (demmi) in an older acute medical population: item reduction using the rasch model (part 1). *J Appl Meas*. 2013; 14:159–78. PMID: [23816594](#)
35. Smith R. Validation and reliability of the Elderly Mobility Scale. *Physiotherapy* 1994; 81:744–47.
36. Collen FM, Wade DT, Robb GF, Bradshaw CM. The Rivermead mobility index: a further development of the Rivermead motor assessment. *Int Disabil Stud*. 1991; 13:50–4. PMID: [1836787](#)
37. Liebl M, Poegel S, Reissbauer A. The Charité Acute Rehabilitation Mobility Index (CHARMI)—A Mobility Assessment for Acute Rehabilitation displaying Efforts in Human Resources. 7th EFSMA—European Congress of Sports Medicine, 3rd Central European Congress of Physical Medicine and Rehabilitation. 2011.
38. Lawshe CH. A quantitative approach to content validity. *Personnel psychology*. 1975; 28:563–575.
39. Ayre C, Scally AJ. Critical values for lawshe's content validity ratio: revisiting the original methods of calculation. *Meas Eval Couns Dev*. 2014; 47:79–86.
40. Andresen EM. Criteria for assessing the tools of disability outcomes research. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000; 81(Suppl 2):S15–20.
41. Fitzpatrick R, Davey C, Buxton MJ, Jones DR. Evaluating patient-based outcome measures for use in clinical trials. *Health Technol Assess*. 1998; 2:i-iv,1–74.
42. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977; 33:159–174. PMID: [843571](#)
43. Liebl ME, Reissbauer A. Charité Mobility Index Short Manual. 2016 [cited 27 March 2016]. In: Charité Arbeitsbereich Physikalische Medizin homepage [Internet]. Berlin: Charité Universitätsmedizin Berlin. http://physmed.charite.de/forschung/charmi_charite_mobility_index/.
44. Guyatt GH, Kirshner B, Jaeschke R. Measuring health status: What are the necessary measurement properties? *J Clin Epidemiol*. 1992; 45:1341–5. PMID: [1460470](#)

Publikation 2

Elmer N, Reißhauer A, Schröder I, Schwedtke C, Tempka A, Liebl ME. Fachübergreifende Frührehabilitation nach Polytrauma - Eine deskriptive Analyse, Phys Med Rehab Kuror 2016; 26:1–8 (**DOI** <http://dx.doi.org/10.1055/s-0042-112370>)

Publikation 3

Liebl ME, **Elmer N**, Schwedtke C, Schröder I, Reißhauer A, Fachübergreifende Frührehabilitation nach Sepsis - Eine retrospektive Analyse, *Rehabilitation* 2017; 57:1–9 (**DOI** <https://doi.org/10.1055/s-0043-117547>)

Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Publikationsliste

1. Liebl ME, **Elmer N**, Schroeder I, Schwedtke C, Baack A, Reißhauer A (2016) Introduction of the Charite´ Mobility Index (CHARMI) – A Novel Clinical Mobility Assessment for Acute Care Rehabilitation. PLoS ONE 11(12): e0169010. doi:10.1371/journal.pone.0169010
2. **Elmer N**, Reißhauer A, Schröder I, Schwedtke C, Tempka A, Liebl ME. Fachübergreifende Frührehabilitation nach Polytrauma - Eine deskriptive Analyse, Phys Med Rehab Kuror 2016; 26:1–8
3. Liebl ME, **Elmer N**, Schwedtke C, Schröder I, Reißhauer A, Fachübergreifende Frührehabilitation nach Sepsis - Eine retrospektive Analyse, Rehabilitation 2017; 57:1–9
4. Reißhauer A, **Elmer N**, Liebl ME. Physikalische Therapie ausgewählter Erkrankungen aus der Rheumatologie mit Funktionsstörungen der Muskulatur, Akt Rheumatol 2016; 41(01):81-85

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen bedanken, die es ermöglicht haben, dass ich diese Publikationspromotion anfertigen konnte. Ich möchte mich in erster Linie bei Frau Prof. Dr. M. Backhaus für die Unterstützung bedanken. Mein besonderer Dank gilt zudem Frau Dr. A. Reißhauer für die Begleitung dieser Arbeit.

Mein herzlichster Dank gilt meinem Betreuer Herrn Dr. ME Liebl für die Jahre inspirierender Anleitung und das stets offene Ohr und jede beantwortete Email, bei all den häufigen Fragen meinerseits. Über seine stets gewährte Unterstützung in allen Phasen der Entstehung dieser Forschungsarbeit habe ich mich immer gefreut – dadurch wurde diese Arbeit erst möglich!

Zuletzt möchte ich mich bei meinem Mann Niclas sowie meinen Eltern bedanken, für deren Unterstützung zu jeder Zeit.