
**Inauguraldissertation
zur Erlangung des akademischen Doktorgrades (Dr. phil.)
im Fach Sportwissenschaft
an der Fakultät für Verhaltens- und
Empirische Kulturwissenschaften der
Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg**

Titel der publikationsbasierten Dissertation
*Poststationäre Versorgung geriatrischer Patienten in der Schnittstelle
zwischen stationärer Rehabilitation und häuslichem Umfeld –
Eine Analyse der Umsetzbarkeit und der Kosteneffektivität eines
heimbasierten Trainingsprogramms*

vorgelegt von
Tobias Eckert

Jahr der Einreichung
2020

Dekan: Prof. Dr. Dirk Hagemann
Berater: Prof. Dr. Klaus Hauer
Prof. Dr. Gerhard Huber

Hinweis für die Leserin / den Leser:

Zu Gunsten eines besseren Leseflusses werden in der vorliegenden Arbeit im Regelfall Ausdrucksformen männlichen Geschlechts, wie Studienteilnehmer oder Patienten, verwendet. Dennoch sei explizit darauf hingewiesen, dass dabei immer auch Studienteilnehmerinnen und Patientinnen gemeint sind.

Danksagung

„You can get it if you really want, but you must try, try and try, try and try – you'll succeed at last.“ (Jimmy Cliff).

Die hier vorliegende Schrift stellt das Endergebnis eines jahrelangen Prozesses dar, welcher nicht nur mit einem Gewinn an Erkenntnissen verknüpft ist, sondern allem voran in der Weiterentwicklung meiner Persönlichkeit mündete. Basis für den erfolgreichen Abschluss eines wellenförmig verlaufenden Prozesses sind unermüdliche und un-nachgiebige Arbeit sowie die wohl noch viel unermüdlichere und unnachgiebigere Unterstützung von Personen, die mich in den letzten Jahren begleitet, gefördert und angetrieben haben. Auch wenn auf Papier gedruckte Worte meine Dankbarkeit für diese Unterstützung nur unzureichend auszudrücken vermögen, versuche ich mich darin:

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Klaus Hauer, der diese publikationsbasierte Dissertation durch seine Funktion als Erstberater und Forschungsleiter des AGAPLESION Bethanien Krankenhauses ermöglicht hat. Dank Herrn Prof. Dr. Hauer habe ich neu kennengelernt, inwiefern Akribie und Beharrlichkeit die Grundvoraussetzungen für die Erreichung von Zielen sind.

Herrn Prof. Dr. Huber gehört mein Dank dafür, mir im Rahmen seiner Funktion als Zweitgutachter wertvolle Hinweise gegeben zu haben.

Der Weg zur Dissertation ist steinig und von harter Arbeit bei der Durchführung der Projekte sowie etlichen Rückschlägen im Verlauf des Publikationsprozesses gekennzeichnet. Die Kollegen des Bethanien Krankenhauses teilen diese Erfahrung und ich möchte mich bei Euch für unseren regen Austausch über Fachliches sowie über erheiternde Gespräche während des Mittagessens recht herzlich bedanken.

Ein bedeutender Teil, aus meiner Sicht gar das Prunkstück dieser Dissertationsschrift ist das Resultat einer sehr fruchtbaren Kooperation mit der *Abteilung Allgemeinmedizin und Versorgungsforschung der Universitätskliniken Heidelberg*. Aus diesem Grund möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Wensing sowie den Mitarbeitern Dr. Koetsenruijter und Frau Wronski bedanken. Diese Zusammenarbeit habe ich wahrlich genossen und es erfüllt mich mit Stolz und Freude, in einer angenehmen und respektvollen Arbeitsatmosphäre gemeinsam Wissen generiert zu haben.

Niemals werde ich jene Menschen vergessen, die durch ihre Studienteilnahme die vorliegende Dissertation erst ermöglicht haben. Deswegen danke ich allen Studienteilnehmern von *HeiKE* und *PROFinD2*. Es bleiben für mich viele unvergessliche

Erinnerungen mit Ihnen, die mich für das weitere Leben prägen. Ich bewundere die Fähigkeit, trotz zahlreicher gesundheitlicher Einschränkungen und persönlicher Rückschläge stets für ein erfülltes und autonomes Leben zu kämpfen. Ich bin dankbar dafür, dass wir uns in einer gewissen Art und Weise gegenseitig begleiten durften und ich zu einigen im Zuge der Bethanien-Sportgruppe in Kontakt bleiben konnte.

Man muss kein römischer Philosoph wie Cicero sein, um zu der Erkenntnis zu gelangen, dass „ohne die Freundschaft das Leben nichts ist“. Ich danke Olli und Josh dafür, meine besten Freunde zu sein. Ich danke Tine und Julia, auch aus hunderten Kilometern Distanz immer ein offenes Ohr und die Engelsgeduld besessen zu haben, mir Mut und Optimismus einzuimpfen. Ich danke Christoph für die regelmäßige Laktatakkumulation zum Zwecke der Ablenkung und Wahrung der „*Work-Exercise-Balance*“.

Zu guter Letzt, bedanke ich mich bei den von mir am meisten geliebten Menschen: Bei meiner Großmutter und meinen Eltern für ihre unendliche Empathie und Liebe. Und natürlich danke ich Kathrin, die mir auf dieser wilden Reise in jedem Moment und in jeglicher Hinsicht den Rücken gestärkt, mir positive Energie oder Trost gespendet hat. Niemals werde ich Euch all diese Taten und Gesten wieder zurückzahlen können, aber möget ihr meine tiefe Dankbarkeit in Euren Herzen tragen.

Inhaltsverzeichnis

LISTE DER WISSENSCHAFTLICHEN VERÖFFENTLICHUNGEN ZUR PUBLIKATIONSBASIERTEN DISSERTATION	I
Vorbemerkungen und Überblick	II
Zusammenfassung (Deutsch)	IV
Abstract (Englisch)	VI
1. Einleitung und Kapitelübersicht	1
2. Theoretischer Hintergrund.....	2
2.1. Die Epidemiologie des demografischen Wandels – Relevanz poststationärer geriatrischer Versorgung.....	2
2.2. Vulnerabilität geriatrischer Patienten in der poststationären Phase	3
2.2.1. Biopsychosoziales Modell am Beispiel des geriatrischen Patienten	4
2.3. Sturzangst.....	6
2.4. Mobilität im häuslichen Umfeld	9
2.4.1. Körperliche Aktivität.....	9
2.4.2. Life-Space	10
2.5. Evidenz von körperlichem Training bei Menschen mit kognitiver Einschränkung	12
2.6. Adhärenz als Schlüssel zur Veränderung des Aktivitätsverhaltens.....	13
2.6.1. Barrieren körperlicher Aktivität	14
2.6.2. Evidenz zur Adhärenz an körperliches Training.....	15
2.7. Gesundheitsökonomische Evaluation.....	17
2.7.1. Gesundheitsökonomische Perspektiven.....	18
2.7.2. Kosteneffektivität und Kosten-Nutzwert – Studienendpunkte gesundheitsökonomischer Evaluationen	19
2.7.3. Inkrementeller Kostengewinn und Net-Monetary-Benefit.....	21
2.7.4. Evidenz zu gesundheitsökonomischen Evaluationen von Rehabilitationsmaßnahmen bei geriatrischen Patienten	23
3. Ziele und Fragestellung	24
4. Zusammenfassungen der Publikationen.....	26

4.1. Manuskript I	26
4.2. Manuskript II	32
4.3. Manuskript III	35
4.4. Manuskript IV	39
4.5. Manuskript V	44
5. Einordnung der Ergebnisse in den wissenschaftlichen Diskurs	52
6. Fazit und Ausblick	62
Literaturverzeichnis	64
Abkürzungsverzeichnis	81
Abbildungsverzeichnis	83
Weitere Publikationen	84
Konferenzbeiträge	85
Erklärung gemäß § 8 Abs. (1) c) und d) der Promotionsordnung der Fakultät	87
Anhang A – Manuskripte zur publikationsbasierten Dissertation	88
Manuskript I	89
Manuskript II	100
Manuskript III	117
Manuskript IV	127
Manuskript V	140
Anhang B – Zusätzliche Analysen	176
Manuskript V – Sensitivitätsanalysen Kognition	176
Anhang C – Übersicht zum Beitrag der einzelnen Publikationen	178

LISTE DER WISSENSCHAFTLICHEN VERÖFFENTLICHUNGEN ZUR PUBLIKATIONSBASIERTEN DISSERTATION

Manuskript I

Eckert, T., Kampe, K., Kohler, M., Albrecht, D., Büchele, G., Hauer, K., Becker, C. & Pfeiffer, K (2020). Correlates of fear of falling and falls efficacy in geriatric patients recovering from hip / pelvic fracture. *Clinical rehabilitation*, 34(3), 416-425. DOI: 10.1177/0269215519891233

Manuskript II

Abel, B., **Eckert, T.**, Pomiersky, R., Dautel, A., Schäufele, M., Pfeiffer, K. & Hauer, K. (in press). From Geriatric Rehabilitation into the Home Environment: Cognitively Impaired Persons after Hip Fracture. *Journal of Rehabilitation Medicine*.

Manuskript III

Ullrich, P., **Eckert, T.**, Bongartz, M., Werner, C., Kiss, R., Bauer, J M. & Hauer, K (2019). Life-space mobility in older persons with cognitive impairment after discharge from geriatric rehabilitation. *Archives of gerontology and geriatrics*, 81, 192-200. DOI: 10.1016/j.archger.2018.12.007

Manuskript IV

Eckert, T., Bongartz, M., Ullrich, P., Abel, B., Christian, W., Kiss, R., & Hauer, K. (2020). Promoting physical activity in geriatric patients with cognitive impairment after discharge from ward-rehabilitation: a feasibility study. *European Journal of Ageing*, 1-12. DOI: 10.1007/s10433-020-00555-w

Manuskript V

Eckert, T., Wronski, P., Bongartz, M., Ullrich, P., Abel, B., Kiss, R., Wensing, M., Koetsenruijter, J. & Hauer, K. (submitted). Cost-effectiveness and cost-utility of a home-based exercise program in geriatric patients with cognitive impairment. *Gerontology*.

Vorbemerkungen und Überblick

Die vorliegende publikationsbasierte Dissertation fußt auf drei nationalen Studien zur Verbesserung der Versorgungssituation von geriatrischen Patienten nach der stationären Rehabilitation. Die erste Studie umfasst das Teilprojekt 5 des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundprojekts „*Prevention and Rehabilitation of Osteoporotic Fractures in Disadvantaged Populations*“ (*PROFinD*; Förderzeitraum: 2010-2014). Die übergeordneten Ziele dieses Projekts sind die Prävention und Rehabilitation von osteoporotischen Hüft-/Beckenfrakturen bei geriatrischen Patienten. Beteiligte Institutionen waren das Robert-Bosch-Krankenhaus (RBK) Stuttgart, die Universitäten Stuttgart, Tübingen, Ulm, Leipzig und Hamburg. Gegenstand von Teilprojekt 5 ist eine randomisierte, kontrollierte Interventionsstudie zur Reduktion von Sturzangst und Förderung alltäglicher Aktivitäten bei geriatrischen Patienten mit Hüft-/Beckenfraktur. Das multimodale Programm beinhaltet acht Schulungseinheiten während der stationären Rehabilitation sowie vier Telefonanrufe und einen Hausbesuch innerhalb einer 2-monatigen Periode nach Entlassung in das häusliche Umfeld.

Die zweite Studie der vorliegenden Dissertation entstammt dem Teilprojekt 3 des Nachfolgekonsortiums *PROFinD2* (Förderzeitraum: 2015-2019). Die beteiligten Institutionen waren das RBK Stuttgart, die Universitäten Ulm und Hamburg, die Hochschule Mannheim sowie das AGAPLESION Bethanien Krankenhaus Heidelberg. Gegenstand des Teilprojekts 3 von *PROFinD2* ist eine multizentrische und -faktorielle Interventionsstudie bei Patienten mit Hüft-/Beckenfraktur und gleichzeitiger kognitiver Einschränkung. Dieses 4-monatige Interventionsprogramm umfasst a) ein durch freiwillige Helfer über-mitteltes, progressives Heimtraining und b) eine Pflegeberatung.

Das Kernstück dieser Dissertationsschrift bildet das Projekt „*Heimtraining bei kognitiver Einschränkung*“ (*HeiKE*; Förderzeitraum: 2015-2018), in dessen Rahmen vier Erst- und Co-Autorenschaften des Verfassers präsentiert werden (Manuskripte III-V). Dieses am AGAPLESION Bethanien Krankenhaus Heidelberg durchgeführte Modellprojekt zielt auf eine Verbesserung der Versorgungsstrukturen insbesondere für demenzkranke Pflegebedürftige nach § 45c SGB XI ab und wurde von der Sozialen und Privaten Pflegeversicherung und dem Kommunalverband für Jugend und Soziales Baden-Württemberg finanziert. *HeiKE* fokussiert einen motivationspsychologischen Ansatz zur nachhaltigen Steigerung körperlicher Aktivität in der vulnerablen Zielgruppe der im häuslichen Umfeld lebenden älteren Personen mit kognitiver Einschränkung nach Entlassung aus der stationären Rehabilitation.

Die vorliegende Dissertation knüpft dabei an früheren Forschungsarbeiten der Arbeitsgruppe um Herrn Prof. Dr. Klaus Hauer, Leiter der Forschungsabteilung des AGAPLESION Bethanien Krankenhauses, zur Entwicklung und Implementierung innovativer Trainingskonzepte in der Zielgruppe geriatrischer Patienten an. Sie erweitert dabei den empirischen Kenntnisstand hinsichtlich der Umsetzung und der Kosten-effektivität von heimbasiertem Training zur Förderung alltäglicher Aktivität bei älteren Menschen nach Entlassung aus der stationären Rehabilitation.

Der Autor dieser Arbeit war als wissenschaftlicher Mitarbeiter am AGAPLESION Bethanien Krankenhauses für die Implementierung und Evaluation der Projekte *PROFinD2* und *HeikE* mitverantwortlich. Die genauen Aufgaben bestanden in der Durchführung der motivationsbasierten körperlichen Trainingsintervention (*HeikE*), in der Erhebung von interview- und sensorbasierten Daten zu vier verschiedenen Messzeitpunkten mit Patienten und deren Angehörigen (*PROFinD2*). Auch die Dokumentation und Kontrolle der erhobenen Daten in Kooperation mit dem *Interdisziplinären Zentrum für Klinische Studien (IZKS)* Mainz zur Einhaltung der Richtlinien der *Good Clinical Practice* war integraler Bestandteil der projektbezogenen Tätigkeiten.

Die Kommunikation und Abstimmung aller Maßnahmen fand mit den jeweils beteiligten Studienzentren und Projektpartnern statt. Exemplarisch soll hierbei die Kooperation mit der *Abteilung Allgemeinmedizin und Versorgungsforschung der Universitätskliniken Heidelberg* im Rahmen der gesundheitsökonomischen Evaluation von *HeikE* angeführt werden. Neben der Veröffentlichung wissenschaftlicher Manuskripte in internationalen Fachzeitschriften mit Peer-Review-Verfahren nahm der Autor an nationalen und internationalen Konferenzen teil, um sich dem wissenschaftlichen Diskurs mit einem interdisziplinären Fachpublikum zu stellen (► Konferenzbeiträge). Die Interdisziplinarität ist insgesamt ein wesentliches Merkmal dieser Dissertation. Neben der Sportwissenschaft vereinen die Publikationen Inhalte der Psychologie, Gerontologie, Geriatrie sowie der Gesundheitsökonomie und verhelfen dieser Dissertation zu einer ganzheitlichen Perspektive.

Zusammenfassung (Deutsch)

Diese publikationsbasierte Dissertation widmet sich der Versorgungslücke in der Schnittstelle von stationärer Rehabilitation und häuslichem Umfeld in der Zielgruppe geriatrischer Patienten. Es werden drei innovative Versorgungskonzepte vorgestellt:

1) Teilprojekt 5 des Verbundprojekts *“Prevention and Rehabilitation of Osteoporotic Fractures in Disadvantaged Populations” (PROFinD)*, 2) Teilprojekt 3 von *PROFinD2* und 3) *„Heimtraining bei kognitiver Einschränkung“ (HeikE)*. Die vorgestellten Publikationen tragen zur Aufklärung der Frage bei, ob heimbasierte poststationäre Rehabilitationsprogramme die genannte Versorgungslücke schließen können. Deshalb wird zunächst der Versorgungsbedarf mit Hinblick auf psychologische, körperliche und habituelle Charakteristika der Zielgruppe geklärt. Darauf aufbauend wird die Umsetzbarkeit eines 12-wöchigen Programms zur Förderung der körperlichen Aktivität geprüft. Um eine Translation der *HeikE*-Studie in die reguläre Versorgungslandschaft zu ermöglichen, wird das Heimtrainingsprogramm gesundheitsökonomisch evaluiert.

Manuskript I fokussiert die Bedeutung sturzbezogener Bedenken bei geriatrischen Patienten mit Hüft-/Beckenfraktur während der stationären Rehabilitation (*PROFinD*). Mittels Pfadanalysen konnten komplexe Zusammenhänge zwischen körperlichen und psychischen Korrelaten mit Sturzangst und einer sturzbezogenen Selbstwirksamkeit festgestellt werden. Insbesondere eine dysfunktionale Emotionsregulation im Sinne einer strikten Vermeidung zeigte einen großen Einfluss auf Sturzangst, während eine geringe sturzbezogene Selbstwirksamkeit mit einem geringen motorischen Status assoziiert war. Die Ergebnisse dieser Untersuchung verdeutlichen die Multidimensionalität sturzbezogener Bedenken und die Bedeutung eines umfassenden Assessments dieses psychologischen Konstrukts.

Manuskript II ist eine längsschnittliche Studie, welche die Veränderung klinisch relevanter motorisch-funktioneller und psychologischer Variablen in der Übergangsphase zwischen der stationären Rehabilitation und dem häuslichen Umfeld bei geriatrischen Patienten mit Hüft- oder Beckenfraktur und zusätzlicher kognitiver Einschränkung (*PROFinD2*) untersucht. Die Ergebnisse zeigten eine Verbesserung des motorischen Status, offenbaren aber auch eine Verschlechterung der Sturzangst und der sturzbezogenen Selbstwirksamkeit. Zudem schied ein Viertel der geriatrischen Patienten wegen schwerwiegender medizinischer Ereignisse, einer Pflegeheimweisung oder Tod aus. Manuskript III (*HeikE*) erweitert diese Erkenntnisse hinsichtlich des motorisch-funktionellen und psychologischen Status um die verhaltensbezogene Dimension der räumlichen Mobilität (*Life-Space*). Dabei wiesen die

älteren Menschen eine stark limitierte räumliche Mobilität auf, deren Ausmaß wesentlich von dem motorischen Status sowie dem Ausmaß der personellen Unterstützung beeinflusst wurde.

Auf diesen Kenntnissen aufbauend wird die Umsetzbarkeit eines motivationspsychologisch fundierten Heimtrainings im Rahmen von Manuskript IV vorgestellt (Interventionsgruppe von *HeikE*). Die motivationalen Strategien zur Förderung von Aktivität bzw. eines selbstständig ausgeführten körperlichen Trainings umfassen u. a. das Setzen von Zielen, die Implementierung eines Gehparcours, Selbstbeobachtung via Pedometer und soziale Unterstützung. Es wurden eine mittlere bis hohe Adhärenz an das körperliche Training und die motivationalen Strategien gezeigt. Zudem wurde die durch die Trainer vermittelte soziale Unterstützung im Rahmen von Hausbesuchen und Telefonanrufen von den Teilnehmern als effektiv eingestuft. Diese Ergebnisse zeugen von der Umsetzbarkeit dieses innovativen Trainingskonzepts.

Eine Grundvoraussetzung für die Übertragbarkeit neuer Versorgungsansätze in die Praxis ist, neben dem Nachweis der klinischen Effektivität, der Aspekt der Kosteneffektivität. Deshalb umfasst Manuskript V die gesundheitsökonomische Evaluation des *HeikE*-Trainingsprogramms. Dabei erwies sich das 12-wöchige Heimtraining im Vergleich zu einer unspezifischen Hockergymnastik als kosteneffektiv, um den motorischen Status zu steigern. Zusätzlich durchgeführte Sensitivitätsanalysen (1. Ausschluss von Kostenausreißern, 2. Analyse kompletter Fälle) bestätigten die Robustheit der Ergebnisse zur Kosteneffektivität. Ein zusätzlicher Kosten-Nutzwert bezüglich des Gewinns an qualitätsadjustierten Lebensjahren (QALYs) war hingegen unwahrscheinlich, da keine signifikanten Effekte auf die Lebensqualität detektiert wurden. Somit stellt das *HeikE*-Programm eine kosteneffektive Rehabilitationsmaßnahme zur Steigerung des motorischen Status in multimorbiden geriatrischen Patienten mit kognitiver Einschränkung dar.

Die Dissertation hebt eindrücklich den Bedarf an körperlichen Trainingsmaßnahmen in der poststationären Phase bei geriatrischen Patienten hervor, da diese in hohem Maße von psychologischen, körperlichen und verhaltensbezogenen Restriktionen betroffen sind. Zudem unterstreichen die Ergebnisse, dass heimbasiertes körperliches Training zur Steigerung des motorischen Status und der alltäglichen körperlichen Aktivität einen umsetzbaren und kosteneffektiven Rehabilitationsansatz für die Versorgung dieser vulnerablen Zielgruppe darstellt. Der erstmalige Nachweis der Kosteneffektivität eines poststationären Trainingsprogramms in dieser Zielgruppe ermöglicht die Translation des wissenschaftlichen Modellprojekts in die reguläre Versorgungslandschaft. Hierfür sind noch weitere Schritte notwendig, wie etwa der Entwurf

von Schulungen und Manualen für Gesundheitsfachkräfte und der Austausch mit den Krankenkassen über Finanzierungsmöglichkeiten.

Abstract (Englisch)

This dissertation is based on three projects to improve the care situation of geriatric patients after discharge from inpatient rehabilitation:

1) Subproject 5 of the joint project “*Prevention and Rehabilitation of Osteoporotic Fractures in Disadvantaged Populations*” (*PROFinD*), 2) Subproject 3 of *PROFinD2* and 3) “*Home-based physical training with cognitive impairment*” (CI) (Original: “*Heimtraining mit kognitiver Einschränkung*” = *HeikE*). The aim of this dissertation is to clarify whether home-based post-stationary rehabilitation programs can close the care gap between discharge from inpatient rehabilitation into the home environment. First, cross-sectional studies are conducted to identify the need for transitional rehabilitation in regard to psychological, physical and habitual determinants of health during and after inpatient rehabilitation. Building on this, the feasibility of a home-based physical activity promotion program is tested. To translate the *HeikE*-program into the regular healthcare landscape, an economic evaluation was executed.

Manuscript I targets the complexity of fall-related concerns and fear of falling among geriatric patients with hip or pelvic fracture during inpatient rehabilitation (*PROFinD*). The use of a path analytic approach allowed to reveal potential mechanisms underlying fear of falling and fall-related self-efficacy. Dysfunctional emotion regulation in terms of psychological inflexibility was directly and indirectly associated with fear of falling via fall-related post-traumatic stress symptoms. In contrast, fall-related self-efficacy only showed significant relations to motor performance, but not to psychological correlates. This study highlights the negative impact of dysfunctional emotion regulation and posttraumatic stress symptoms on fear of falling, indicating the need of comprehensive assessments of fall-related concerns.

Manuscript IV presents a feasibility study testing the adherence and program acceptance in older adults with CI participating in a 12-week home-based physical activity (PA) promotion program (intervention group of *HeikE*). The PA program is based on autonomously performed physical training (balance, strength, gait) and motivational strategies including goal setting, self-monitoring by pedometers and social support. The results unveiled moderate to high adherence to physical training and motivational strategies. Social support delivered by professionals within home visits and phone calls were rated as effective by the participants. The results confirm the physical activity promotion program to be feasible in this target group.

To translate findings of transitional care programs into existing care landscape, there is an urgent need to examine cost-effectiveness besides clinical effectiveness. Therefore, Manuscript V presents the economic evaluation of the *HeikE*-program, conducted alongside the randomized controlled intervention trial. The home-based exercise program was found to be cost-effective with respect to increased motor status in comparison to unspecified flexibility training representing usual care. Additional sensitivity analyses (1. Exclusion of cost

outliers, 2. Complete case analysis) underlined the robustness of this finding. In contrast to that,

cost-utility in terms of gains on quality-adjusted life years (QALYs) went along with higher uncertainty because no significant intervention effects were found for health-related quality of life. Thus, the *HeikE*-program represents a cost-effective transitional care program to increase motor status in older adults with CI after discharge from inpatient rehabilitation.

In summary, the dissertation underlines the need of transitional care aiming to increase motor status and physical activity, as geriatric patients demonstrate high psychological burden during inpatient stay and severe limitations of mobility after discharge from rehabilitation in their home environment. Therefore, a home-based individually tailored physical activity program, including functional training and motivational strategies, was implemented. Both key elements are proved as feasible in terms of high adherence to physical activity promotion in persons with CI, yielding the potential to increase the older adults' autonomy. The present economic evaluation is the first to demonstrate cost-effectiveness of home-based physical training in this vulnerable target group. These results lay the foundation to translate scientific evidence into the existing health care system. To finally implement the training program in non-scientific practice further steps are required, including guidelines and education sessions for healthcare specialists (e.g. physiotherapists) as well as the exchange of financing options with healthcare providers.

1. Einleitung und Kapitelübersicht

Die geriatrische Rehabilitation gehört seit dem Jahr 2007 gemäß § 40 Abs. 2 SGB V zu den Pflichtleistungen der Gesetzlichen Krankenkassenversicherung (GKV) und ist damit integraler Bestandteil der geriatrischen Versorgung als Anschluss an eine akutgeriatrische Behandlung. Die an die Bedürfnisse multimorbider Patienten ausgerichtete geriatrische Rehabilitation ist wirksam, die Funktionalität wiederherzustellen und folglich das Risiko der Pflegeheimweisung und Mortalität zu reduzieren (Bachmann et al., 2010). Jedoch ist die Nachhaltigkeit des Erfolgs der rehabilitativen Maßnahmen oftmals stark gefährdet, da insbesondere Personen mit stark eingeschränkter Mobilität und einer zusätzlichen kognitiven Schädigung ein hohes Risiko für den Verlust der funktionalen Selbstständigkeit und einer Pflegeheimweisung nach Entlassung in das häusliche Umfeld aufweisen (Bellelli et al., 2008). Genau in dieser Übergangsphase nach der stationären Rehabilitation existiert trotz eines hohen Bedarfs an rehabilitativen Behandlungsmaßnahmen eine beträchtliche Versorgungslücke.

Vor diesem Hintergrund war das Ziel der Projekte *PROFinD*, *PROFinD2* und *Heike*, innovative und niedrigschwellige poststationäre Versorgungskonzepte zur Stärkung der funktionalen Selbstständigkeit und Förderung der körperlichen Aktivität zu entwickeln und zu evaluieren. Ein langfristiges Ziel besteht in der Translation der wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Praxis, um somit die Integration solcher Trainingsprogramme in die reguläre Versorgungslandschaft zu gewährleisten.

Die vorliegende Dissertation ist wie folgt strukturiert: Kapitel 2 präsentiert zunächst den theoretischen Hintergrund und den aktuellen Forschungsstand, um die Relevanz und Aktualität der hier diskutierten Thematik zu verdeutlichen. In Kapitel 3 werden die Ziele und Fragestellungen der einzelnen in die Dissertationsschrift integrierten Publikationen gemäß den vorgestellten Inhalten aus Kapitel 2 abgeleitet und in einen logischen Zusammenhang gebracht. Kapitel 4 beinhaltet die Zusammenfassungen der einzelnen Publikationen (Manuskripte I-V). Die Einbettung der Ergebnisse und deren Schlussfolgerungen für die Forschungslandschaft sind Gegenstand des 5. Kapitels. Abschließend wird in Kapitel 6 ein Fazit der gesamten Dissertationsschrift und ein Ausblick auf künftige und sich aufdrängende Forschungsfragen gegeben.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1. Die Epidemiologie des demografischen Wandels – Relevanz poststationärer geriatrischer Versorgung

Die Gesellschaft in einer westlichen Industrienation wie Deutschland unterliegt seit Jahrzehnten einem demografischen Wandel. Für das Jahr 2060 wird ausgehend vom Jahr 2015 eine Verdoppelung des Anteils der über 65-Jährigen auf einen Wert von 33% erwartet (Statistisches Bundesamt, 2019).

Die Ergebnisse der durch das Robert-Koch-Institut durchgeführten GEDA-Studie (Studie Gesundheit in Deutschland aktuell) zeigen, dass die demografische Alterung eine deutliche Zunahme chronisch-degenerativer Erkrankungen (z. B. Krebs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen) sowie der Multimorbidität bedingt. Während im jungen Erwachsenenalter (18-29 Jahre) weniger als jeder Fünfte mindestens eine chronische Erkrankung aufweist, ist im Alter ab 65 Jahren mehr als jeder Zweite chronisch erkrankt (Nowossadeck, 2012). In der Konsequenz entfielen im Jahr 2016 fast die Hälfte aller Hospitalisierungen auf diese Altersgruppe (Statistisches Bundesamt, 2017). Neben den bereits erwähnten chronisch-degenerativen Erkrankungen gewinnen im Alter sturz-bedingte Frakturen zunehmend an Bedeutung. Ungefähr jeder dritte ältere Mensch im Alter von über 65 Jahren erlebt einen Sturz pro Jahr (Choi et al., 2013), wobei die Sturzprävalenz bei über 80-Jährigen auf 50% ansteigt (Inouye et al., 2009). Hüft- und Beckenfrakturen stellen die häufigsten sturzassoziierten Verletzungen mit Inzidenzen von 15,7 / 10.000 Einwohner für Hüft- (Icks et al., 2013) und 22,4 / 10.000 Einwohner für Beckenfrakturen dar (Andrich et al., 2015).

Des Weiteren besitzen dementielle Erkrankungen eine besondere Relevanz vor dem Hintergrund des demografischen Wandels. Meta-analytische Untersuchungen zeigen deren exponentiellen Anstieg mit zunehmendem Alter (Bacigalupo et al., 2018). Während die Prävalenz bei Frauen und Männern im Alter von 60-65 Jahren 1,1% bzw. 0,9% beträgt, sind 38% aller Frauen und 31% aller Männer im Alter von > 90 Jahren von einer Demenz betroffen (Bacigalupo et al., 2018). Aufgrund des stetig steigenden Alters, gehen Schätzungen von weltweit ca. 150 Millionen Menschen mit demenzieller Erkrankung aus (Prince et al., 2016). Für die deutsche Bevölkerung wird eine Zunahme der Betroffenen von 1,5 Millionen im Jahr 2010 auf bis zu 3,5 Millionen im Jahr 2050 erwartet (Bickel, 2012; Hallauer, 2002). Noch höher ist die Prävalenz kognitiver Einschränkungen (kE), die als Vorstufe einer demenziellen Erkrankung gelten. In einer repräsentativen Untersuchung geriatrischer Patienten wurden bei 40% der Patienten milde bis moderate kE während des Aufenthalts im Akutkrankenhaus attestiert (Bickel et al., 2018).

Aufgrund der steigenden Morbidität im Alter wird auch das Gesundheitssystem vor große ökonomische Herausforderungen gestellt, da mit steigendem Alter der Verbrauch an Gesundheitsleistungen wächst. So sind die Gesundheitskosten für Personen ab einem Alter von 75 Jahren im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen im Alter von 25-34 Jahren um das 5,5-Fache erhöht (Reinhardt, 2003). In besonderem Maße gilt dies für geriatrische Patienten, die aufgrund einer erhöhten Anzahl an unerwünschten medizinischen Ereignissen auch nach der stationären Rehabilitation hohe Versorgungskosten verursachen (Farag et al., 2016; Ribbink et al., 2019). Dabei ist festzustellen, dass insbesondere jene kleine Gruppe von Patienten mit einer hohen Anzahl an Komorbiditäten (>10 Diagnosen) für einen Großteil des Ressourcenverbrauchs verantwortlich ist (Nagl et al., 2012; Ribbink et al., 2019). Zu dieser Hochrisikogruppe gehören ebenfalls kognitiv eingeschränkte Patienten, die einen gesteigerten Bedarf an formeller (Hajek et al., 2015) und informeller Pflege durch Angehörige (Brettschneider et al., 2018) aufweisen. Der Umstand, dass Angehörige den Hauptbeitrag zur Pflege bei Personen mit kE leisten (Michalowsky et al., 2016), führt durch einen Produktivitätsverlust aufseiten der pflegenden Angehörigen zu indirekten Folgekosten für die Gesamtgesellschaft. Folgend wird ein kurzer Überblick gegeben, welche Faktoren mit diesem erhöhten Versorgungsbedarf in Verbindung stehen (► [Kapitel 2.2](#)).

2.2. Vulnerabilität geriatrischer Patienten in der poststationären Phase

Der Übergang von der stationären Rehabilitation in das häusliche Umfeld stellt eine besonders vulnerable Phase für geriatrische Patienten dar, da der Zeitraum im ersten Monat nach Entlassung aus der stationären Rehabilitation durch ein hohes Risiko der Rehospitalisierung, Institutionalisierung und Mortalität gekennzeichnet ist (Roche et al., 2005; Tarazona-Santabalbina et al., 2015). Binnen des ersten Halbjahres nach erlittener Hüftfraktur erreichen lediglich 40-70% der Patienten das Niveau der körperlichen Leistungsfähigkeit, welches sie vor dem Sturz aufweisen konnten (Dyer et al., 2016). Das Ausmaß der Multimorbidität und damit der Grad der funktionellen Beeinträchtigungen sind entscheidend dafür, ob geriatrische Patienten nach Beendigung der stationären Rehabilitation wieder in das häusliche Umfeld zurückkehren oder in ein Pflegeheim eingewiesen werden (Kool et al., 2017). Jedoch ist der Prozess der funktionalen Wiederherstellung von einer Reihe psychologischer Faktoren, wie Depression, Sturzangst, rehabilitationsbezogener Motivation und Selbstwirksamkeitserwartungen, abhängig (Denkinger et al., 2010; Donath et al., 2011; Hershkovitz et al., 2007; Oude Voshaar et al., 2006). Darüber hinaus ist das

Vorliegen einer kE ein Risikofaktor für eine unzureichende funktionale Wiederherstellung während des stationären Rehabilitationsaufenthalts (Poynter et al., 2011; Seematter-Bagnoud et al., 2013). In dessen Folge drohen der Verlust der funktionalen Selbstständigkeit und der sozialen Teilhabe in der häuslichen Umgebung (Boyd et al., 2008; McGilton et al., 2019) sowie die Einweisung ins Pflegeheim (Everink et al., 2016).

Das Vorliegen einer kognitiven Schädigung ist neben Einbußen des Kurzzeitgedächtnisses, der kommunikativen Fähigkeiten (Aphasie) und der Erkennung von Sinneseindrücken (Agnosie) wesentlich durch den Verlust der exekutiven Funktionen gekennzeichnet (Smith & Buckwalter, 2005). Dieser erschwert die Planung, Initiierung, Sequenzierung und Überwachung komplexer zielgerichteter Handlungen und bedroht deshalb die selbstständige Ausführung von Aktivitäten des täglichen Lebens (*Activities of daily living*, kurz: ADL; Royall et al., 2007). Der kognitive Abbau ist eng verbunden mit psychischen und verhaltensbezogenen Veränderungen wie Apathie, Dysphorie, De-pression, agitiertem Verhalten sowie daraus folgend einer Reduktion der körperlichen Aktivität und sozialem Rückzug (Smith & Buckwalter, 2005). Insbesondere das apathische Syndrom, welches ähnlich wie eine Depression mit einem Motivations- und Antriebsverlust einhergeht, ist von hoher Relevanz für die Entwicklung effektiver Reha-bilitationsstrategien bei geriatrischen Patienten mit einer zusätzlichen kognitiven Schädigung. Gründe hierfür sind hohe Prävalenzraten von über 50% in Populationen mit milder kE (Monastero et al., 2009), ein erhöhtes Risiko für die Entstehung einer Alzheimer-Demenz (Palmer et al., 2010) sowie ein negativer Einfluss auf das körperliche Aktivitätsniveau (David et al., 2012).

2.2.1. Biopsychosoziales Modell am Beispiel des geriatrischen Patienten

Da geriatrische Patienten, wie im vorherigen Abschnitt (► [Kapitel 2.2](#)) dargestellt, multiple Restriktionen auf biologisch-funktioneller, psychischer und verhaltensbezogener sowie sozialer Ebene aufweisen, ist eine ganzheitliche Betrachtungsweise für ein umfassendes Verständnis über die Entstehung von Gesundheit und Krankheit in dieser Zielgruppe unabdingbar.

Einen solchen Ansatz verfolgt das biopsychosoziale Modell, das bereits in den 70er Jahren vom US-amerikanischen Psychiater George L. Engel konzipiert wurde (Engel, 1977). Dieses systemtheoretische Rahmenwerk bildet die menschliche Gesundheit als Ergebnis einer dynamischen Wechselbeziehung zwischen biologischen, psychologischen, interpersonellen und kontextuellen Variablen ab und wird somit als ein Produkt eines ganzheitlichen Systems betrachtet. Diese Anschauung bildet den Grundstein für die Internationale Klassifikation von Gesundheit und Krankheit

(*International Classification of Functioning, Disability and Health Models*, kurz: *ICF*) der Weltgesundheitsorganisation. Gemäß der ICF greift eine biomedizinische Betrachtungsweise also zu kurz, da sie Krankheit allein auf körperliche Ursachen zurückführt und psychische Störungen als davon abgrenzbare Einschränkungen erachtet. Dieser Leitgedanke einer umfassenden Förderung von Gesundheit ist auch gesetzlich verankert in § 2 Abs.1 SGB XI.

Das Hauptziel der geriatrischen Rehabilitation ist die Wiederherstellung der Autonomie im Alltag. Den Prinzipien der ICF folgend, ist die Beurteilung zur Erbringung rehabilitativer Maßnahmen nicht ausschließlich von der klinischen Diagnose abhängig, sondern wird wesentlich davon beeinflusst, in welchem Maße der Patient in seiner selbstständigen Lebensführung beeinträchtigt ist. Denn gerade die persönliche Lebensgeschichte sowie die soziale Umwelt üben einen erheblichen Einfluss auf die selbstständige Lebensführung und das Wohlbefinden älterer Menschen mit Pflegebedarf aus (Jing et al., 2016). Aus diesen Erkenntnissen resultiert der Ansatz der patienten-zentrierten Rehabilitation (Smith et al., 2013). Er basiert darauf, den Patienten aktiv in den Rehabilitationsprozess einzubeziehen sowie dessen Ziele in den Mittelpunkt des therapeutischen Handelns zu stellen und somit die Autonomie des Patienten zu fördern (Wade & Jong, 2000).

Die Umsetzung der patientenzentrierten und ganzheitlichen Rehabilitation ist jedoch limitiert, da sie an die Verteilung finanzieller Ressourcen gebunden ist und Entscheidungen über deren Allokation in der Regel auf Basis einer rein biomedizinischen Sichtweise getroffen werden (Wade & Halligan, 2017). Infolgedessen kommt es zu einer potenziellen Unterversorgung von Personen mit multiplen Einschränkungen, wie geriatrischen Patienten mit kE (Chenoweth, Kable, & Pond, 2015), deren Versorgungsbedarf komplexer Natur und kaum anhand einzelner medizinischer Diagnosen zu bestimmen ist.

Aus der ganzheitlichen Perspektive des biopsychosozialen Modells lässt sich eine Vielzahl von biologischen, psychologischen, sozialen und auch kontextuellen Determinanten der Gesundheit bei geriatrischen Patienten ableiten (► Abbildung 1: Biopsychosoziales Modell der Gesundheit im Kontext der geriatrischen Rehabilitation, modifiziert nach). Im Rahmen der vorliegenden Dissertationsschrift wird folgend als Repräsentant der psychologischen Dimension die Sturzangst (► Kapitel 2.3) vorgestellt. Die motorische Funktionalität repräsentiert die biologische Dimension (► Kapitel 2.4). Die körperliche Aktivität als eine gesundheitsbezogene Verhaltensweise resultiert aus Wechselwirkungen psychologischer und biologischer Prozesse. Ein nachhaltiger Erfolg durch Rehabilitationsmaßnahmen wird anhand der Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit und der dauerhaften Veränderung des

Aktivitätsverhaltens beurteilt (► [Kapitel 2.5, 2.6](#)). Da das individuelle Aktivitätsverhalten in die soziale Umwelt eingebettet und somit auch an kontextuelle Bedingungen wie bspw. die Verfügbarkeit finanzieller Ressourcen geknüpft ist, wird die Relevanz gesundheitsökonomischer Evaluationen von Rehabilitationsmaßnahmen thematisiert (► [Kapitel 2.7](#)).

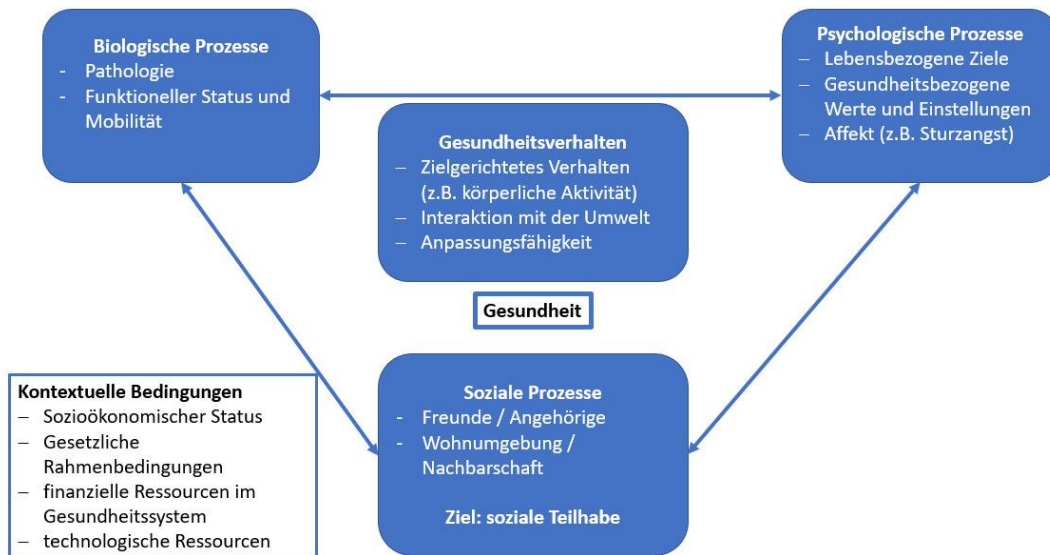


Abbildung 1: Biopsychosoziales Modell der Gesundheit im Kontext der geriatrischen Rehabilitation, modifiziert nach Wade und Halligan (2017).

2.3. Sturzangst

Eng verbunden mit einem erhöhten Sturzrisiko im Alter (► [Kapitel 2.1](#)) sind psychologische Restriktionen, die sich in einer zunehmenden Angst vor Stürzen manifestiert. Insbesondere bei Patienten mit einer schweren sturzbezogenen Verletzung wie einer Hüftfraktur, ist die Sturzangst ein limitierender Faktor für den Rehabilitationserfolg, dessen Einfluss größer ist als jener einer depressiven Symptomatik oder Schmerzen (Oude Voshaar et al., 2006). Sturzbezogene Bedenken gehen mit einer reduzierten körperlichen Aktivität während der Hospitalisierung einher (Kronborg et al., 2016), woraus eine vermehrte Vermeidung alltäglicher Aktivitäten (Visschedijk, Caljouw et al., 2015) und ein folgender körperlicher Funktionsverlust resultieren (Matsuda et al., 2019).

In der vulnerablen Gruppe von Patienten mit hüft- und beckennaher Fraktur beträgt die Prävalenz von sturzbezogenen Bedenken ca. 50-68% (Bower et al., 2016; Visschedijk et al., 2013; Visschedijk, Caljouw et al., 2015), abhängig von methodischen Aspekten wie dem Zeitpunkt der Erhebung und dem zu messenden sturzbezogenen Konstrukt. Denn in der Literatur dienen *sturzbezogene Bedenken* als Sammelbegriff für

unterschiedliche Konzeptualisierungen, bei welchen grundsätzlich zwischen *Sturzangst* und *sturzbezogener Selbstwirksamkeit* unterschieden wird. Ursprünglich wurde *Sturzangst* als eine Angstreaktion auf ein Sturzereignis definiert und somit als „Post-Fall-Syndrom“ bezeichnet (Murphy & Isaacs, 1982). Jedoch berichten auch Personen ohne vorhergehende Sturzerfahrung Angst vor Stürzen zu besitzen (Deshpande et al., 2008), sodass *Sturzangst* auch als eine affektive Reaktion im Sinne einer Antizipation eines künftigen Sturzes und dessen Folgen gelten kann (Yardley, 2003). *Sturzangst* wird direkt entweder mittels eines Einzelitems („Wie groß ist Ihre Angst zu stürzen“?) oder komplexerer Instrumente wie dem Fear of Falling Questionnaire (Bower et al., 2015) gemessen, welcher die Dimensionen des Ausmaßes der subjektiven Bedrohung und der negativen Konsequenzerwartungen umfasst.

Aufbauend auf Annahmen der sozial-kognitiven Theorie (Bandura, 1986) sind sturzbezogene Bedenken als ein Mangel an *sturzbezogener Selbstwirksamkeit* zu betrachten (Tinetti & Powell, 1993). Auf diesem Konzept basierende Instrumente wie die Falls-Efficacy-Scale (Tinetti & Powell, 1993), die Falls-Efficacy-Scale-International (Yardley et al., 2005) und der Activities-specific Balance Confidence (ABC) Scale (Powell & Myers, 1995) erfassen die eigenen Überzeugungen, das Gleichgewicht während der Ausübung spezifischer alltäglicher Tätigkeiten zu halten und somit einen Sturz zu vermeiden. Niedrige Selbstwirksamkeitserwartungen spiegeln eine durchaus realistische, kognitive Bewertung der eigenen körperlichen Leistungsfähigkeit wider (Hadjistavropoulos et al., 2011), sind jedoch kaum mit psychologischen Korrelaten wie einer Ängstlichkeit und Depression assoziiert (McKee et al., 2002; Visschedijk, Terwee et al., 2015). Diese psychologische Dimension ist möglicherweise dafür verantwortlich, dass ältere Personen eine hohe Sturzangst berichten, ohne dass sie ein hohes objektives Sturzrisiko in Form eines niedrigen motorischen Status aufweisen (Delbaere et al., 2010). Denn eine depressive Symptomatik sowie eine Angststörung spielen bei Patienten während der Hospitalisierung eine erhebliche Rolle hinsichtlich der Ausprägung der Sturzangst (Gagnon et al., 2005).

Gemäß den unterschiedlichen Assoziationen zwischen Konstrukten der physischen und psychischen Funktionalität definieren Hadjistavropoulos et al. (2011) *Sturzangst* als ein multidimensionales Phänomen, wonach die *sturzbezogene Selbstwirksamkeit* die Kognitionen über die motorische Kapazität umfasst, während die *Sturzangst* durch eine psychische Dysfunktion geprägt wird (► [Abbildung 2](#))

Jedoch enthält dieses Modell nur wenig Informationen zu möglichen zugrunde liegenden psychologischen Wirk-mechanismen hinter der Entstehung von Sturzangst (Hughes et al., 2015).

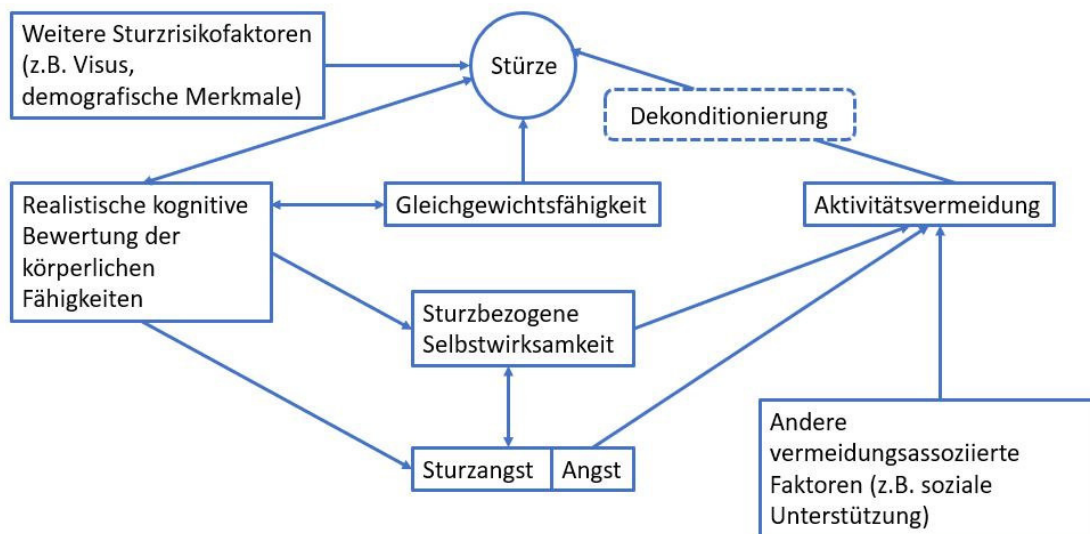


Abbildung 2: Theoretisches Modell von Sturzangst und sturzbezogener Selbstwirksamkeit modifiziert nach Hadjistavropoulos et al. (2011).

In den letzten Jahren entwickelte sich ein vermehrtes Forschungsinteresse, Sturzangst nach einem Sturzereignis mit schwerwiegender Verletzungsfolge aus dem Blickwinkel einer möglichen posttraumatischen Belastungsstörung zu betrachten (Chung et al., 2009; Kornfield et al., 2017). Angepasst an die Kriterien der *Diagnostischen und Statistischen Manuals für Psychische Störungen* (engl.: *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, kurz: DSM-IV) sind belastende Erinnerungen an den Sturz sowie eine rigide Vermeidung von sturzassoziierten Reizen wesentliche Charakteristika sturzbezogener posttraumatischer Stresssymptome (PTSS) nach einer Hüftfraktur. In einer prospektiven Beobachtungsstudie traten diese Symptome zumindest in partieller Form bei jedem zweiten Patienten nach über einem Monat nach erlittener Hüftfraktur auf, wobei die Angst vor Stürzen mit persistierender PTSS im Verlauf eines halben Jahres einherging (Chung et al., 2009). Die Symptomatik von PTSS steht in enger Verbindung mit dem Konzept der Erfahrungsvermeidung und psychologischen In-flexibilität, die rigide Vermeidung angstauslösender Kognitionen beinhaltet (Kashdan, 2006). Die Akzeptanz von sturzassoziierten Gedanken und somit ein flexibler Umgang mit sturzrelevanten Handlungen hingegen zeichnen eine hohe psychologische Flexibilität aus (Hayes et al., 2012).

Um ein besseres Verständnis für die Ätiologie des multidimensionalen Konstrukts Sturzangst zu gewinnen, sind empirische Erkenntnisse zum Beziehungsgefüge zwischen körperlichen und psychologischen Korrelaten erforderlich. Diese können dabei hilfreich sein, adäquate Messinstrumente für besonders von Sturzangst

betroffenen Personen auszuwählen und zudem entsprechende Behandlungsmaßnahmen zu ergreifen.

2.4. Mobilität im häuslichen Umfeld

Eine hohe Mobilität ist der wesentliche Schlüssel für den Erhalt der Autonomie im hohen Lebensalter (Simonsick et al., 2005). Das Mobilitätsverhalten umfasst dabei sowohl das Ausmaß der individuellen körperlichen Aktivität (► [Kapitel 2.4.1](#)) als auch Aspekte der sozialen Umwelt, welche die räumliche Ausdehnung des Lebensraums (Life-Space; ► [Kapitel 2.4.2](#)) ebenfalls entscheidend beeinflussen.

2.4.1. Körperliche Aktivität

Körperliche Aktivität (kA) ist definiert als ein komplexes Verhalten, das auf durch die Skelettmuskulatur initiierte Körperbewegungen beruht, die zu einem erhöhten Energieverbrauch führen und während der Ausführung von alltäglichen Tätigkeiten auftreten (Caspersen et al., 1985).

Das Gehen stellt dabei die häufigste Art der kA und Fortbewegung bei älteren Menschen dar (Valenti et al., 2016) und gehört somit neben den Transferbewegungen des Aufstehens und Hinsetzens sowie dem statischen Gleichgewicht zu den motorischen Schlüsselqualifikationen im hohen Lebensalter. Diese werden mittels standardisierter, klinischer Testverfahren wie der Short Physical Performance Battery (SPPB; Guralnik et al., 1994) oder dem Timed Up and Go-Test (TUG; Podsiadlo & Richardson, 1991) operationalisiert und bilden den motorischen Status bzw. die motorische Kapazität ab. Je besser diese Schlüsselqualifikationen beherrscht werden, desto geringer ist das Sturzrisiko (Lauretani et al., 2019) und desto größer ist die außerhäusliche Mobilität (Harada et al., 2017). Somit ist der motorische Status der wesentliche Schlüssel zur Wahrung der funktionalen Autonomie und sozialen Teilhabe (Portegijs et al., 2014).

Um den menschlichen Gang in seiner Komplexität darzustellen, schritt in den letzten Jahren die Entwicklung ambulanter Sensorsysteme voran. Diese integrieren am Körper getragenen Akzelerometer und Gyroskopen (englisch: „body-worn-sensors“) ermöglichen sowohl die Analyse der Quantität der kA als auch der Bewegungsqualität unter habituellen Lebensbedingungen. Diese methodischen Aspekte hinsichtlich der Erfassung der körperlichen Aktivität sind jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Dissertation, da diese vielmehr einen Überblick über biopsychosoziale Aspekte der Gesundheit älterer Menschen gibt.

2.4.2. Life-Space

Die alltägliche Mobilität von älteren Menschen umfasst neben dem Aktivitätsverhalten auch eine passive Komponente, wie die Benutzung von Transportmitteln und Hilfsmitteln, um Wegstrecken in und außerhalb des eigenen Wohnraums zu bewältigen (Metz, 2000). Gemäß dieser Konzeption ist das Mobilitätsverhalten mehr als das Ergebnis des eigenen Energieumsatzes, sondern ist definiert als der Grad der räumlichen Ausdehnung innerhalb eines definierten Zeitraums und wird in der Literatur durch den Terminus *Life-Space* repräsentiert (May et al., 1985). Der Life-Space, im deutschen Sprachgebrauch als Lebensraum bezeichnet, integriert jedoch weitere Komponenten jenseits des individuellen Verhaltens, wie etwa soziale und kontextuelle Unterstützungssysteme (Cantor, 1975). Deshalb beinhaltet der Life-Space auch eine passive Dimension von Mobilität, indem die Hilfeleistung von Angehörigen (z. B. Transport mit dem Auto) oder die Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs bei der Instrumentalisierung der räumlichen Mobilität berücksichtigt werden (Baker et al., 2003). Dabei lässt sich der Life-Space in unterschiedliche Zonen untergliedern, welche die eigene Wohnung, den unmittelbaren Außenbereich des Hauses (z. B. Garten), die Nachbarschaft (z. B. Bäckerei, Park), die Gemeinde (z. B. Krankenhaus) und Gebiete außerhalb der eigenen Gemeinde umfassen. Die Nutzung dieser Zonen reflektiert daher wesentlich die Wahrung der Autonomie und die Möglichkeiten der sozialen Teilhabe für ältere Menschen (Rosso et al., 2013).

Der Life-Space wird mittels subjektiver fragebogenbasierter sowie objektiver Verfahren (*Global Positioning System*, kurz: GPS) ermittelt. GPS-fähige Sensorsysteme sind in der Lage, außerhäuslich zurückgelegte Wegstrecken zu erfassen, woraufhin die genutzte Gesamtfläche als Repräsentant des LS errechnet werden kann (Fillekes et al., 2019; Giannouli et al., 2016; Tung et al., 2014). Jedoch bleiben bei dieser Methode die Aktivitäten innerhalb und in unmittelbarer Umgebung des eigenen Zuhauses unberücksichtigt, da die Detektion von GPS-Signalen innerhalb von Gebäuden gestört ist. Die objektive Erfassung jener innerhäuslichen Wegstrecken kann durch die Installation eines Sensornetzwerks dargestellt werden, welches jedoch einen enormen materiellen Aufwand darstellt. Im Setting des Pflegeheims konnte diese Methodik erfolgreich implementiert und evaluiert werden (Jansen et al., 2017). Für den individuellen Einsatz bei im häuslichen Bereich lebenden älteren Menschen ist ein hoher finanzieller Aufwand notwendig. Zudem inkludiert eine objektive Messung der Lokalisation nicht den Modus der Fortbewegung, wie die Verwendung von Hilfsmitteln (z. B. Rollstuhl oder Rollator) und/oder eine personelle Assistenz.

Aus diesem Grund besitzen subjektive Verfahren dennoch eine hohe Relevanz hinsichtlich der Operationalisierung der räumlichen Mobilität. Eines der am häufigsten genutzten Instrumente ist das von Baker et al. (2003) entwickelte University of Alabama at Birmingham Life-Space Assessment (LSA) (Chung et al., 2015). Der LSA besitzt gute psychometrische Eigenschaften bei im häuslichen Umfeld lebenden Populationen, da der LSA eng mit anderen Markern von Mobilität und körperlicher Funktionalität in Verbindung steht und zudem eine hohe Retest-Reliabilität aufweist (Auger et al., 2018; Baker et al., 2003; Fristedt et al., 2016). Allerdings war die Anpassung des LSA für Menschen mit kE vonnöten, insbesondere vor dem Hintergrund des für den Life-Space gewählten Referenzzeitraums von vier Wochen, um reliable und valide Aussagen zur Nutzung des Life-Space zu erhalten und darauf aufbauend wesentliche Determinanten zu identifizieren. Die Validierung dieses Instruments sowie die Identifikation von klinisch relevanten Grenzwerten wurden im Rahmen des *HeikE*-Projekts ebenfalls umgesetzt (Ullrich, Werner, Bongartz et al., 2019; Ullrich, Werner, Eckert et al., 2019). Diese sind jedoch nicht Teil der hier vorliegenden Dissertation (► [weitere Publikationen](#)).

Ausgehend von der erläuterten Prämisse, dass Life-Space das individuelle Mobilitäts-verhalten unter Berücksichtigung der sozialen Umwelt abbildet, konstruierten (Webber et al., 2010) ein umfassendes theoretisches Rahmenwerk, wonach psychosoziale, finanzielle, umgebungsbezogene, physische, kognitive, soziodemografische, kulturelle und biografische Faktoren den Life-Space prägen. Dieses theoretische Modell wurde in zahlreichen Arbeiten innerhalb älterer Populationen, zumeist im eigenen häuslichen Umfeld lebenden Personen ohne kE, erfolgreich überprüft. So sind kaum modifizierbare Variablen wie soziodemografische Faktoren (Alter (Tsai et al., 2016), Geschlecht (Peel et al., 2005), Bildungsniveau (Eronen et al., 2016)) und die Umgebungsbedingungen (Rantakokko et al., 2015) eng mit dem LS im hohen Lebensalter assoziiert.

Von besonderem Interesse für die Entwicklung und Implementierung von Interventionsprogrammen zur Steigerung der Mobilität sind jedoch variable und modifizierbare Merkmale, welche enge Zusammenhänge mit der räumlichen Mobilität älterer Menschen aufweisen. Dazu gehören die motorische Kapazität (Giannouli et al., 2019; Portegijs et al., 2014), damit einhergehend die Sturzhäufigkeit (Lo et al., 2016) sowie psychologische Aspekte wie Sturzangst (Auais et al., 2017; Takemoto et al., 2015; Uemura et al., 2013), Apathie (Tung et al., 2014), Depression (Polku et al., 2015) und Faktoren der sozialen Unterstützung (Auais et al., 2017).

Sowohl eine gute globale Kognition (Silberschmidt et al., 2017) als auch stark ausgeprägte spezifische kognitive Fertigkeiten, z. B. exekutive Funktionen (Kuspinar et al.,

2020; Poranen-Clark et al., 2018), begünstigen einen größeren Mobilitätsradius. Aufgrund der eingeschränkten Kognition bei Menschen mit beginnender Demenz, ist eine detaillierte Analyse des Life-Space in dieser Patientenklientel von besonderem Interesse. Allerdings liegen wenige empirische Erkenntnisse zur Prädiktion des Life-Space bei Menschen mit zusätzlicher kognitiver Beeinträchtigung vor (Kaspar et al., 2015; Tung et al., 2014). Die Ergebnisse dieser Untersuchungen geben lediglich vorsichtige Hinweise, dass eine kognitive Schädigung mit zusätzlichen Einschränkungen der Mobilität einhergeht (Kaspar et al., 2015; Tung et al., 2014). Aus diesem Grund besteht ein Bedarf an Studien innerhalb dieser Zielgruppe, welche a) das Ausmaß der räumlichen Mobilität und b) mögliche Einflussfaktoren evaluieren.

2.5. Evidenz von körperlichem Training bei Menschen mit kognitiver Einschränkung

Geriatrische Patienten im Allgemeinen und kognitiv geschädigte Individuen im Speziellen besitzen einen hohen Bedarf an rehabilitativen Maßnahmen zur Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität (► [Kapitel 2.4](#)). Da geriatrische Patienten mit einer vorliegenden kE oftmals in geringerem Ausmaß von Rehabilitationsmaßnahmen profitieren als kognitiv intakte Personen (Seematter-Bagnoud et al., 2013), wurde in der Vergangenheit der Schluss einer begrenzten Trainierbarkeit und Rehabilitationsfähigkeit für diese Zielgruppe abgeleitet und diese von poststationären Rehabilitationsprogrammen ausgeschlossen (Chenoweth et al., 2015). Diese Annahme widerspricht maßgeblich den nationalen S3-Leitlinien zur Diagnose und Behandlung von Demenzerkrankungen, wonach alle Menschen unabhängig von ihrem Schweregrad der Erkrankung einen Zugang zu etablierten therapeutischen Rehabilitationsmaßnahmen haben müssen (Maier et al., 2010).

Während der letzten zwei Jahrzehnte wurden zunehmend demenzspezifische Trainingsansätze entwickelt und implementiert, deren Evidenz, abhängig von den Endpunkten der Studien, als vielversprechend bezeichnet werden kann. Einige Übersichtsarbeiten belegen die Effektivität körperlich orientierter rehabilitativer Maßnahmen in Bezug auf die Mobilität und funktionellen Fähigkeiten (Almeida et al., 2019; Blankevoort et al., 2010; Pitkälä et al., 2013; Rao et al., 2014), während eine Reduktion psychischer Beschwerden (z. B. Depression) und demenzspezifischer Verhaltensstörungen (z. B. Apathie) sowie eine Steigerung der Kognition als weniger eindeutig erscheinen (Forbes et al., 2015; Öhman et al., 2014; Potter et al., 2011). Die insgesamt uneinheitliche Evidenz steht in Zusammenhang mit der variierenden methodischen Qualität der eingeschlossenen Studien. Diese Limitationen beinhalten die Auswahl der

Instrumente (z. B. fehlende Validierung bei Personen mit kE), die Größe und heterogene Zusammensetzung der Stichproben (Einschluss von Personen mit und ohne kE) sowie einem fehlenden RCT-Design, was die Aussagekraft der Studienergebnisse ab-schwächt.

Der Erhalt und die Steigerung der motorischen Schlüsselqualifikationen (z. B. Gehen, Aufstehen und Hinsetzen, Treppensteigen) sind wesentliche Grundvoraussetzungen für die Wahrung der selbstständigen Lebensführung von Menschen mit kE (Gonçalves et al., 2018). Um jedoch die Autonomie und soziale Teilhabe zu gewährleisten, bedarf es neben verbesserten funktionalen Voraussetzungen auch einer Steigerung des alltäg-lichen Aktivitätsverhaltens.

Die Evidenz zur Steigerung von körperlicher Aktivität in dieser Zielgruppe ist jedoch sehr limitiert. Der Großteil der heimbasierten demenzspezifischen Aktivitätsprogramme zeigten keine Effekte auf das Niveau der alltäglichen körperlichen Aktivität (Perrochon et al., 2015; Prick et al., 2016; Rolland et al., 2007; Steinberg et al., 2009; Suttanon et al., 2013; Taylor et al., 2017; Wesson et al., 2013), während der Nachweis einer gestiegenen körperlichen Aktivität bei geriatrischen Patienten mit kE nach Teilnahme an einem poststationären Heimtrainingsprogramm nachgewiesen wurde (Hauer et al., 2017). Da eine positive Einstellung gegenüber körperlicher Aktivität dessen tatsächliche Ausführung wesentlich beeinflusst (Hawley-Hague et al., 2016), ist die Implementierung motivationaler Strategien erforderlich, um eine nachhaltige Verhaltensänderung zu ermöglichen (Heyn et al., 2004).

2.6. Adhärenz als Schlüssel zur Veränderung des Aktivitätsverhaltens

Die nachhaltige Steigerung des Aktivitätsverhaltens nach einer medizinischen Rehabilitation ist über alle Entitäten und Altersgruppen hinweg eine große Herausforderung. Oftmals besitzen die Patienten eine starke Intention das Niveau ihrer körperlichen Aktivität zu steigern, scheitern jedoch daran diese in die Tat umzusetzen (Sheeran, 2002). Hauptursächlich für diese Intentions-Verhaltens-Lücke sind neben einer mangelnden Qualität der Intention (z. B. unrealistische Zielsetzungen, externaler Antrieb für die Intention) vor allem fehlende Kompetenzen der Handlungssteuerung, die vor allem den Umgang mit Barrieren von Aktivität (► [Kapitel 2.6.1](#)) betreffen (Sheeran, 2002; Sheeran & Webb, 2016).

Um diese Intentions-Verhaltens-Lücke in der Zielgruppe geriatrischer Patienten zu schließen sind Nachsorgeprogramme nach Entlassung aus der stationären Rehabilitation in das häusliche Umfeld erforderlich, sodass ein nachhaltiger Rehabili-

tationserfolg erzielt werden kann. Dies gilt in besonderem Maße für geriatrische Patienten mit kognitiver Einschränkung, da diese akut vom Verlust der Autonomie und sozialen Teilhabe bedroht sind (Poynter et al., 2011; Seematter-Bagnoud et al., 2013). Deshalb werden in folgendem Abschnitt Merkmale eines nachhaltigen Rehabilitationserfolgs im Sinne einer langfristigen Verhaltensänderung mit dem Schwerpunkt auf die Adhärenz dargestellt. Für die Therapietreue werden die sich unterscheidenden, aber oft synonym verwendeten Begrifflichkeiten von *Compliance* und *Adhärenz* verwendet. *Compliance* beschreibt das Ausmaß der Einhaltung der vom Behandler getroffenen Vorgaben für das gewünschte Verhalten (z. B. körperliche Aktivität), während *Adhärenz* erfasst, inwiefern der Patient die vorab mit den Therapeuten gemeinsam getroffenen Vereinbarungen für ein angestrebtes Verhalten umsetzt (Bollen et al., 2014). Da die *Adhärenz* das Bestreben der patientenzentrierten Rehabilitation (► [Kapitel 2.2.1](#)) reflektiert, also den Patienten als aktiven Akteur des eigenen Rehabilitationsprozesses zu betrachten, wird dieser Terminus in der vorliegenden Dissertation verwendet.

2.6.1. Barrieren körperlicher Aktivität

Die Adhärenz an das Trainingsregime ist über alle Altersgruppen hinweg ein entscheidender Schlüsselfaktor für den Erfolg von Interventionen zu Steigerung der körperlichen Aktivität. Gleichwohl wird eine hohe Adhärenz an körperliche Aktivität in hohem Alter durch eine Vielzahl von Barrieren erschwert. Grundsätzlich kann zwischen individuellen (intrapersonelle) und umgebungsbezogenen (extrapersonellen) Hindernissen von Aktivität unterschieden werden (McLeroy et al., 1988). Das Ausmaß körperlicher Einschränkungen und Beschwerden, die Anzahl von Komorbiditäten und Medikation sowie psychische Auffälligkeiten, wie eine depressive Symptomatik, sind wesentliche individuelle Hindernisse (Baert et al., 2011). Ebenfalls bedeutend sind die individuelle Motivation und Einstellung zu körperlichem Training und Aktivität. Häufig besteht ein unzureichendes Wissen darüber, dass auch multimorbide Personen von der Teilnahme an gezielten Trainingsmaßnahmen profitieren können (Costello et al., 2011).

Um eine Veränderung des Verhaltens hervorzurufen, bedarf es einer Modulation verhaltensbezogener Einstellungen und Überzeugungen als wesentliche Determinanten der körperlichen Aktivität. Diese Konstrukte entstammen theoretischen Modellen der Verhaltensänderung (z. B. *Theory of Planned Behavior*, kurz: TPB,

(Ajzen, 1991)), die mittels evidenzbasierter Verhaltensänderungsstrategien¹ (Abraham & Michie, 2008; Michie et al., 2011) in die Realität umgesetzt werden. Die BCTs werden folgend anhand der unterschiedlichen Funktionen klassifiziert:

a) Steigerung der Motivation, b) Steigerung der Handlungsregulation, c) unterstützende Maßnahmen und d) Interaktion.

¹ Zwar lassen sich Strategien in der motivationalen Phase, wie in diesem Abschnitt dargestellt, von handlungsregulativen Strategien unterscheiden, jedoch wird in dieser Schrift folgend das Wort motivationale Strategien anstelle von Verhaltensänderungsstrategien verwendet, um eine Kongruenz mit der im publizierten Manuskript (Manuskript V) verwendeten Sprache herzustellen.

Maßnahmen zur Steigerung der Motivation sind kognitiv-behavioraler Natur, indem u. a. die Selbstwirksamkeitsüberzeugungen (Bandura, 1986) oder die Einstellungen einer Person gegenüber sportlicher Aktivität gesteigert werden soll, um die Intention zu sportlicher Aktivität zu stärken. Zu dieser Kategorie gehören u. a. eine progressive Aufgabenstellung nach dem Prinzip von „leicht zu schwer“ und die Wissensvermittlung zu den Vorzügen von körperlicher Aktivität auch im hohen Alter.

Handlungsregulative Strategien hingegen zielen auf die Initiierung und Aufrechterhaltung des Aktivitätsverhaltens ab, indem die Intention zu kA gegenüber alternativen Handlungen abgesichert wird (Snihotta et al., 2005). Für die Initiierung des Verhaltens ist es von Bedeutung einen Plan zu entwerfen, der die Zeit („wann“), den Ort („wo“) oder auch nötige Formen der Unterstützung („mit wem?“) berücksichtigt. Darauf aufbauend, können Lösungsmöglichkeiten zur Überwindung von aktivitätsbezogenen Barrieren erarbeitet werden. Zusätzlich zu den motivationalen und handlungsregulativen Techniken können Maßnahmen eingeleitet werden, die eine Verhaltensänderung zusätzlich stärken, wie z. B. die richtige Einstellung der Gehhilfen für eine ältere Person. Die Implementierung sozialer Unterstützung sowie spezifische Kommunikationsformen sind Komponenten zur Stärkung einer aktivitätsfördernden Interaktion mit dem Patienten. Im Falle von Personen mit kE wurde ein demenzspezifischer Kommunikationsansatz entwickelt, welcher u. a. haptische Unterstützung, einfache und sich wiederholende Instruktionen sowie einen empathischen Umgang zur Stärkung kooperativen Verhaltens inkludiert (Oddy, 1987).

2.6.2. Evidenz zur Adhärenz an körperliches Training

Heimbasierte und individualisierte Trainingsprogramme ermöglichen auch bei dieser vulnerablen Klientel eine hohe Adhärenz, wobei von einer großen Varianz zwischen unterschiedlichen Interventionsstudien berichtet wird (Almeida et al., 2019). In einem bei kognitiv eingeschränkten Personen und deren Angehörigen durchgeführten 12-wöchigen Gehprogramm wurde eine Adhärenz von 31% beobachtet (Lowery et al., 2014), während andere Trainingsinterventionen Adhärenzraten bis zu 99% nachwiesen (Dawson et al., 2019; Hauer et al., 2012; Hauer et al., 2017). Diese Varianz ist zum Teil durch eine differente Methodik zur Erfassung der Adhärenz sowie unterschiedliche Trainingsinhalte und -volumina erklärbar. Nur wenige Untersuchungen beleuchten die Adhärenz über den zeitlichen Verlauf und stellen dabei ein abnehmendes Engagement mit fortschreitender Interventionsdauer fest (Cox et al., 2013; Taylor et al., 2017).

Allerdings gibt die Adhärenz an körperliches Training und körperliche Aktivität kaum profunde Auskunft darüber, inwiefern die motivationalen Strategien erfolgreich umgesetzt werden können. Übersichtsarbeiten zeigen, dass eine theoretische Fundierung

sowie die Implementierung konkreter motivationaler Strategien essenzielle Bestandteile einer effektiven Aktivitätssteigerung bei gesunden, älteren Menschen darstellen (Chase, 2015; Oliveira, Sherrington, Amorim, Dario, & Tiedemann, 2017; van der Bij, 2002). Jedoch ist fraglich, ob für ältere Personen alle Verhaltensänderungsstrategien in gleichem Maße effektiv sind wie bei jüngeren Zielgruppen. In einem Review wurde berichtet, dass handlungsregulative Strategien bei kognitiv intakten älteren Menschen (> 60 Jahre) nicht wirksam waren, die Selbstwirksamkeit als Prädiktor von kA als auch das tatsächliche Aktivitätsverhalten zu steigern (French et al., 2014). Dabei spekulierten French et al. (2014) über den möglicherweise hohen Anspruch handlungsregulativer Strategien an die kognitiven Kapazitäten des Individuums, welche mit steigendem Alter abnehmen. Genau aus diesem Grund ist die Identifikation von effektiven Strategien in der Zielgruppe hochaltriger Menschen mit einer zusätzlichen kognitiven Schädigung von enormer Bedeutung, um an die Ressourcen dieser Klientel angepasste Interventionen zu entwerfen.

Zwei aktuelle Übersichtsarbeiten unternahmen mittels einer narrativen Synthese den Versuch, effektive Strategien zur Förderung der Adhärenz an körperliche Aktivität zu identifizieren (Nyman et al., 2018; van der Wardt et al., 2017). Das Setzen von Aktivitätszielen sowie unspezifische und spezifische soziale Unterstützung, insbesondere in Form professioneller Betreuung durch Gesundheitsexperten (u. a. Physio-therapeuten) im Rahmen von Hausbesuchen, haben sich als effektive Strategien herausgestellt. Dagegen waren handlungsregulative Strategien, wie die Beobachtung des eigenen Verhaltens, nur von limitierter Wirksamkeit hinsichtlich einer Aktivitätssteigerung (Nyman et al., 2018). Jedoch überprüften sowohl Nyman et al. (2018) als auch van der Wardt et al. (2017) den potenziellen Einfluss der motivationalen Strategien auf die primären Endpunkte, wie die körperliche Leistungsfähigkeit und körperliche Aktivität.

Vor Beurteilung der klinischen Effektivität ist es notwendig zu prüfen, ob ein motivationspsychologisches Trainingskonzept in der Zielpopulation umsetzbar ist. Wesentliche Kriterien für die Umsetzbarkeit sind, zu welchem Grad die Intervention von der Zielgruppe adaptiert und akzeptiert wird (Bowen et al., 2009). Zur Akzeptanz des Programms zählen Aspekte wie die Zufriedenheit und Einstellungen zu den implementierten Maßnahmen, was vorwiegend in Forschungsarbeiten mit qualitativer Methodik (u. a. Fokusgruppeninterviews) näher beleuchtet wurde (Lindelöf et al., 2012; Olsen et al., 2015; Tortosa-Martínez et al., 2020). So berichteten Patienten und Angehörige von Steigerungen der wahrgenommenen Kompetenz und Selbstwirksamkeitserwartungen durch regelmäßiges körperliches Training (Olsen et al., 2015;

Tortosa-Martínez et al., 2020). Bedeutende Einflussfaktoren dafür sind das Gefühl in gesicherter Umgebung zu trainieren und in soziale Interaktion zu treten (Lindelöf et al., 2012). In diesem Zusammenhang ist die Rolle von professionellem Personal hervorzuheben, welches nicht nur Sicherheitsaspekte im Training in den Vordergrund stellt, sondern auch über spezifische kommunikative Fähigkeiten verfügt. Motivationale Nachrichten, die durch einen professionellen Trainer übermittelt werden, besitzen einen höheren Stellenwert bei kognitiv eingeschränkten Personen, als Anweisungen durch einen Angehörigen (Prick et al., 2016).

Doch diese qualitativen Ansätze vermögen nicht, die Adaption des Verhaltens zu reflektieren. Erst durch eine quantitative Analyse ist es möglich, die Adhärenz an motivationalen Strategien über den Interventionsverlauf zu überprüfen. Anhand dessen kann eine Beurteilung darüber stattfinden, inwiefern konkrete Strategien in dieser Klientel umsetzbar sind und Ableitungen auf die Effektivität der Maßnahmen zulassen. Lediglich in einer Stichprobe von älteren Menschen mit leichten Gedächtnisproblemen wurde eine solche Methodik bisher gewählt (Cox et al., 2013). Dies unterstreicht die Notwendigkeit von Studien, die basierend auf einer quantitativen Forschungsmethodik die Adhärenz an Training und die Adhärenz an motivationalen Strategien evaluieren.

2.7. Gesundheitsökonomische Evaluation

Da der Rehabilitationsprozess an kontextuelle Bedingungen geknüpft ist, zu denen auch die Verfügbarkeit finanzieller Ressourcen gehört (►Kapitel 2.2.1.), ist die Bewertung des Erfolgs von Rehabilitationsmaßnahmen nicht nur aus klinischer, sondern auch aus einer ökonomischen Betrachtungsweise unablässig. Gerade in Anbetracht der Ressourcenknappheit geben gesundheitsökonomische Evaluationen Auskunft darüber, inwiefern der Nutzensgewinn einer neu einzuführenden Gesundheitsleistung in Relation zu den verwendeten finanziellen Ressourcen und zu bereits existierenden Versorgungsangeboten steht (Drummond et al., 2015). Gesundheitsökonomische Evaluationen bilden damit die Entscheidungsgrundlage für die Allokation von Ressourcen, die Preisbildung und die Erstattungsfähigkeit durch die Krankenversicherung (Schöffski & Graf von der Schulenburg, 2012).

Die Evaluation des gesundheitsökonomischen Nutzens im Rahmen klinischer Studien hat hauptsächlich aus zwei Gründen einen Bedeutungsgewinn erfahren. Einerseits stehen die nationalen Gesundheitssysteme vor zunehmenden finanziellen Belastungen. So ist in der Bundesrepublik der Anteil der nationalen Gesundheitsausgaben am Bruttoinlandsprodukt von 9,4% im Jahr 1992 auf 11,7% im Jahr 2018 gestiegen (Gesundheitsberichterstattung des Bundes [GBE], 2020).

Andererseits sind weltweit während der letzten Jahrzehnte in zahlreichen Ländern finanzielle Entscheidungsfindungsprozesse gesetzlich verankert worden (Rogowski, 2013). So unterliegen gesundheitspolitische Entscheidungen z. B. in Großbritannien einer festen Budgetierung, um verfügbare finanzielle Ressourcen priorisiert und kontingentiert zu verwenden, wodurch Austauschbeziehungen zwischen verschiedenen Gesundheitsbereichen („trade-off“) entstehen. Auf diesem Weg soll ein gerechter Zugang zu Gesundheitsressourcen ermöglicht werden (Torbica et al., 2018). In Deutschland hingegen sind gesundheitsökonomische Evaluationen für nicht-pharmakologische Therapien nicht verpflichtend. Das Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG, 2017), als die vom Gemeinsamen Bundesausschuss (G-BA) oder vom Bundesministerium für Gesundheit (BMG) beauftragte Institution zur Berichterstattung zu Nutzen und Kosten von medizinischen Leistungen, verfolgt einen effizienzorientierten Ansatz (IQWiG, 2017). Demnach wird die Kosten-Nutzen-Relation einer neuartigen Behandlungsmethode mit bereits etablierten Behandlungsverfahren innerhalb eines Indikationsgebiets verglichen. Diese unterschiedlichen kulturellen Gegebenheiten wirken sich auf die Methodik gesundheitsökonomischer Evaluationen aus (Torbica et al., 2018) und betrifft die gesundheitsökonomische Perspektive (► [Kapitel 2.7.1](#)) und somit die Auswahl der Studienendpunkte (► [Kapitel 2.7.2](#)).

2.7.1. Gesundheitsökonomische Perspektiven

Welche Kosten und Nutzen in einer gesundheitsökonomischen Evaluation berücksichtigt werden, hängt im Wesentlichen davon ab, welche Entscheidungsträger daran beteiligt sind und wessen *Perspektive* eingenommen wird (Drummond et al., 2015). Es gibt eine Reihe von Akteuren, die im Entscheidungsfindungsprozess einbezogen werden müssen: Patienten, Ärzte, Krankenhausverwaltungen, Versicherungsträger und politische Gremien, welche neben der Finanzierung des Gesundheitssystems auch für andere Ressorts (z. B. Verkehr, Bildung etc.) zuständig sind.

Die internationale Fachliteratur empfiehlt die Einnahme einer umfassenden, *gesellschaftlichen Perspektive* für die Bestimmung des ökonomischen Wertes einer Gesundheitsmaßnahme (Drummond et al., 2015; Glick et al., 2014). Diese berücksichtigt die gesamten Kosten von Gesundheitstechnologien, ganz unabhängig davon, von wem die Gesundheitsleistung getragen wird und in welchem Gesundheitssektor sie entstehen (Krauth et al., 2011; Schöffski & Graf von der Schulenburg, 2012). Es werden neben den direkten Kosten, welche durch die Beanspruchung von medizinischen Leistungen entstehen, auch nicht-medizinische direkte Kosten (z. B. Transport) sowie indirekte Kosten, die etwa durch den

Produktivitätsausfall pflegender Angehöriger verursacht werden, in diese Betrachtung eingeschlossen. Die ökonomische Bewertung von Gesundheitsleistungen aus der gesellschaftlichen Perspektive impliziert das Opportunitäts-kostenprinzip. Demnach spiegeln diese Kosten den Nutzen für die eingesetzten Ressourcen wider, welchen man durch eine Behandlungsalternative erzielt hätte (Drummond et al., 2015). Um eine monetäre Bewertung der Kosten aus gesellschaftlicher Perspektive vorzunehmen, bedarf es einer Bestimmung von standardisierten Bewertungssätzen. Maßgeblich hierfür sind die Arbeiten von Krauth et al. (2005), welche auf Grundlage von administrativen Kostensätzen und empirischen Daten zu Ressourcenverbräuchen in verschiedenen medizinischen Sektoren (z. B. ambulante, stationäre Behandlung) einheitliche Kostensätze ermittelten. Diese wurden von Bock et al. (2015) aktualisiert und um den Bereich der informellen und formellen Pflege erweitert.

Auf dieser Grundlage wurde mit dem „Fragebogen zur Inanspruchnahme von medizinischen und nicht-medizinischen Gesundheitsleistungen im Alter“ (FIMA) ein standardisiertes Instrument zur Erhebung der Ressourcenverbräuche aus gesellschaftlicher Perspektive entwickelt (Seidl et al., 2015). Der FIMA ermittelt die Inanspruchnahme von ambulanter ärztlicher Versorgung (z. B. Hausarzt, Orthopäde, Zahnarzt, etc.), stationärer medizinischer Versorgung (Akutkrankenhaus, intensivmedizinische Versorgung, Aufenthalte in Rehabilitationskliniken), Heilmitteln (z. B. Physiotherapie, Ergotherapie), Hilfsmitteln (z. B. Gehhilfen, Badehilfen), formeller stationärer (Langzeitpflege, Kurzzeitpflege, Tagespflege) und ambulanter Pflege (Grundpflege und hauswirtschaftliche Versorgung) sowie informeller Pflege durch Angehörige und Freunde.

Im Gegensatz dazu ist eine *Perspektive des Leistungserbringers* wesentlich enger, da diese jene Kosten fokussiert, die unmittelbar durch den Leistungserbringer getragen werden. Dazu zählen neben dem Ressourcenverbrauch, der durch die Einführung einer neuen Behandlungsalternative verursacht wird, alle durch den *Spitzenverband Bund der Krankenkassen* (GKV) zu übernehmenden Gesundheitsleistungen. Im Gegensatz zur gesellschaftlichen Perspektive bleiben bspw. Reisekosten zu Arztbesuchen oder Aufwendungen zur informellen Pflege unberücksichtigt.

2.7.2. *Kosteneffektivität und Kosten-Nutzwert – Studienendpunkte gesundheitsökonomischer Evaluationen*

Die Entscheidung für eine Perspektive wiederum besitzt Auswirkungen auf die Auswahl der Studienendpunkte. Das IQWiG, welches gesundheitsökonomische Evaluationen aus der Perspektive der GKV durchführt, verfolgt das Prinzip der indikationsspezifischen Bewertung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses auf Basis von

Effizienzgrenzen und der Auswahl klinischer Parameter als Endpunkte ökonomischer Evaluationen. Dazu zählen Mortalität, Morbidität, gesundheitsbezogene Lebensqualität und spezifische Surrogatmarker (IQWiG, 2017). Diese Art der ökonomischen Evaluation wird als *Kosteneffektivitätsanalyse* (KEA) bezeichnet. Es werden die inkrementellen Kosten im Verhältnis zur Verbesserung des klinischen Maßes mit dem Kosten-Nutzen-Verhältnis von anderen Interventionen auf einem spezifischen Indikationsgebiet verglichen. Die Endpunkte einer KEA werden also entsprechend der zu untersuchenden Fragestellung ausgewählt. Eine Trainingsstudie zur Verbesserung der funktionalen Leistungsfähigkeit wird demnach unter dem Gesichtspunkt der Kosteneffektivität den monetären Einsatz in Relation zur Verbesserung eines funktionalen Parameters (z. B. SPPB) untersuchen.

Die Spezifität der klinischen Endpunkte geht jedoch mit der Problematik einer limitierten Vergleichbarkeit zu anderen Interventionen in ähnlichen oder ganz verschiedenen Populationen einher (Drummond et al., 2015). Um eine Vergleichbarkeit zu anderen Interventionen in unterschiedlichen Zielpopulationen und über Indikationsgebiete hinweg zu ermöglichen, wird der Einsatz generischer Instrumente empfohlen. Diese bilden körperliche sowie seelische Aspekte der gesundheitsbezogenen Lebensqualität ab und sind präferenzbasiert, da die subjektive Erhebung die Sicht des Patienten reflektiert. Zu den am häufigsten verwendeten Instrumenten gehört u. a. der EQ-5D (EuroQol Group, 1990). Die Dimensionen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität sind indikationsübergreifend und werden auf Basis bevölkerungsspezifischer Gewichtungen zu einem Indexwert (Nutzwert) zusammengefasst. Dieser Nutzwert wird in das Konzept der qualitätskorrigierten Lebensjahre (quality-adjusted life year; kurz: QALY) überführt und dient als Endpunkt von sogenannten Kosten-Nutzwert-Analysen (englisch: Cost-Utility Analysis). Ein QALY-Wert von 1 steht für ein Jahr voller Gesundheit, während der Wert 0 den Tod repräsentiert.

Die Bestimmung der QALYs stützt sich auf die *Area Under The Curve*-Methode (kurz: AUC; Matthews et al., 1990). Dabei wird der Untersuchungszeitraum in verschiedene Intervalle unterteilt, deren Anzahl üblicherweise äquivalent zur Anzahl der Messzeitpunkte ist. Die Nutzwerte der Zeitintervalle werden dann gemäß der Intervalllänge gewichtet. Damit beurteilt werden kann, ob ein spezifischer Geldbetrag für einen QALY einer Rehabilitationsmaßnahme als kosteneffektiv gilt, existieren unterschiedliche Schwellenwerte. Eine der gängigsten Werte wird durch das *National Institute for Health and Clinical Excellence* (NICE) in Großbritannien mit 30.000 £/QALY beziffert. Die Weltgesundheitsorganisation empfiehlt als kritische Grenze der Kosteneffektivität das Ein- bis Dreifache des Bruttoinlandsprodukts (BIP) pro Kopf. Empirisch ermittelte Schwellenwerte zeugen ebenfalls von einer enormen Varianz,

ausgehend von einem Minimum von 4.419 US\$ in Thailand und einem Maximum 173.971 US\$ in Norwegen (Schwarzer et al., 2015). Diese Streuung der Grenzwerte zeigt im Hinblick auf die Indikation, Behandlung und Ausprägungen des Nutzens, dass ein allgemeingültiger Grenzwert der Kosten pro QALY nicht existiert (Brouwer et al., 2008). Zudem sind Vergleiche eines QALYs zwischen diversen Zielgruppen verschiedenen Alters und mit unterschiedlichem Ausgangsniveau der Lebensqualität ebenfalls kritisch zu betrachten (Huter et al., 2016).

Aus diesem Grund ist neben der Evaluation des Kosten-Nutz-Werts parallel die Beurteilung der Kosteneffektivität, also der Relation der eingesetzten Mittel zu dem unmittelbaren klinischen Nutzen, von Bedeutung für mögliche Entscheidungsträger (Ramsey et al., 2015).

2.7.3. Inkrementeller Kostengewinn und Net-Monetary-Benefit

Im Rahmen gesundheitsökonomischer Evaluationen wird also das Verhältnis von Kosten und Nutzen zwischen den verschiedenen Gesundheitsmaßnahmen verglichen. Folgend werden zwei gängige Methoden dafür vorgestellt: die *Inkrementelle Kosten-Effektivitäts-Relation* (IKER) und der *Net-Monetary-Benefit-Ansatz* (NMB). Der IKER gibt das Verhältnis von zusätzlichen Kosten pro zusätzlicher Einheit auf dem klinischen Effektmaß wieder und wird durch folgende Formel gebildet: $IKER = \frac{Kosten_A - Kosten_B}{Effekte_A - Effekte_B}$.

Dabei werden die Kosten- wie auch die Effektdifferenz aus dem arithmetischen Mittel der jeweiligen Behandlungsgruppen A und B gebildet. IKERs können auf einem Koordinatensystem (englisch: „*Cost-Effectiveness-Plane*“) grafisch dargestellt werden, wonach sich das Verhältnis von zusätzlichen Kosten (y-Achse) und zusätzlichem Effekt (x-Achse) in Quadranten aufteilt (► [Abbildung 3](#)). Eine neue Intervention wird dem nordöstlichen Quadranten (NO) zugeordnet, wenn sie gegenüber der bisherigen Alternative einen zusätzlichen Effekt und Mehrkosten aufweist. Eine Intervention im nordwestlichen Quadranten (NW) hingegen ist im Vergleich zu einer Handlungsalternative weniger effektiv und weist Mehrkosten auf. Im Falle geringerer Effekte und gleichzeitiger Kostenersparnisse wird eine Intervention im südwestlichen Quadranten eingeordnet. Im südöstlichen Quadranten (SO) werden Programme mit Kosteneinsparungen und zusätzlichem Effektgewinn lokalisiert. Befindet sich ein IKER in SO, ist die Intervention gegenüber der Handlungsalternative dominant und gilt sicher als kosteneffektiv. Im Gegensatz dazu sind Interventionen in NW mit Sicherheit nicht kosteneffektiv. Für Interventionen in den Quadranten NO und SW ist die Kosten-Effektivität ungewiss, da sie im Wesentlichen von der maximalen Zahlungsbereitschaft des Leistungserbringers abhängt (Drummond et al., 2015).

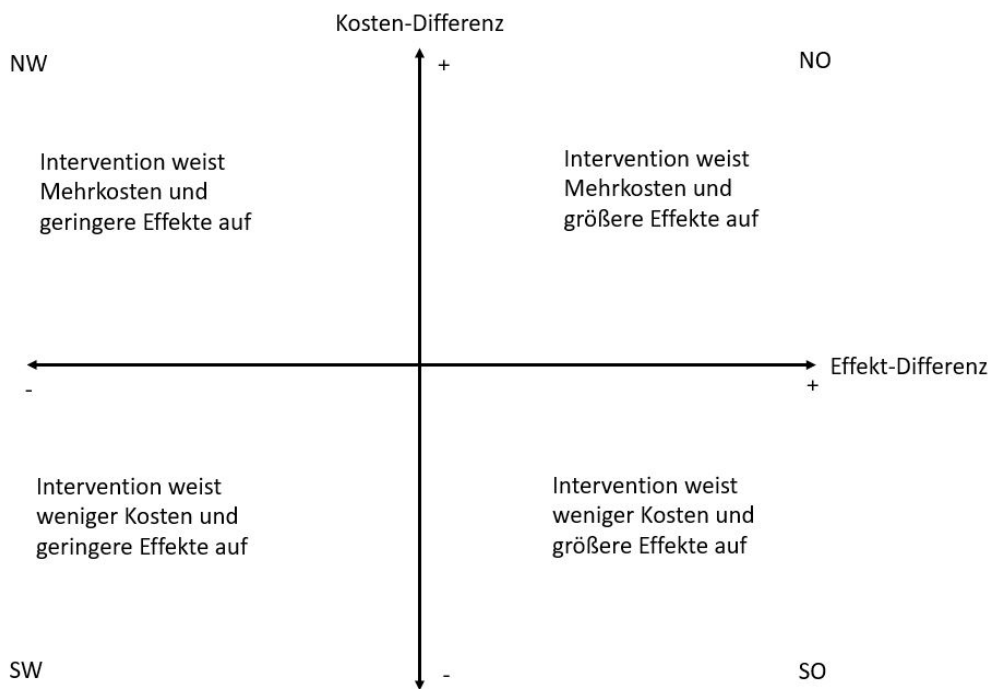


Abbildung 3: Quadrantenmodell zur Lokalisation von inkrementellen Kosten-Effektivitäts-Relationen (IKERs); adaptiert an Drummond et al. (2015).

Die Berechnung einer auf Durchschnittswerten beruhenden Kenngröße ist allerdings mit statistischen Problemen verknüpft. Denn negative IKER können schwer interpretierbar sein, da sie entweder im Quadrant SO oder NW zu lokalisieren sind, welche diametrale Aussagen beinhalten: weniger Kosten und positive Effekte auf der einen sowie mehr Kosten (SO) und negative Effekte auf der anderen Seite (NW) (Briggs et al., 2002).

Aufgrund dieser methodischen Schwächen fand in den letzten Jahren zunehmend der Ansatz des *Net-Monetary-Benefits* (NMB) Beachtung, welcher das Verhältnis von Kosten und Effekt im Gegensatz zum IKER auf der Ebene einzelner Patienten betrachtet (Stinnett & Mullahy, 1998). Der NMB überführt das Kosten-Nutzen-Verhältnis wieder in einen monetären Wert, indem die individuellen Effekte (E) mit einer angenommenen maximalen Zahlungsbereitschaft multipliziert werden, wovon die individuellen Kosten subtrahiert werden: $NMB_i = E_i * \lambda - K_i$

Ein positiver NMB-Wert bedeutet, dass die Intervention für die jeweilige Person effektiv ist, ein negativer Wert indiziert fehlende Kosteneffektivität. Darauf aufbauend können die Differenz der NMB zwischen den verschiedenen Behandlungsalternativen errechnet werden. Zur Visualisierung der Unsicherheit von Kosten-Effektivitäts-Verhältnissen, egal ob IKER oder NMB, hat sich in den letzten Jahren das Konzept der sogenannten *Cost-Effectiveness Acceptability Curve* (deutsch: *Kosteneffektivitätsakzeptanzkurve*, kurz: KEAK) etabliert (van Hout et al., 1994).

2.7.4. Evidenz zu gesundheitsökonomischen Evaluationen von Rehabilitationsmaßnahmen bei geriatrischen Patienten

Trotz des hohen Versorgungsbedarfs bei geriatrischen Patienten in der Phase nach Entlassung aus der stationären Rehabilitation (► [Kapitel 2.1](#)) und der Notwendigkeit von gesundheitsökonomischen Evaluationen zur effizienten Allokation von finanziellen Ressourcen (► [Kapitel 2.7](#)) fehlen Erkenntnisse zur Kosteneffektivität von körperlichem Training in Hochrisikopopulationen, wie geriatrischen Patienten in der poststationären Übergangsphase (Auais et al., 2017; Smith et al., 2020) und Individuen mit kognitiver Schädigung (Nickel et al., 2018).

Der ökonomische Nutzen von körperlichem Training im hohen Lebensalter wurde vorwiegend im Rahmen supervidierter Sturzpräventionsprogramme untersucht (Olij et al., 2018). Diese im Review von Olij et al. (2018) betrachteten Studien schlossen sehr heterogene Populationen, von im eigenen häuslichen Umfeld lebenden älteren Menschen bis hin zu Pflegeheimbewohnern ein. Die Evidenz zum Kosten-Nutzwert von körperlichem Training im Sinne einer Steigerung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität ist sehr uneinheitlich, da die Hälfte der Studien einen Gewinn an QALYs zeigen konnte, die andere Hälfte allerdings nicht. Die vereinzelt Studien, die im Rahmen von poststationären Rehabilitationsprogrammen bei Menschen ohne kE (Fairhall et al., 2015; Farag et al., 2015; Williams et al., 2016) oder Trainingsinterventionen bei Menschen mit kE (D'Amico et al., 2016) durchgeführt wurden, bestätigen diese Erkenntnis.

Aus dieser Forschungslücke heraus ergibt sich der Bedarf gesundheitsökonomischer Evaluationen, welche parallel den Kosten-Nutzwert und die Kosteneffektivität in Bezug auf klinisch bedeutsame Parameter, untersuchen.

3. Ziele und Fragestellung

Die vorliegende Dissertation verfolgt das primäre Ziel die Frage zu klären, inwiefern poststationäre Rehabilitationsmaßnahmen eine existierende Versorgungslücke schließen können. Deshalb wird zunächst der Bedarf an poststationärer Rehabilitation mittels zweier Querschnittsstudien (► [Manuskripte I, III](#)) und einer Längsschnittanalyse (► [Manuskript II](#)) erörtert. Darauf aufbauend wird ein innovatives motivationspsychologisch fundiertes Heimtrainingsprogramm (*HeikE*) präsentiert und dessen Umsetzbarkeit geprüft. Abschließend wird das *HeikE*-Programm gesundheitsökonomisch evaluiert, sodass Aussagen zur Translation des wissenschaftlichen Projekts in die Praxis getroffen werden sollen (Manuskript V).

Die Wiedererlangung der motorischen Funktionalität und des Mobilitätsverhaltens nach einer schweren Sturzverletzung wird durch Vorliegen exzessiver sturzbezogener Bedenken in der Frühphase und durch deren mögliche Manifestation gefährdet (► [Kapitel 1.3](#)). Um geeignete Interventionsstrategien zur Reduktion von Sturzangst zu entwerfen, bedarf es eines besseren Verständnisses über das multidimensionale Konstrukt von Sturzangst. Manuskript I zielt darauf ab, diese Forschungslücke zu schließen und untersucht die Zusammenhänge zwischen verschiedenen psychologischen und motorischen Korrelaten von Sturzangst.

Manuskript II setzt dabei an der Schnittstelle zwischen stationärer Rehabilitation und häuslichem Umfeld an, indem die Entwicklung klinisch relevanter Parameter der motorisch-funktionellen und psychischen Dimension untersucht wird. Manuskript III erweitert diese Erkenntnisse um die verhaltensbezogene Dimension der räumlichen Mobilität bei geriatrischen Patienten in deren häuslichen Umfeld und zielt dabei auf die Identifikation modifizierbarer Parameter der Mobilität ab. Auf Basis der Erkenntnisse beider Untersuchungen können spezifische Ableitungen für die Gestaltung von künftigen körperlichen Rehabilitationsmaßnahmen zur Förderung der Mobilität in den natürlichen Umgebungsbedingungen getroffen werden.

Das Ziel, körperliche Aktivität im Alltag zu fördern, verfolgte das *HeikE*-Projekt basierend auf einem motivationspsychologischen Ansatz. Bevor die Effektivität einer innovativen Gesundheitsmaßnahme beurteilt werden kann, ist eine Prüfung der Umsetzbarkeit notwendig, um daraus auch Rückschlüsse zu ziehen wie die körperliche Aktivität in den Alltag integriert werden kann. Aus diesem Grund werden in Manuskript IV die Adhärenz an das körperliche Training und die motivationalen Strategien sowie die Akzeptanz der einzelnen Programmkomponenten in der Interventionsgruppe der *HeikE*-Studie evaluiert.

Vor dem Hintergrund begrenzter finanzieller Ressourcen und eines hohen Finanzierungsdrucks, sind gesundheitsökonomische Evaluationen innovativer Rehabilitationsmaßnahmen von großem Interesse bei Entscheidungsträgern des Gesundheitssystems (► [Kapitel 1.7](#)). Deshalb wird in Manuskript V die Kosteneffektivität des *HeikE*-Programms evaluiert.

Im Folgenden werden alle Fragestellungen der in die Dissertation einfließenden Publikationen dargestellt:

- Welche Korrelate umfasst das multidimensionale Konstrukt der sturzbezogenen Bedenken während der stationären Rehabilitation von Personen mit Hüft- oder Beckenfraktur? (► [Manuskript I](#))
- Wie entwickeln sich klinisch relevante motorische und psychologische Charakteristika bei geriatrischen Patienten in der Übergangsphase zwischen stationärer Rehabilitation und häuslichem Umfeld? (► [Manuskript II](#))
- Wie groß ist das Ausmaß der räumlichen Mobilität (Life-Space) in der poststationären Phase und welche modifizierbaren Faktoren sind mit dem Life-Space verknüpft? (► [Manuskript III](#))
- Ist ein motivationspsychologischer Interventionsansatz bei Personen mit kognitiver Schädigung im Sinne einer hohen Adhärenz an körperliches Training und motivationale Strategien umsetzbar? (► [Manuskript IV](#))
- Stellt ein heimbasiertes Trainingsprogramm ein kosteneffektives poststationäres Versorgungskonzept dar? (► [Manuskript V](#))

Die einzelnen Manuskripte werden nachfolgend in Kapitel 4 nochmals unter Berücksichtigung einer üblichen Abstract-Gliederung zusammengefasst.

4. Zusammenfassungen der Publikationen

4.1. Manuskript I

Eckert, T., Kampe, K., Kohler, M., Albrecht, D., Büchele, G., Hauer, K., Becker, C. & Pfeiffer, K. (2020). Correlates of fear of falling and falls efficacy in geriatric patients recovering from hip / pelvic fracture. *Clinical Rehabilitation*, 34(3), 416-425. DOI: 10.1177/0269215519891233

Hintergrund und Zielstellung:

Ungefähr die Hälfte aller geriatrischen Patienten leiden im Verlauf der Rehabilitation nach einer Hüftfraktur unter starken sturzbezogenen Bedenken (Visschedijk et al., 2013). Exzessive sturzbezogene Bedenken verhindern oftmals den Rehabilitationserfolg (Oude Voshaar et al., 2006) und deren Manifestation führt zu einer dauerhaften Aktivitätsvermeidung und einem drohenden Verlust der Selbstständigkeit im häuslichen Umfeld (Visschedijk, Caljouw et al., 2015). Jedoch existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Konzeptualisierungen von sturzbezogenen Bedenken und Sturzangst. Häufig werden sturzbezogene Bedenken als ein Mangel an sturzbezogener Selbstwirksamkeit definiert und instrumentalisiert (Falls Efficacy Scale-International, kurz: FES-I; Tinetti & Powell, 1993; Short FES-I, Kempen et al., 2008; Hauer et al., 2011). Allerdings wird Sturzangst auch als Teil einer affektiven Reaktion verstanden und ist somit darüber hinausgehend mit einer psychologischen Dysfunktion (u. a. Depression, Angststörung) assoziiert (Gagnon et al., 2005). Das theoretische Rahmenwerk von Hadjistavropoulos et al. (2011) skizziert die sturzbezogene Selbstwirksamkeit und Sturzangst als miteinander korrelierende, jedoch trennbare Konstrukte. Während in der Literatur eine einheitliche Evidenz zur engen Beziehung niedriger sturzbezogener Selbstwirksamkeitserwartungen mit einer geringen motorischen Kapazität existiert (Hughes et al., 2015), ist bisher kaum untersucht worden, inwiefern eine dysfunktionale Emotionsregulation und/oder posttraumatische Stresssymptome (PTSS) infolge einer schweren Sturzverletzung mit einer Sturzangst assoziiert sind.

Ziel dieser Studie ist es, einen tieferen Einblick in das Beziehungsgefüge des multidimensionalen Konstrukts sturzbezogener Bedenken mit der motorischen Leistungsfähigkeit und psychologischen Korrelaten (psychologische Inflexibilität, sturzbezogene PTSS) bei Patienten nach einer Hüft-/Beckenfraktur zu gewinnen.

Methoden:

Diese Querschnittsdatenanalyse verwendete die Baseline-Daten einer randomisierten, kontrollierten Studie zur Reduktion von Sturzangst bei geriatrischen

Patienten mit Hüft-/Beckenfraktur. Die Haupteinschlusskriterien waren ein Alter ≥ 60 Jahre, Hüft- oder Beckenfraktur innerhalb der letzten drei Monate, Absenz einer kognitiven Einschränkung (Orientation-Memory-Concentration Test ≥ 10 ; Katzman et al., 1983) und eine bestehende Sturzangst entsprechend folgender Kriterien: a) häufige negative Erinnerungen an das Sturzereignis oder b) große sturzbezogene Bedenken oder c) Angst vor künftigen Stürzen.

Die sturzbezogenen Bedenken und Sturzangst als primäre Endpunkte der Studie wurden mittels drei verschiedener Instrumente erhoben (► [Abbildung 4](#)):

1) Falls Efficacy Scale-International Short Version (kurz: Short FES-I; Hauer et al., 2011; Kempen et al., 2008). Dieses Instrument misst den Grad *sturzbezogener Bedenken* während der selbstständigen Ausführung von sieben ausgewählten ADL (z. B. Duschen, Treppensteigen). Höhere Werte (Spanne: 7-28) zeigen eine niedrige sturzbezogene Selbstwirksamkeit und somit eine höhere Ausprägung sturzbezogener Bedenken an. 2) Single-Item-Skala zur Messung der *Sturzangst* („Haben Sie in der Regel Angst davor, hinzufallen?“) mit einer 4-Punkt-Likert-Skala (0 = „überhaupt nicht“, 1 = „ein wenig“, 2 = „ziemlich viel“, 3 = „sehr viel“) (Yardley & Smith, 2002). 3) Skala zur Erfassung der Wahrgenommenen Fähigkeit, zur Vermeidung und Umgang mit Stürzen (Lawrence et al., 1998). Dieses Instrument erfasst sturzbezogene Selbstwirksamkeitsüberzeugungen unabhängig von spezifischen ADL, sondern erhebt auf fünf Items das eigene Vertrauen in allgemeine körperliche Fähigkeiten, Stürze zu vermeiden und mit ihnen umzugehen (z. B. „Wie überzeugt sind Sie, dass Sie einen Weg finden können, Ihr Sturzrisiko zu verringern?“).

Sturzbezogene PTSS wurden mit sechs Items operationalisiert, welche anhand der Kriterien des DSM-IV für PTSS abgeleitet wurden (Saß, Henning, 2003). Es wurden folgende Symptome berücksichtigt: a) wiederkehrende und belastende Erinnerungen, b) belastende Träume, c) psychische Belastungen, d) körperliche Reaktivität bei Exposition gegenüber sturzassoziierten Stimuli, e) vermeidende Gedanken und Gespräche, f) Vermeidung von sturzassoziierten Aktivitäten. Die psychologische Inflexibilität wurde mittels des Acceptance and Action Questionnaire (AAQ-II) standardisiert (Bond et al., 2011). Die sieben Items erfassen die Bereitschaft mit unangenehmen Gedanken und Emotionen umzugehen. Ein hoher Summenwert (Spanne: 0-49) indiziert eine stark ausgeprägte psychologische Inflexibilität.

Der motorische Status wurde anhand der Short Physical Performance Battery (kurz: SPPB, Guralnik et al., 1994) ermittelt. Der SPPB umfasst die Subskalen Gleichgewicht (Side-by-Side, Semi-Tandem, Tandem), Gehen und Aufstehen (Five Time Chair Rise: fünfmaliges Aufstehen und Hinsetzen), welche zu einem Summenwert (0-12) addiert

werden. Des Weiteren wurde die Sturzbiografie anhand der Anzahl von Stürzen als kategoriale Variable erhoben (1 Sturz, 2 Stürze, ≥ 3 Stürze).

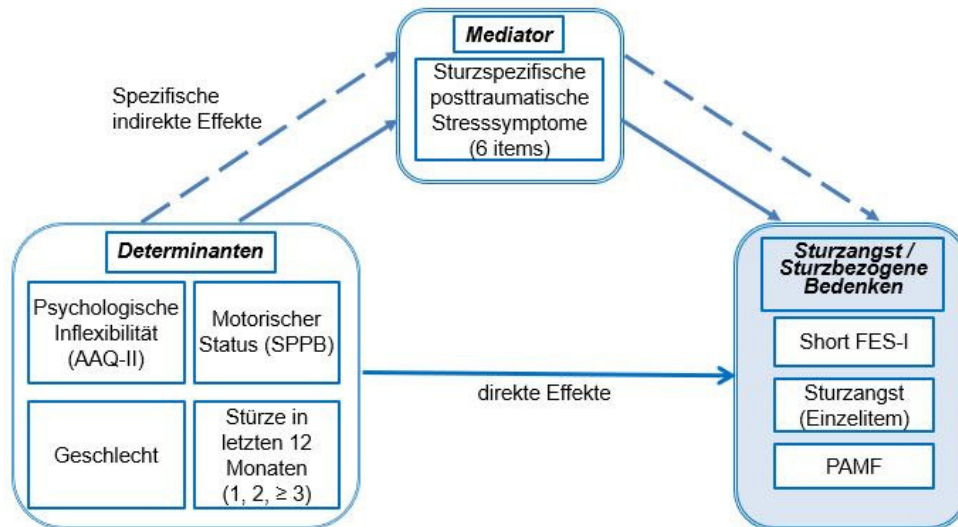


Abbildung 4: Hypothetisiertes Modell zur Erklärung sturzbezogener Selbstwirksamkeit (Short FES-I), der wahrgenommenen Fähigkeit zur Sturzvermeidung (PAMF) und Sturzangst durch soziodemografische Variablen, den motorischen Status (Short Physical Performance Battery, kurz: SPPB), psychologische Inflexibilität (Acceptance & Action Questionnaire II, kurz: AAQ-II) und post-traumatische Stresssymptome (PTSS).

Zunächst wurden bivariate Spearman-Korrelationen zwischen den primären Endpunkten mit den hypothetisierten Determinanten und Mediatoren durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde mit $p < .05$ festgelegt. Das Pfadmodell wurde mit Mplus 6.0 (Muthén & Muthen, 2010) berechnet. Aufgrund des explorativen Charakters des Modells ohne a priori Annahmen von spezifischen Pfaden, wurde ein saturiertes Modell² geprüft. Die Konfidenzintervalle (KI) und Standardfehler (SEM) der indirekten Effekte wurden mittels Bootstrapping (10.000 Replikationen) geschätzt. Die indirekten Effekte wurden als signifikant bewertet, wenn die Null im 95% Konfidenzintervall nach dem Bootstrapping enthalten ist. Mittels der standardisierten Beta-Gewichte (β) und dem Determinationskoeffizienten R^2 wurden die Effektgröße und Varianzaufklärung der abhängigen Variablen durch die unabhängigen Variablen angegeben.

Ergebnisse:

Die 115 in die Studie eingeschlossenen TN waren hochaltrig (Alter: $M = 82,5 \pm 6,8$ Jahre) und wiesen zu Beginn der Rehabilitation hohe motorische Restriktion (SPPB Summenwert: $M = 3,0 \pm 2,0$ Punkte [0-12]) sowie hohe sturzbezogene Bedenken

² Ein saturiertes Modell ist ein gesättigtes Modell. Es treten so viel Parameter wie Beobachtungspaare auf, sodass die Zahl der Freiheitsgrade gleich null ist. Deshalb werden in Manuskript I keine Fit-Indizes zur Überprüfung der Anpassungsgüte des geschätzten Modells angegeben (Passung zwischen empirischen Daten und hypothetisiertem Modell).

(Short FES-I = $15,8 \pm 4,9$ Punkte [7-28]) auf. Einem etablierten Grenzwert (Short FES-I ≥ 14 Punkte) entsprechend, berichteten zwei Drittel der Stichprobe ($n = 75$; 65%) von großen sturzbezogenen Bedenken. Dahingegen war die Prävalenz einer mindestens geringen Sturzangst auf der Single-Item-Skala mit 40% wesentlich geringer. Sturzbezogene PTSS waren ebenfalls sehr verbreitet in dieser Kohorte, da jeder zweiter Patient von gelegentlich oder häufig wiederkehrenden belastenden Erinnerungen an das Sturz-ereignis berichtete ($n = 56$; 49%).

Die Ergebnisse der in Abbildung 5 dargestellten Pfadanalysen demonstrierten, dass Short FES-I lediglich signifikant in Zusammenhang mit einem schlechten motorischen Status stand ($\beta = -.28$, $p < .001$), jedoch nicht mit psychologischer Inflexibilität und sturzbezogenen PTSS assoziiert war ($p > .05$). Die Varianzaufklärung betrug 21% für den Short FES-I und 22% für Sturzangst. Eine hohe Sturzangst war direkt mit einer stärkeren Ausprägung von PTSS ($\beta = .27$, $p = .007$) und indirekt mit psychischer Inflexibilität ($\beta = .11$, $p = .022$) assoziiert. Für die wahrgenommene Fähigkeit, Stürze zu bewältigen (PAMF) war der Anteil der aufgeklärten Varianz mit 32% am höchsten. Eine gering eingeschätzte Fähigkeit der Bewältigung von Stürzen hing mit wiederholten Sturz-ereignissen in den vergangenen 12 Monaten ($\beta = -.35$, $p < .001$) sowie mit einer hohen psychologischen Inflexibilität ($\beta = -.22$, $p = .022$) zusammen und war zudem präsenter bei Frauen ($\beta = .16$, $p = .04$).

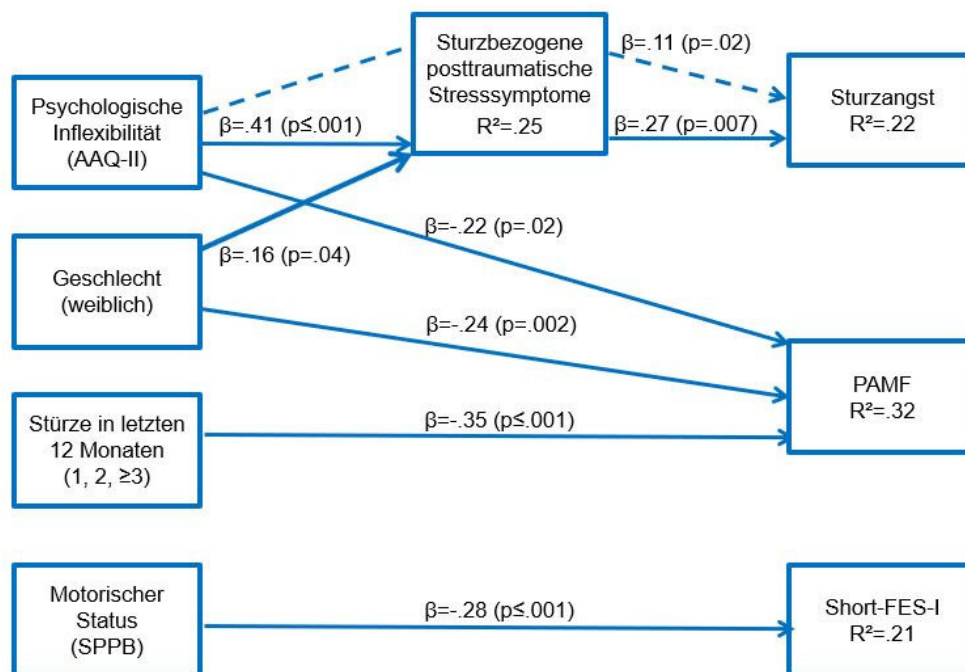


Abbildung 5: Ergebnisse der Pfadanalysen zu den Beziehungen zwischen motorischen (Short Physical Performance Battery, kurz: SPPB), soziodemografischen (Sturzbiografie, Geschlecht) und psychologischen Determinanten (Acceptance & Action Questionnaire-II, kurz: AAQ-II), posttraumatischen Stresssymptomen (PTSS) und den Endpunkten von

Sturzangst, wahrgenommener Fähigkeiten zur Sturzvermeidung (PAMF) und sturzbezogener Selbstwirksamkeit (Short FES-I).

Schlussfolgerung und Diskussion:

Diese Studie zeigte, dass eine geringe sturzbezogene Selbstwirksamkeit, gemessen mit dem Short FES-I, in erster Linie mit einer niedrigen motorischen Kapazität während einer frühen Phase der geriatrischen Rehabilitation nach einer Hüft-/Beckenfraktur assoziiert ist. Im Gegensatz dazu ist die Sturzangst eng verknüpft mit psychologischen Korrelaten, wie einer psychologischen Inflexibilität und Symptomen einer sturzassoziierten Belastungsstörung.

Diese Erkenntnis zeigt, dass sturzbezogene Bedenken ein multidimensionales Phänomen darstellen wie es im theoretischen Modell von Hadjistavropoulos et al. (2011) konzeptualisiert wurde. Demnach sind Sturzangst und sturzbezogene Selbstwirksamkeit zwei miteinander korrelierende, jedoch auch trennbare Konstrukte. Dies wird bereits durch die deskriptiven Ergebnisse belegt, welche eine Diskrepanz hinsichtlich der Prävalenz sturzbezogener Bedenken belegen. In der vorliegenden Stichprobe berichteten etwa zwei Drittel ein hohes Ausmaß sturzbezogener Bedenken gemäß dem Short FES-I, was mit früheren Ergebnissen zur Prävalenz sturzbezogener Bedenken während der stationären Rehabilitation einer Hüft-/Beckenfraktur übereinstimmt (Visschedijk et al., 2013). Die Prävalenz der direkt gemessenen Sturzangst war hingegen mit einer Rate von 40% wesentlich niedriger.

Im Gegensatz zu im häuslichen Umfeld lebenden Erwachsenen ohne vorherige Hüft- oder Beckenfraktur (Kempen et al., 2008), gaben in unserer Stichprobe auch jene Individuen ohne Sturzangst bereits hohe sturzbezogene Bedenken an. Dies galt insbesondere für die Individuen mit einem niedrigem motorischen Status (SPPB-Summenwert = 0-3; Bean et al., 2007). Daraus kann geschlossen werden, dass eine niedrige sturzbezogene Selbstwirksamkeit lediglich zu einem gewissen Grad eine realistische Bewertung der sehr limitierten motorischen Kapazität in der Frühphase der Rehabilitation repräsentiert. Denn die Beziehung zwischen sturzbezogenen Bedenken und der motorischen Kapazität waren ebenfalls lediglich moderat, sodass nur ein geringer Anteil an Varianz des Short FES-I durch das vorliegende Modell aufgeklärt werden konnte. Dafür ursächlich sind die fehlenden Assoziationen zwischen den psychologischen Dimensionen mit dem Short FES-I, sodass ein Mangel an sturzbezogener Selbstwirksamkeit kaum Sturzangst in seiner Gesamtheit repräsentiert (Visschedijk, Terwee et al., 2015).

Dies wird durch die Erkenntnis bekräftigt, dass im häuslichen Umfeld lebende Ältere trotz eines niedrigen objektiven, motorischen Sturzrisikos starke sturzbezogene Bedenken berichteten und somit ihr subjektives Sturzrisiko als hoch einschätzten

(Delbaere et al., 2010). Diese Diskrepanz spiegelt eine maladaptive Sturzangst wieder, als dessen wesentliches Charakteristikum stark ausgeprägte Angstsymptome gelten (Adamczewska & Nyman, 2018).

Hinsichtlich der Identifikation von Sturzangst und sturzbezogener Bedenken bedeutet dies, dass neben dem Short FES-I auch psychologische Korrelate in Assessments in einer frühen Phase der Rehabilitation Beachtung finden sollten. Denn diese erleichtern die Identifikation dysfunktionaler Muster der Emotionsregulation und geben somit Hinweise auf ein hohes Maß an Ängstlichkeit und somit einer strikten Vermeidung von angstassoziierten Aktivitäten. Einschätzungen zu sturzbezogenen Bedenken oder Stürzen bei Hüft-/Beckenfrakturen sollten deshalb immer in Bezug auf das tatsächliche objektive Sturzrisiko sowie die Aktivitätsvermeidung infolge einer Angstreaktion überprüft werden.

Die vorliegende Studie gibt über das Assessment hinaus auch wichtige Implikationen für die Behandlung von Sturzangst während der Rehabilitation. Geriatrische Patienten sollten während der Rehabilitation dabei unterstützt werden, ihr Sturzrisiko realistisch und kontextspezifisch einschätzen zu können, sodass sie in situationsspezifischen Handlungsweisen gestärkt werden. Dazu gehört u. a. die Verwendung von Hilfsmitteln oder das Rufen von personeller Unterstützung in sturzrisikanten Situationen sowie das Erlernen des Umgangs mit sturzassoziierten Ängsten, wodurch bspw. die Sturzraten während der Hospitalisierung gesenkt werden können (Hill et al., 2015).

4.2. Manuskript II

Abel, B., **Eckert, T.**, Pomiersky, R., Dautel, A., Schäufele, M., Pfeiffer, K. & Hauer, K. (in press). From Geriatric Inpatient Rehabilitation into the Home Environment: Cognitively Impaired Persons after Hip Fracture. *Journal of Rehabilitation Medicine*.

Hintergrund und Fragestellung:

Spezifische Rehabilitationsprogramme sind wirksam, die motorische Leistungsfähigkeit von geriatrischen Patienten zu steigern (Allen et al., 2012). Jedoch ist die Nachhaltigkeit des Rehabilitationserfolges insbesondere bei Personen nach erlittener Hüftfraktur und zusätzlicher kognitiver Einschränkung bedroht, da lediglich 40-70% das Ausgangsniveau der funktionellen Unabhängigkeit vor der Fraktur wieder erreichen (Dyer et al., 2016). Folglich sind sie einem erhöhten Risiko der Institutionalisierung ausgesetzt (Tarazona-Santabalbina et al., 2015). Allerdings existiert derzeit ein Mangel an Beobachtungsstudien, welche den Entwicklungsverlauf des motorischen Status und wichtiger psychosozialer Determinanten des Rehabilitationserfolgs wie der Sturzangst fokussieren.

Deshalb verfolgt diese längsschnittliche Beobachtungsstudie die Ziele a) die Entwicklung des motorischen Status und psychosozialer Merkmale in der Übergangsphase zwischen stationärer Rehabilitation und häuslichen Umfeld zu erfassen und b) mögliche Determinanten für Veränderungen der motorischen Kapazität zu bestimmen.

Methodik:

Diese Studie nutzt Längsschnittdaten vor dem Interventionsbeginn der randomisierten, kontrollierten Studie *PROFinD2*. Studienteilnehmer waren im häuslichen Umfeld oder in betreutem Wohnen lebende ältere Personen mit milder bis moderater kognitiver Einschränkung (Mini-Mental State Examination [MMSE]: 17-26; Folstein et al., 1975). Weitere Einschlusskriterien waren die Gehfähigkeit von 4 Metern mit oder ohne Hilfsmittel, Absenz eines Deliriums, Wohnort ≤ 50 km Distanz vom Studienzentrum und das schriftliche Einverständnis der TN.

Die Messungen wurden innerhalb weniger Tage vor der Entlassung aus der stationären Rehabilitation (T0) und im häuslichen Umfeld der TN (T1) durchgeführt. Eine nähere Beschreibung des Studiendesigns, der Intervention und der Erhebungsmethodik kann dem Studienprotokoll entnommen werden (Dautel et al., 2019). Die Endpunkte der Studie waren der mittels SPPB ermittelte motorische Status (Summenwert von 0-12, Werte der Subtests von Gleichgewicht [0-4], Gehen [0-4],

Aufstehen [0-4], Geh-geschwindigkeit in m/s, Zeit des Five Chair Rise Test in s; Guralnik et al., 1994), sturzbezogene Selbstwirksamkeit (Short FES-I; Hauer et al., 2011; Kempen et al., 2008), Sturzangst (Fear of Falling Questionnaire revised; kurz: FFQ-R; Bower et al., 2015), Depression (Montgomery-Åsberg Depression Scale; kurz: MADR-S; Montgomery & Asberg, 1979; Schmidtke et al., 1988), Schmerz (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index; kurz: WOMAC - Subskala Schmerz; Bellamy et al., 1988; Stucki et al., 1996) und gesundheitsbezogene Lebensqualität (EQ-5D-3L Index-Wert; EuroQol Group, 1990). Weitere deskriptive Variablen waren Kognition (MMSE; Folstein et al., 1975), funktioneller Status (Barthel Index; Lübke et al., 2004) und sozio-demografische Angaben (Alter, Geschlecht, Lebenssituation [alleinlebend vs. mit Unter-stützung], Inanspruchnahme medizinischer Leistungen).

Es wurden gepaarte t-Tests und Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests verwendet, um auf Unterschiede der Studienendpunkte zwischen T0 und T1 zu prüfen. Die Effektgrößen wurden als Pearson's r (klein $\geq 0,1$; mittel $\geq 0,3$; groß $\geq 0,5$) oder Cohens d (klein $\geq 0,2$; mittel $\geq 0,5$; groß $\geq 0,8$) angegeben. Zu dem Zweck, Determinanten der Veränderung des motorischen Status zwischen T0 und T1 ($SPPB_{\Delta T1-T0}$) zu identifizieren, wurden Schmerz, soziodemografische und psychosoziale Merkmale als unabhängige Variablen in ein multivariates, lineares Regressionsmodell eingeschlossen.

Ergebnisse:

Insgesamt 127 ältere Personen (Alter: $84,7 \pm 6,5$ Jahre) mit moderater kognitiver Einschränkung (MMSE-Summenwert: $22,8 \pm 2,7$) wurden in die Analysen eingeschlossen. Während der Übergangsphase von 18,5 Tagen im Median (Interquartilsabstand, kurz: IQA: 14-25) schieden 25 Personen aus der Studie aus, vorwiegend aufgrund einer Pflegeheimweisung ($n = 11$). Es konnten bei den restlichen 102 TN signifikante Verbesserungen mit schwachen bis moderaten Effektstärken des gesamten motorischen Status (T0 SPPB: $4,4 \pm 2,0$ vs. T1 SPPB: $5,2 \pm 2,4$) und der Subdomänen des Gehens und des Aufstehens beobachtet werden (p -Werte $\leq .001$). Die sturzbezogenen Bedenken hingegen nahmen nach Entlassung aus der stationären Rehabilitation zu, was sich in signifikant höheren Werten des FFQ-R ($p = .004$) und des Short FES-I ($p = .04$) zu T1 im Vergleich zu T0 äußerte. Das Niveau von Depressivität, Schmerzen und der Lebensqualität blieb hingegen unverändert (p -Werte $\geq .05$). Die Verbesserung des motorischen Status wurde begünstigt durch ein niedriges motorisches Ausgangsniveau während der Rehabilitation (Subskala Gleichgewicht; $\beta = -0.36$, $p < .001$), jüngeres Alter ($\beta = -0.41$, $p < .001$), geringe Sturzangst (FFQ-R;

$\beta = -0.28$, $p = .002$) und den Umstand allein im häuslichen Umfeld zu leben. Die aufgeklärte Varianz am veränderten motorischen Status betrug 26% ($R^2 = .26$).

Schlussfolgerung und Diskussion:

Die Ergebnisse dieser längsschnittlichen Beobachtungsstudie dokumentieren eine Verbesserung der motorischen Kapazität nach Rückkehr in das häusliche Umfeld, insbesondere bei alleinlebenden und jüngeren geriatrischen Patienten. Allerdings nahmen sturzbezogene Bedenken und die Sturzungst zu.

Diese Entwicklung einer simultanen Verbesserung der motorischen Kapazität und einer Vergrößerung der Sturzungst erscheint auf den ersten Blick widersprüchlich, da beide, insbesondere die sturzbezogene Selbstwirksamkeit und die motorische Kapazität, miteinander korreliert sind, wie dies auch in Manuskript I gezeigt wurde. Doch die Zunahme sturzbezogener Bedenken bestätigt die Ergebnisse einer früheren längsschnittlichen Studie bei Patienten mit Hüftfraktur, wonach das höchste Niveau von mittels des FES-I erhobenen sturzbezogenen Bedenken im dritten Monat nach der Operation beobachtet wurde (Visschedijk et al., 2013). Der Anstieg ist möglicherweise umwelt-bezogenen Einflüssen geschuldet: Die stationäre Rehabilitation stellt ein durch dauerhafte Supervision gekennzeichnetes Setting dar, wohingegen mit der Rückkehr ins häusliche Umfeld gerade alleinlebende Personen damit konfrontiert sind, alltägliche Tätigkeiten (die während der stationären Rehabilitation abgenommen wurden) wieder selbst ausführen zu müssen. Diese erhöhten Anforderungen können einerseits zu einer Verbesserung der motorischen Kapazität und andererseits zu erhöhten sturzbezogenen Bedenken geführt haben, da nun eine realistischere Einschätzung der eigenen motorischen Kapazität in der Alltagssituation vorgenommen wird.

Obgleich des sich verbessernden motorischen Status wird der Interventionsbedarf in der Phase unmittelbar nach der Rehabilitation durch die Ergebnisse von Manuskript II unterstrichen. Denn eine Wiederherstellung der motorischen Kapazität kann vor allem bei Personen beobachtet werden, welche jünger sind und allein in einem Haushalt leben und somit darauf angewiesen sind, ihre alltäglichen Tätigkeiten selbst zu verrichten und weniger Sturzungst während der Rehabilitation erlebten. Dies bedeutet, dass ältere Personen mit höherer Sturzungst und Angehörigen im Haushalt eine höhere Wahrscheinlichkeit aufweisen, ihre körperliche Funktionalität nicht zu verbessern und somit dauerhaft in ihrer Autonomie beschnitten zu sein.

4.3. Manuskript III

Ullrich, P., **Eckert, T.**, Bongartz, M., Werner, C., Kiss, R., Bauer, J.M. & Hauer, K. (2019). Life-space mobility in older persons with cognitive impairment after discharge from geriatric rehabilitation. *Archives of gerontology and geriatrics*, 81, 192-200. DOI: 10.1016/j.archger.2018.12.007

Hintergrund und Fragestellung:

Manuskript III erweitert das Mobilitätsverhalten um den Aspekt der räumlichen Mobilität, welche folgend durch den Terminus *Life-Space* konzeptualisiert wird. Dieser beinhaltet die Nutzung von personeller und hilfsmittelbezogener Unterstützung und wird in verschiedene Mobilitätszonen unterteilt, vom eigenen Wohnbereich bis in Gebiete außerhalb der Gemeinde reichend. Die Nutzung der Zonen gibt Aufschluss darüber, inwiefern ältere Menschen am sozialen Leben teilhaben können und ist somit ein Schlüssel für die Erhaltung der Autonomie (Rosso et al., 2013). Im theoretischen Rahmenwerk von Webber et al. (2010) wird dabei zwischen kognitiven, psychosozialen, körperlichen, umgebungsbezogenen, finanziellen sowie biografischen, soziodemo-graphischen und kulturellen Einflussfaktoren unterschieden. Eine Vielzahl von Untersuchungen fokussierte das Mobilitätsverhalten von vorwiegend körperlich robusten älteren Menschen ohne kE (Giannouli et al., 2019; Rantakokko et al., 2017; Tsai et al., 2016). Hingegen fehlen Studien zur Erhebung des LS in Zielgruppen mit einem erhöhten Risiko des Autonomieverlusts aufgrund simultaner körperlicher und kognitiver Restriktionen. Vor dem Hintergrund, effektive Trainingsmaßnahmen zur Steigerung des Mobilitätsverhaltens bei dieser Klientel zu entwerfen, ist die Identifikation von modifizierbaren Einflussmerkmalen unerlässlich.

Das Ziel der vorliegenden Studie ist es daher, modifizierbare Determinanten der räumlichen Mobilität bei geriatrischen Patienten mit kE nach Entlassung aus der stationären Phase zu identifizieren.

Methode:

Diese Querschnittsdatenstudie verwendet ebenfalls Baseline-Daten (T1) der randomisierten und kontrollierten *HeikE*-Studie. TN dieser Studie waren im häuslichen Umfeld oder in betreutem Wohnen lebende ältere Personen mit kognitiver Einschränkung gemäß einem Summenwert auf dem MMSE (Folstein et al., 1975) von 17-26 (Monsch et al., 1995). Weitere Einschlusskriterien waren die Gehfähigkeit von 4 Metern ohne Hilfsmittel, Absenz eines Deliriums, Wohnort ≤ 30 km Distanz vom Studienzentrum und das schriftliche Einverständnis der TN.

Der primäre Endpunkt dieser Studie, der Life-Space, wurde anhand eines eigens für kognitiv eingeschränkte Personen entwickelten Fragebogens, dem LSA-CI (Ullrich, Werner, Bongartz et al., 2019) erhoben. Der LSA-CI ist eine modifizierte Version des University of Alabama at Birmingham Life-Space Assessment (kurz: UAB-LSA (Baker et al., 2003)). Der LSA-CI erfasst die räumliche Mobilität in sechs verschiedenen Zonen (0 = „im eigenen Schlafzimmer“, 1 = „Wohnung“, 2 = „unmittelbare häusliche Umgebung“, 3 = „Nachbarschaft“, 4 = „Heimatgemeinde“, 5 = „unbegrenzte Gebiete“) während der vorausgegangenen Woche, die Häufigkeit der Mobilität pro Zone (1 = „1-3 Mal/Woche“, 2 = „4-6 Mal/Woche“, 3 = „täglich“) und den Grad der Unterstützung (1 = „Hilfe einer anderen Person“, 1,5 = „Verwendung von Hilfsmitteln ohne personelle Unterstützung“, 2 = „keine Unterstützung“). Aus Multiplikation der Frequenz und der Häufigkeit wurde für jede Zone ein Life-Space-Wert ermittelt. Durch Addition der einzelnen Zonen-Werte wurde der LSA-CI-Gesamtwert gebildet, dessen Bandbreite von 0 (maximale Immobilität) bis 90 (maximale Unabhängigkeit) reicht.

Weiter wird durch das Bilden von *Subscores* gemäß dem Grad der in Anspruch genommenen Unterstützung differenziert (Spanne: 0-5): a) Maximal erreichte Life-Space-Zone mit hilfsmittelbezogener und/oder personeller Unterstützung (*maximaler Life-Space*); b) Erreichte Life-Space-Zone mit hilfsmittelbezogener, aber ohne personeller Unterstützung (*hilfsmittelbezogener Life-Space*); c) Erreichte Life-Space-Zone ohne Zu-hilfenahme von hilfsmittelbezogener und/oder personeller Unterstützung (*unabhängiger Life-Space*).

Die Determinanten des Life-Space umfassten den motorischen Status, psychosoziale, demografische und klinische Charakteristika. Der motorische Status wurde mit der SPPB (Guralnik et al., 1994) und dem TUG (Podsiadlo & Richardson, 1991) ermittelt. Zu den psychosozialen Variablen zählten das Sturzvermeidungsverhalten (Landers et al., 2011), die sturzbezogene Selbstwirksamkeit (Short FES-I; Hauer et al., 2011; Kempen et al., 2008), Depression (Geriatric Depression Scale [GDS]; (Yesavage et al., 1982), Apathie (Apathy Evaluation Scale – Clinical Version [AES-C]; (Marin, 1990) und die soziale Unterstützung (Erhebungsbogen Soziale Situation [SOS]; (Nikolaus et al., 1994). Des Weiteren wurden demografische (Alter, Geschlecht, Bildungsniveau) sowie klinische Merkmale (Sturzbiografie in den letzten 12 Monaten, Anzahl Diagnosen, Anzahl Medikamente) mittels der Patientenakten und eines standardisierten Interviews erhoben.

Auf Basis des theoretischen Modells von Webber et al. (2010) wurde mittels linearer Regressionen geprüft, inwiefern der LSA-CI-Gesamtwert von modifizierbaren klinischen, psychosozialen und motorischen Parametern, adjustiert auf soziodemografische Merkmale, beeinflusst wird. In einem zweiten Modell wurde zudem

die körperliche Aktivität (Schrittzahl) als verhaltensbezogene unabhängige Variable eingeschlossen. Als Kriterium für die Aufnahme in die multivariaten Regressionsanalysen, wurden die potenziellen Determinanten mit einer signifikanten bivariaten Korrelation nach Spearman ($p < .05$) mit dem LSA-CI-Gesamtwert eingeschlossen.

Ergebnisse:

Basierend auf Angaben von 117 TN (Ausschluss eines TN wegen unrealistischer Aussagen und Desorientierung), betrug der mittlere LSA-CI-Gesamtwert $23,9 \pm 13,2$. Dies indiziert im Angesicht des Maximums von 90 Punkten einen sehr eingeschränkten Life-Space. Die weitere Analyse der Subskalen zeigte erhebliche Unterschiede in Abhängigkeit vom Grad der Unterstützung. Die im Mittel erreichte Life-Space-Zone, die mithilfe aller Formen der Unterstützung erreicht wurde (maximaler Life-Space), lag mit $3,7 \pm 1,2$ Punkten zwischen der Nachbarschaft (Life-Space-Zone = 3) und der Gemeinde (Life-Space-Zone = 4). Mit Entzug der personellen Unterstützung reduzierte sich der Life-Space um eine Zone ($-1,1 \pm 1,3$), sodass die TN im Mittel (hilfsmittelbezogener Life-Space = $2,5 \pm 1,2$) lediglich ein Gebiet zwischen der unmittelbaren Umgebung des Hauses (Life-Space-Zone = 2) und der Nachbarschaft (Life-Space-Zone = 3) erreichten. Deziidierter dargestellt, war mehr als die Hälfte der Stichprobe ($n = 70$; 60%) an die unmittelbare häusliche Umgebung gebunden (Life-Space-Zone ≤ 1), wenn lediglich auf Hilfsmittel und nicht auf personelle Unterstützung zurückgegriffen werden konnte. Ohne Zuhilfenahme von Hilfsmitteln und personeller Unterstützung (unabhängiger Life-Space), verließen die TN im Mittel nicht die eigene Wohnung (Life-Space-Zone = 1; unabhängiger Life-Space = $1,1 \pm 1,4$), wobei lediglich 18 TN (15%) Gebiete außerhalb der unmittelbaren häuslichen Umgebung (LSA-CI- $I \geq 3$) erreichen konnten.

Die Ergebnisse der Regressionsanalysen zeigten eine Varianzaufklärung von 36% ($R^2 = .36$) durch die unabhängigen Variablen von Kognition, motorischem Status, sozialen Aktivitäten, sturzbezogenen Bedenken (Short FES-I) und sturzbezogenem Vermeidungsverhalten (FFABQ) sowie soziodemografischen Variablen (z. B. Alter, Geschlecht, Wohnsituation). Dabei war ein besserer motorischer Status am stärksten mit einem höheren Life-Space assoziiert ($\beta = .34$, $p < .01$). Männer ($\beta = .22$, $p < .01$) sowie Personen mit einer höheren Anzahl sozialer Aktivitäten ($\beta = .30$, $p < .01$) wiesen ebenfalls einen höheren Life-Space auf. Für sturzbezogene Bedenken und Vermeidungsverhalten, Kognition und die weiteren demografischen Variablen konnten in den multivariaten Modellen keine Zusammenhänge mit Life-Space nachgewiesen werden ($p > .05$). Unter Einschluss der Schrittzahl als Repräsentant der kA wurden

insgesamt 42% der Varianz des Life-Space aufgeklärt ($R^2 = .42$), wobei TN mit einer hohen täglichen Schrittzahl auch eine hohe räumliche Mobilität aufwiesen ($\beta = .27$, $p < .01$). In diesem erweiterten Modell blieb der signifikante Einfluss des Geschlechts, der sozialen Aktivitäten und des motorischen Status bestehen (p -Werte $< .05$).

Schlussfolgerung und Diskussion:

Die Ergebnisse von Manuskript III offenbaren eine stark eingeschränkte räumliche Mobilität bei gebrechlichen älteren Menschen sowie eine hohe Abhängigkeit von personeller Unterstützung zur Teilnahme an außerhäuslichen Aktivitäten.

Dass mehr als jeder zweite geriatrische Patient nach Entlassung aus der Rehabilitation auf personelle Unterstützung angewiesen ist, um die eigene Nachbarschaft zu erreichen, wie etwa den Gang zur Apotheke oder zum Wochenmarkt, verdeutlicht die beschnittene Selbstständigkeit der Betroffenen. Denn die Abhängigkeit von Angehörigen geht oftmals mit unerfüllten Bedürfnissen des Transports einher (Cvitkovich & Wister, 2001) und schränkt folglich die Möglichkeiten der sozialen Teilhabe (Szanton et al., 2016) sowie die Lebensqualität ein (Rantakokko et al., 2016). Um die negative Kaskade des funktionellen Abbaus, des Verlusts von Mobilität, Autonomie und sozialer Teilhabe zu stoppen (Portegijs et al., 2014), sind Maßnahmen zur Steigerung des motorischen Status unabdingbar, da die motorische Kapazität die wichtigste modifizierbare Determinante der räumlichen Mobilität in dieser Zielgruppe darstellte. Die vorliegenden Ergebnisse wiesen aus, dass Frauen eher von einer reduzierten räumlichen Mobilität betroffen sind als Männer, sodass eine geschlechtsspezifische Gestaltung von Interventionen in Betracht gezogen werden sollte.

Entgegen existierender Erkenntnisse aus Studien mit Personen ohne kE wurde in den vorliegenden Regressionsanalysen kein negativer Einfluss der Kognition auf den Life-Space identifiziert. Dies bedeutet, dass die allgemeine Kognition an sich keine Barriere für kA (Stubbs et al., 2014) und Mobilität bei Menschen mit kE darstellt und somit diese potenziell im gleichen Maße von individualisierten Trainingsmaßnahmen profitieren, wie kognitiv intakte ältere Menschen.

4.4. Manuskript IV

Eckert, T., Bongartz, M., Ullrich, P., Abel, B., Werner, C., Kiss, R., & Hauer, K. (2020). Promoting physical activity in geriatric patients with cognitive impairment after discharge from ward-rehabilitation: a feasibility study. *European Journal of Ageing*, 1-12. DOI: 10.1007/s10433-020-00555-w

Hintergrund und Fragestellung:

Eine hohe Adhärenz an strukturiertes körperliches Training ist ein wesentlicher Schlüssel für den nachhaltigen Erfolg poststationärer Rehabilitationsmaßnahmen (Fairhall et al., 2012; Taylor et al., 2017). Gefährdet wird dieser durch erhebliche gesundheitliche Probleme (Fairhall et al., 2012), was wiederum zu einer Abnahme der Adhärenz über den Interventionsverlauf führt (Taylor et al., 2019). Das Vorliegen einer kognitiven Einschränkung stellt eine zusätzliche Barriere zu regelmäßigem körperlichen Training und Aktivität in der poststationären Phase dar (Moseley et al., 2009). Aus diesem Grund sind demenzspezifische Rehabilitationskonzepte erforderlich, die eine Integration des körperlichen Trainings in den Alltag ermöglichen und durch die Implementierung motivationaler Strategien auf eine dauerhafte Verhaltensänderung hinwirken (Heyn et al., 2004). Die Evidenz zur Wirksamkeit motivationaler Strategien auf kA ist limitiert und wurde in zwei narrativen Reviews zusammengefasst (Nyman et al., 2018; van der Wardt et al., 2017). Diese berichten insbesondere von positiven Effekten des Setzens von Zielen und der sozialen Unterstützung, wobei insbesondere auch die Art der Kommunikation im Rahmen einer professionellen Unterstützung („use of credible source“) von Bedeutung für das Ausmaß der kA ist.

Vor Überprüfung der klinischen Effekte einer neuen therapeutischen oder rehabilitativen Maßnahme ist es essentiell, die Umsetzbarkeit („feasibility“) des neu einzuführenden Interventionsprogramms zu evaluieren (Bowen et al., 2009). Dazu gehören im Fall eines Programms zur Förderung der kA die Adaptation des Trainings und der motivationalen Strategien in den Alltag im Sinne der Adhärenz (► [Kapitel 2.6](#)) sowie die Akzeptanz des Programms in der Zielgruppe. Auf diesem Weg können die den möglichen Effekten auf kA zugrundeliegenden Mechanismen näher betrachtet und umsetzbare Strategien der Verhaltensänderung identifiziert werden.

Das Ziel dieser Studie war es daher, die Umsetzbarkeit, die Adhärenz über den Interventionsverlauf sowie die Akzeptanz des auf einem motivationspsychologischen Ansatz basierenden Heimtrainings bei Menschen mit kE nach Entlassung aus der stationären geriatrischen Rehabilitation zu untersuchen.

Methoden:

Untersucht wurden die Teilnehmer der Interventionsgruppe ($n = 63$) der *HeiKE*-Studie. Das 12-wöchige Heimtraining enthält a) ein durch die TN selbstständig ausgeführtes, progressives und individualisiertes körperliches Training zur Schulung des Gleichgewichts, zur Kräftigung der unteren Extremitäten und des Gehens und b) demenzspezifische motivationale Strategien zur Förderung von kA im Alltag. Basierend auf der Theorie des geplanten Verhaltens (Ajzen, 1991) wurden folgende neun evidenz-basierte motivationale Strategien (Abraham & Michie, 2008) in hierarchischer Form integriert und an die Bedürfnisse von Menschen mit kE angepasst:

1. Wissensvermittlung zum Nutzen von regelmäßiger körperlicher Aktivität (vermittelt durch Trainer, Manual)
2. Aufforderungen zu kA, eingebettet in ein demenzspezifisches Kommunikationskonzept (Oddy, 1987)
3. Anleitung zur Ausführung des körperlichen Trainings (Hausbesuche, Poster)
4. Progressive Aufgabenstellung (Anpassung der Intervention an Bedürfnisse und funktionale Fähigkeiten)
5. Setzen von inner- und außerhäuslichen Aktivitätszielen durch ein strukturiertes Vorgehen; Planung & Umsetzung eines Gehparcours in häuslicher Umgebung
6. Selbstbeobachtung des Aktivitätsverhaltens via Pedometer
7. Regelmäßige Überprüfung der Ziele (Schrittzähler, Trainingstagebuch)
8. Identifizierung von Barrieren und Ansätzen zur Problemlösung (Hausbesuche, Telefonanrufe)
9. Feedback und positive Verstärkung (Telefonanrufe, Hausbesuche)

Diese neun spezifischen Motivationsstrategien wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit zu den drei zentralen Motivationskomponenten *Setzen von Zielen*, *Selbstbeobachtung* und *soziale Unterstützung* zusammengefasst.

Um die Teilnehmer in den *Zielsetzungsprozess* einzubeziehen, wurde eine modifizierte Version der *Talking Mats Methode* durchgeführt (Murphy et al., 2005). Dieses semi-strukturierte Messinstrument ist bei Menschen mit kE und limitierten kommunikativen Fähigkeiten validiert. Es ermöglicht die Identifikation von individuell bedeutsamen innerhäuslichen (Kochen, Selbstpflege, Duschen) und außerhäuslichen (Gartenarbeit / Briefkasten; Arzt / Apotheke; Lebensmittelgeschäft / Bäckerei / Post; selbst formulierte Aktivität) Aktivitätszielen.

Der Transfer der gesetzten Ziele sollte mithilfe eines individuell an die motorischen Fähigkeiten angepassten Gehparcours in häuslicher Umgebung gelingen, welcher in Kooperation vom TN mit dem Trainer geplant und realisiert wurde. Für die *Selbst-*

beobachtung der eigenen Aktivität erhielten die TN ein einfach anwendbares Pedometer (YAMAX Digiwalker CW 700) und sollten somit zu einer Steigerung der kA motiviert werden. Die *soziale Unterstützung* wurde im Rahmen von fünf Hausbesuchen und wöchentlichen Telefonanrufen durch geschulte Sportwissenschaftler vermittelt, sodass die Trainingsprogression und die Adhärenz professionell supervidiert wurde (Strategien: 1-4, 7-9). Als zusätzliche Option der sozialen Unterstützung konnten die TN freiwillig an einer zentrumsbasierten, einmal wöchentlich stattfindenden Sportgruppe teilnehmen.

Die primären Endpunkte dieser Studie waren a) die Umsetzbarkeit der Zielsetzung und der sozialen Unterstützung, b) die Adhärenz an das körperliche Training, die motivationalen Strategien der Zielsetzung sowie die Selbstbeobachtung via Pedometer und c) die vom Patienten bewertete Durchführbarkeit und Wirksamkeit des Programms.

Die Umsetzbarkeit der Zielsetzung wurde als Anteil von Teilnehmern (in %) definiert, die jeweils mindestens ein inner- und außerhäusliches Aktivitätsziel identifizieren konnten. Die Adhärenz an das körperliche Training und die motivationalen Strategien wurde über den 12-wöchigen Interventionsverlauf von jedem TN mittels Trainings-tagebuch in Kalenderformat dokumentiert und operationalisiert als das Verhältnis von *Anzahl der ausgeführten Trainingseinheiten / Anzahl der maximal möglichen Trainingseinheiten* in %. Diese Raten wurden zu Beginn (Woche 2) und Ende (Woche 12) sowie über den gesamten Interventionsverlauf berichtet.

Nach Beendigung der Intervention füllte jeder TN einen eigens zur Akzeptanz der einzelnen Programmkomponenten konstruierten Fragebogen (Training, außerhäusliches Gehen, Selbstbeobachtung via Pedometer, Setzen von Gehzielen, Trainings-gruppe, Hausbesuche, Telefonanrufe) aus. Die zwei Subskalen der wahrgenommenen Umsetzbarkeit („Konnten Sie das Pedometer nutzen?“) und Effektivität („War die Nutzung des Pedometers hilfreich, um sich zu verbessern?“) wurden auf einer 4-stufigen Likert-Skala (1 = „nicht“, 2 = „eher nicht“, 3 = „eher ja“, 4 = „ja“) erfasst. Die Umsetz-barkeit / Effektivität für die jeweilige Programmkomponente wurde definiert als der Anteil an Personen mit einem Wert ≥ 3 (in %).

Ergebnisse:

Insgesamt 63 Personen im Alter von $82,2 \pm 5,8$ Jahren und mit moderater kognitiver Einschränkung (MMSE-Summenwert = $23,3 \pm 2,7$) nahmen am individualisierten Heimtrainingsprogramm teil. Dieses wurde von 54 Personen beendet. Die Hauptgründe für den Drop-Out ($n = 9$) waren Tod, sturzbezogene Frakturen und andere

schwerwiegende medizinische Ereignisse. Drei weitere Personen wurden aus den Analysen zur Adhärenz aufgrund eines eingeschränkten Visus, fehlender Sprachkompetenz ohne externe Unterstützung und Verlust des Trainingstagebuchs ausgeschlossen.

Bei den Personen mit abgeschlossener Teilnahme fanden fünf Hausbesuche (IQA = 5-5) und neun Telefonanrufe (IQA = 8-10) statt. Die Identifikation von Aktivitätszielen war für 62 TN umsetzbar. Die mittleren Adhärenzraten über den gesamten Interventionszeitraum lagen bei $63,6 \pm 33,8\%$ für das körperliche Training, $57,9 \pm 35,2\%$ für außerhäusliches Gehen, $40,1 \pm 38,5\%$ für die Erreichung von Gehzielen und $60,1 \pm 37,7\%$ zur Selbstbeobachtung via Pedometer. Insbesondere zu Beginn des Interventionsprogramms konnten mittlere bis hohe Adhärenzraten an die einzelnen Programmkomponenten nachgewiesen werden, wobei es zu Reduktionen über den Interventionsverlauf kam (Woche 2: 43,4 bis 76,8%, Woche 12: 36,1 bis 51,5%,

p -Werte $< .019$). Die Ergebnisse zur Akzeptanz des Programms zeigten, dass ein Großteil der Patienten insbesondere die Hausbesuche (90,6%) und Telefonanrufe (79,2%) als effektiv bewerteten³. Das körperliche Training wurde sowohl als gut umsetzbar (83,0%) als auch als effektiv eingestuft (78,3%). Die geringste Quote der Umsetzbarkeit wurde für die Trainingsgruppe beobachtet (11,3%).

Schlussfolgerung und Diskussion:

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen die erfolgreiche Umsetzung eines Heimtrainings zur Förderung von kA bei kognitiv und körperlich eingeschränkten hochaltrigen Er-wachsenen nach Entlassung aus der stationären Rehabilitation. Für alle Programm-komponenten wurde eine hohe Akzeptanz der TN beobachtet, welche mit einer initial hohen Adhärenz an das körperliche Training, an das außerhäusliche Gehen sowie an die motivationalen Strategien der Zielsetzung und der Selbstbeobachtung einherging.

Dies ist die erste Studie, welche die Adhärenz an spezifische motivationale Strategien in einer geriatrischen Population mit kE analysiert. Es wird erstmalig empirisch nachgewiesen, dass eine autonome Ausführung körperlichen Trainings auf Basis der Adaptation motivationaler Strategien innerhalb dieser Zielgruppe möglich ist. Bisher fand dies nur in weniger vulnerablen Zielgruppen statt, bei welchen lediglich eine milde kE oder subjektive Gedächtnisbeschwerden berichtet wurden (Cox et al., 2013; Dannhauser et al., 2014; Suzuki et al., 2013).

³ Die Umsetzbarkeit von Telefon-Anrufen und Hausbesuchen wurde nicht erfragt, da diese Komponenten vom Trainer angeleitet wurden und nicht deren selbstständige Umsetzung beinhalteten.

Für die Selbstbeobachtung zeigte sich insbesondere zu Beginn eine hohe Adhärenz, wodurch sich der Einsatz von einfach handhabbaren Schrittzählern zur Steigerung der Motivation als umsetzbar erwies. Ebenfalls wurde die Umsetzbarkeit eines demenz-spezifischen und strukturierten Vorgehens zur Identifikation von Zielen nachgewiesen. Die im Vergleich wesentlich niedrigere Quote an erreichten Gehzielen zeigt wiederum die Schwierigkeit auf, die Intention zu kA regelmäßig in tatsächliches Verhalten um-zusetzen. Dies gilt insbesondere für jene Patienten mit einem hohen Maß an gesund-heitlichen Beeinträchtigungen (Fairhall et al., 2012).

Die Bedeutung professioneller Unterstützung wird anhand des vorliegenden Manuskripts hervorgehoben, da die durch Sportwissenschaftler ausgeführten Hausbesuche und Telefonanrufe besonders geschätzt wurden. Diese Erkenntnis bekräftigt zudem die Vorteile eines heimbasierten Trainingsansatzes im Vergleich zu einem zentrumsbasierten Gruppentraining, an welchem in der Stichprobe mehrfach eingeschränkter Patienten kaum teilgenommen wurde. Heimtrainingsprogramme sind flexibel in die täglichen Routine älterer Menschen zu integrieren und erleichtern somit den Zugang zu körperlichem Training (Suttanon et al., 2013).

Die umfangreichen Analysen der Adhärenz und Akzeptanz belegen die Umsetzbarkeit eines motivationspsychologischen Konzepts zur Förderung selbstständig ausgeführter kA nach Entlassung aus der stationären Rehabilitation.

4.5. Manuskript V

Eckert, T., Wronski, P., Bongartz, M., Ullrich, P., Abel, B., Kiss, R., Wensing, M., Koetsenruijter, J. & Hauer, K. (under review). Cost-effectiveness and cost-utility of a home-based exercise program in geriatric patients with cognitive impairment. *Gerontology*.

Hintergrund und Fragestellung:

Gesundheitsökonomische Evaluationen von neu einzuführenden rehabilitativen Maßnahmen sind von hoher Bedeutung für eine effiziente Verteilung von Ressourcen (Drummond et al., 2015). Dies gilt im Speziellen für Zielgruppen mit einem hohen Versorgungsbedarf, wie geriatrische Patienten nach Entlassung aus der stationären Rehabilitation (Farag et al., 2016). Gerade jene Patienten mit einer niedrigen motorischen Kapazität und einer zusätzlichen kognitiven Einschränkung bedürfen einer hohen formellen und informellen Versorgung, welche mit erheblichen Kosten einhergeht (Brettschneider et al., 2018; Hajek et al., 2015).

Poststationäre Trainingsmaßnahmen unserer Arbeitsgruppe zeigten, dass körperliche Trainingsmaßnahmen klinisch wirksam sind, den motorischen Status und die körperliche Aktivität bei Menschen mit kE zu steigern (Hauer et al., 2012; Hauer et al., 2017). Allerdings stehen Bewertungen der Kosteneffektivität poststationärer Trainingsprogramme in dieser vulnerablen Zielgruppe aus (Smith et al., 2020). Gegenstand gesundheitsökonomischer Evaluationen waren bisher vorwiegend Sturzpräventionsprogramme bei robusten älteren Populationen (Olij et al., 2018).

Die in diesen Studien verwendete Methodik zeigt mit Hinblick auf die verwendeten Studienendpunkte und Kalkulationsmethoden eine hohe Varianz. Als der Goldstandard für das Maß der Kosteneffektivität von therapeutischen / rehabilitativen Interventionen gilt der durch die Maßnahme erzielte Gewinn an lebensqualitätskorrigierten Lebensjahren (*quality-adjusted life years*, kurz: QALYs). Das QALY-Konzept, folgend als *Kosten-Nutzwert* bezeichnet, ermöglicht somit auch indikations- und zielgruppenübergreifende Vergleiche der Kosteneffektivität. Jedoch ist die Evidenz für einen zusätzlichen Gewinn pro QALY durch körperliches Training in diversen älteren Populationen uneinheitlich (Nickel et al., 2018; Olij et al., 2018). Der Ansatz, spezifische klinische Surrogatmarker als Referenzmaß für Kosteneffektivität heranzuziehen, zeigte sich in zwei poststationären Rehabilitationsprogrammen bei kognitiv intakten Personen (Fairhall et al., 2015; Farag et al., 2015) und einer Trainingsstudie bei Menschen mit kE (D'Amico et al., 2016) als vielversprechend.

In der vorliegenden Studie wird deshalb die gesundheitsökonomische Evaluation der *HeikE*-Interventionsstudie vorgestellt. Das primäre Ziel der Studie ist die Bewertung der Kosteneffektivität des heimbasierten Trainingsprogramms bezüglich der Steigerung des motorischen Status im Vergleich zur Kontrollgruppe. Das sekundäre Ziel ist die Bestimmung des Kosten-Nutzwerts im Sinne eines Gewinns an QALYs.

Methoden:

Die vorliegende ökonomische Evaluation wurde auf Basis der doppelt-verblindeten, randomisierten, kontrollierten *HeikE*-Trainingsstudie durchgeführt und umfasst den gesamten Studienzeitraum von 24 Wochen.

Die primären Endpunkte waren der motorische Status (SPPB-Summenwert), die gesundheitsbezogene Lebensqualität (EQ-5D-3L) und die Kosten, sich zusammensetzend aus Interventions- und Gesundheitskosten. Diese wurden vor Beginn der Intervention (T1), nach 12-wöchiger Intervention (T2) und nach einer Beobachtungsperiode von weiteren 12 Wochen (T3) erhoben. Nach der Baseline-Messung wurden die Teilnehmer (TN) randomisiert einer Interventionsgruppe (IG) und einer Kontrollgruppe (KG) zugeteilt. Die TN der IG erhielten das bereits beschriebene Heimtrainingsprogramm (► [Manuskript IV](#)), während die TN der KG an einer unspezifischen und ebenfalls heim-basierten Hockergymnastik (Placebo-Kontrolle) partizipierten. TN beider Gruppen hatten während der gesamten Untersuchungsperiode Zugang zur regulären Gesundheitsversorgung. Da die Hockergymnastik nicht spezifisch auf eine Steigerung der primären Studienendpunkte abzielte, wurden die Kosten der KG nicht berechnet, um einen möglichen artifiziell erzeugten Effekt auf die Kosteneffektivität auszuschließen. Da die Einschlusskriterien sowie die Erhebung des motorischen Status bereits in den Manuskripten III und IV beschrieben wurden, werden folgend a) die Messung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität und des gesundheitsbezogenen Ressourcenverbrauchs und b) die Kalkulation der Interventions- und Gesundheitskosten, der QALYs, der inkrementellen Kosteneffektivität und des inkrementellen Kosten-Nutzwerts dargestellt.

Die gesundheitsbezogene Lebensqualität wurde mit dem EQ-5D-3L (EuroQol Group, 1990) ermittelt, der fünf Aspekte von Gesundheit erfasst: 1) Mobilität, 2) Selbstpflege, 3) Tägliche Aktivitäten, 4) Schmerz / körperliche Beschwerden, 5) Angst / Nieder-geschlagenheit. Die Antwortkategorien sind: 1 = „keine Probleme“, 2 = „einige oder mittelschwere Probleme“ und 3 = „schwere oder extreme Probleme“. Die Antwortkombination zu den fünf Dimensionen wird in einen eindimensionalen Indexwert transferiert. Dieser basiert auf den Präferenzen einer repräsentativen Stichprobe der deutschen Bevölkerung (Greiner et al., 2005). Der Wert 0 repräsentiert

den Tod, während 1 den Zustand vollständiger Gesundheit beschreibt. Den während des Interventionszeitraums verstorbenen Personen wurden nach dem Tod null Kosten und null Effekte zugeschrieben. Mittels linearer Interpolation der EQ-5D-3L Indexwerte wurden für jeden Patienten QALYs für den Interventionszeitraum berechnet (Manca et al., 2005).

Die kalkulierten Kosten umfassen die Aufwendungen für die Implementierung des Trainingsprogramms (*Interventionskosten*) sowie die Kosten, welche anhand des gesundheitsbezogenen Ressourcenverbrauchs (*Gesundheitskosten*) angefallen sind. Alle entstandenen Kosten wurden auf Basis des Verbraucherpreisindex des Statistischen Bundesamts auf das Jahr 2016 inflationiert (Statistisches Bundesamt, 2018).⁴ Die Interventionskosten setzen sich zusammen aus variablen Kosten, basierend auf der Aufwendung für das Personal (Dauer und Frequenz an Hausbesuchen, Fahrten, Telefonanrufen), und fixen Kosten (Pedometer, Manual, Poster). Die variablen Kostenkategorien wurden auf Basis der Lohnkosten für Physiotherapeuten gemäß dem Tarifvertrag für den Öffentlichen Dienst (TVÖD 9b / 2; (Entgelttabellen Öffentlicher Dienst, 2015)), unter Berücksichtigung eines Lohnnebenkostenniveaus von 28%, berechnet. Die Kalkulation der Fahrtkosten fand auf Grundlage der steuerlich absetzbaren Fahrtkostenpauschale von 0,30 € / Kilometer statt (§ 9 Abs. 1 Nr. 4 EStG).

Der gesundheitsbezogene Ressourcenverbrauch wurde mittels des Fragebogens zur Inanspruchnahme medizinischer und nichtmedizinischer Leistungen im Alter (FIMA) (Seidl et al., 2015) erhoben. Der FIMA beinhaltet einen retrospektiven Zeithorizont von drei Monaten und umfasst stationäre Behandlungen (Akutkrankenhaus, Intensivstation, stationäre Rehabilitation), ambulante medizinische Leistungen einschließlich ambulanter Operationen (z. B. Allgemeinarzt, Orthopäde, Urologe), ambulante Therapien (Physiotherapeut, Ergotherapeut, Logopäde, Podologe), Hilfsmittel (z. B. Gehhilfen, Badelift), stationäre und ambulante Pflege (Körperpflege, Haushalt) und informelle Pflege. Wenn der Patient keine verlässlichen Informationen über die Inanspruchnahme der Gesundheitsleistungen geben konnte, wurden die standardisierten Interviews mit den jeweiligen Pflegepersonen durchgeführt.

Die ökonomische Evaluation wurde aus einer gesellschaftlichen Perspektive durchgeführt, so dass auch Aufwendungen für informelle Pflege berücksichtigt wurden. Für die monetäre Bewertung der in Anspruch genommenen Gesundheitsleistungen wurden empirisch gewonnene und standardisierte Bewertungssätze verwendet (Bock et al.,

⁴ Es fand keine Abzinsung der Kosten aufgrund des kurzen Zeithorizonts (24 Wochen) statt. Indirekte Kosten wurden ebenfalls nicht berücksichtigt, da sie für die Stichprobe geriatrischer Patienten als irrelevant eingestuft wurden.

2015). Da für die Aufwendung der informellen Pflege keine standardisierten Bewertungssätze verfügbar waren, wurde der durchschnittliche Lohn von Pflegekräften zur Betreuung älterer Menschen gemäß dem Register des Statistischen Bundesamtes als

Referenz herangezogen (Statistisches Bundesamt, 2016).

Es wurden multiple Imputationen (*Multiple Imputation with chained equations*, kurz: *MICE*) mit der Methode des *Predictive Mean Matching*⁵ durchgeführt, um fehlende Werte bezüglich der Effektmaße (SPPB-Summenwert, EQ-5D-3L Indexwert) und der Kosten zu ersetzen, adjustiert an die Kovariate Alter, Geschlecht, Gruppenzugehörigkeit, Lebenssituation, Pflegegrad, Sturzstatus sowie an die Baseline-Werte des SPPB und EQ-5D3-L Indexwerts. Es wurden 20 Imputationen vorgenommen, welche anschließend gemäß der Rubin'schen Regel zusammengefasst wurden.

Da keine Normalverteilung der Kosten angenommen wurde, wurden allgemeine lineare Modelle (GLM) mit Gammaverteilung und Log-Link-Funktion berechnet, um sie auf Kostenunterschiede zwischen IG und KG zu T2 und T3 zu testen. Der *Net Monetary Benefit-Ansatz* (NMB) wurde angewendet, um das inkrementelle Kosten-Nutzen-Verhältnis durch das heimbasierte Training im Vergleich zur Kontrollgruppe hinsichtlich a) einer klinisch relevanten Verbesserung der motorischen Leistung von einem Punkt des SPPB-Summenwerts (Perera et al., 2006) und b) einem Gewinn an QALYs zu berechnen. Der NMB beschreibt den Zugewinn an gesundheitsbezogenen Effekten einer Intervention ($SPPB_{\Delta T3-T1}$; QALY) abzüglich der Kosten (K_i), der gemessen an einer spezifischen Zahlungsbereitschaft (*Willingness to pay*, kurz: WTP) für einen Punkt auf dem SPPB respektive für einen QALY erzielt wird. Für jeden Patienten werden die individuellen NMB-Werte (für SPPB und QALY) mit folgenden Formeln berechnet:

$$NMB_i = SPPB_{i \Delta T3-T1} \times WTP - K_i \qquad NMB_i = QALY_i \times WTP - K_i$$

Die individuellen NMB-Werte werden für die jeweiligen Gruppen (IG und KG) aufsummiert und dann mittels des inkrementellen NMB (INMB) verglichen. Die Behandlungsalternative mit dem höheren NMB-Wert wird als kosteneffektivere Maßnahme angesehen. Die Signifikanz der Gruppenunterschiede hinsichtlich der inkrementellen NMB-Werte wurden mittels Regressionsanalysen geprüft. Auf Basis dieser inkrementellen NMB-Werte wurden Kosten-Effektivitäts-Akzeptanz-Kurven (KEAK) erstellt, um die Wahrscheinlichkeit der Kosteneffektivität für verschiedene

⁵ Multiple Imputationen basieren auf einem regressionsanalytischen Ansatz, nach welchem unabhängige Einflussgrößen (bspw. Kognition, Alter) zur Vorhersage fehlender Werte berücksichtigt werden. Die Methode des Predictive Mean Matching ist geeignet bei nicht-normal verteilten metrischen Variablen.

hypothetische Schwellenwerte der Zahlungsbereitschaft unter Verwendung der p -Werte mit folgender Formel darzustellen: $1 - \left(\frac{p}{2}\right)$ (Hoch et al., 2002).

Es wurden drei zusätzliche Sensitivitätsanalysen durchgeführt um die Robustheit der Ergebnisse der Primäranalysen zu prüfen: 1. Berücksichtigung von TN mit beendeter Studienteilnahme, 2. Ausschluss von Kosten-Ausreißern (≥ 3 SD über mittleren Gesamtkosten), 3. Subgruppen-Analyse hinsichtlich des kognitiven Status (MMSE-Summenwert: > 24 vs. ≤ 24).

Ergebnisse:

Die Stichprobe bestand aus $N = 118$ Personen, wovon $n = 63$ am heimbasierten Training teilnahmen (IG) und $n = 55$ der KG angehörten. Nach Beendigung der 12-wöchigen Intervention wurde ein signifikant verbesserter motorischer Status bei TN der IG im Vergleich zur KG festgestellt ($M_{\text{Diff}} = 1,8$ Punkte; 95% KI = 1,0-2,6; $p < 0.001$). Dieser Unterschied blieb auch nach 24 Wochen signifikant ($M_{\text{Diff}} = 1,3$ Punkte; 95% KI = 0,5-2,2; $p < 0.001$). Für die gesundheitsbezogene Lebensqualität (EQ-5D-3L Indexwert) waren die Gruppenunterschiede sowohl nach 12 Wochen ($M_{\text{Diff}} = 0,07$; 95% KI = -0,04-0,18; $p = .20$) als auch nach 24 Wochen ($M_{IG} = 0,69$ vs. $M_{KG} = 0,62$, $M_{\text{Diff}} = -0,07$; 95% KI = -0,05 - 0,21; $p = .22$) nicht signifikant. Infolgedessen unterschied sich der durch QALY angegebene Gewinn an Lebensqualität nicht signifikant zwischen den Gruppen ($M_{\text{Diff}} = 0,03$; 95% KI = 0,02-0,07; $p = .26$).

Die durchschnittlichen Interventionskosten pro Patienten betragen 284 €, wovon der Hauptanteil durch die Hausbesuche verursacht wurde. Die kalkulierten Kosten für die Inanspruchnahme von Gesundheitsleistungen während der gesamten 24 Wochen waren bei TN der IG tendenziell, aber nicht signifikant, niedriger als bei TN der KG. So unterschieden sich auch die Gesamtkosten nicht signifikant zwischen beiden Gruppen ($M_{IG} = 7.942$ € vs. $M_{KG} = 9.475$ €, $M_{\text{Diff}} = -1.533$ €, $p = .30$).

Die Analysen zur inkrementellen Kosteneffektivität hinsichtlich des SPPB zeigten über alle Schwellenwerte der Zahlungsbereitschaft (0 bis 5.000 €) hinweg höhere NMB-Werte zugunsten der IG. Dieser Unterschied wurde ab einer Zahlungsbereitschaft von 2.000 € signifikant ($M_{\text{Diff}} = 4.063$ €, 95% KI = 745 €-7.381 €). Demzufolge betrug bei einer Zahlungsbereitschaft von 500 € pro Punkt auf dem SPPB die Wahrscheinlichkeit der Kosteneffektivität 92% und erreichte bei einer Zahlungsbereitschaft von 2.000 € ein Niveau von 99% (► [Abbildung 6](#)). In Bezug auf QALYs wurde, obwohl die NMB-Werte in IG höher waren als in KG, kein signifikanter inkrementeller NMB zugunsten des heimbasierten Trainings gefunden. In der Folge betrug die Wahrscheinlichkeit einer Kosteneffektivität bei einer Zahlungsbereitschaft

von 5.000 € pro QALY 85% und näherte sich bei Zahlungsbereitschaften von über 20.000 € pro QALY der Wahrscheinlichkeit von 90% an (► [Abbildung 7](#)).

Die zusätzlichen Analysen der Fälle mit beendeter Studienteilnahme ($n = 89$) demonstrierten sehr hohe Wahrscheinlichkeiten für die Kosteneffektivität und den Kosten-Nutzwert bei niedrigeren Zahlungsbereitschaften im Vergleich zu den primären Analysen (► [Abbildungen 6 & 7](#)). Der Ausschluss von Kostenausreißern ($n = 2$ in KG) führte zu einer reduzierten Wahrscheinlichkeit des Kosten-Nutzwerts zugunsten der Intervention (► [Abbildung 7](#)), während die Kosteneffektivität bzgl. einer Steigerung des motorischen Status kaum beeinflusst wurde (► [Abbildung 6](#)). Die Subgruppenanalysen zur Kosteneffektivität hinsichtlich des kognitiven Status zeigten größere Effektstärken bei Menschen mit niedrigem kognitivem Status, welche aufgrund der verringerten Stichprobengröße nicht signifikant größer waren als in der gesamten Population (► [Anhang B; Tabellen 1, 2](#)).

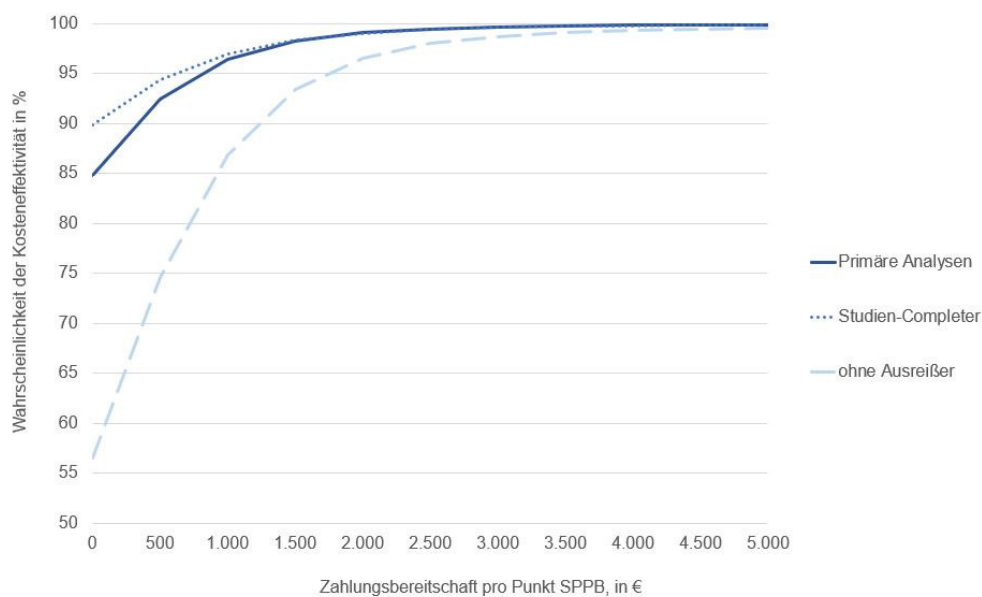


Abbildung 6: Kosteneffektivitätsakzeptanzkurven (Wahrscheinlichkeit in %, y-Achse) pro Punkt Verbesserung auf Short Physical Performance Battery (SPPB): für die primären Analysen (imputierte Daten, durchgezogene Linie), Studien-Completer (beendete Studienteilnahme; gepunktete Linie) und Ausschluss von Ausreißern (> 3 SD mittlere Kosten; gestrichelte Linie).

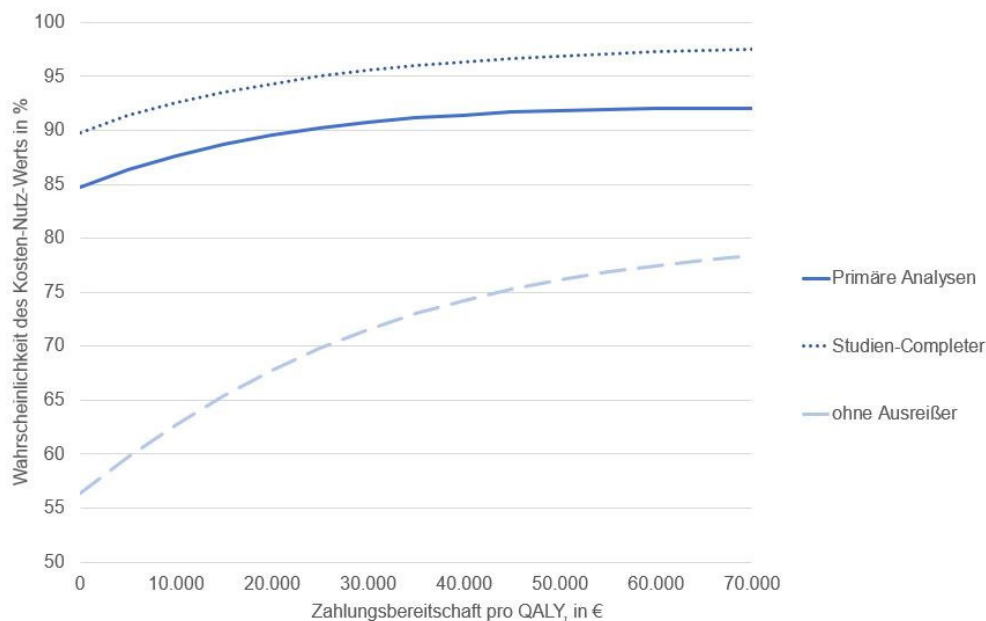


Abbildung 7: Kosteneffektivitätsakzeptanzkurven (Wahrscheinlichkeit in %, y-Achse) pro Gewinn an qualitätsadjustiertem Lebensjahr (QALY) für die primären Analysen (imputierte Daten, durchgezogene Linie), beendete Studienteilnahme (gepunktete Linie) und Ausschluss von Ausreißern (> 3 SD mittlere Kosten; gestrichelte Linie).

Schlussfolgerung und Diskussion:

Das *HeiKE*-Trainingsprogramm stellt eine kosteneffektive Maßnahme zur Steigerung des motorischen Status bei Menschen mit kognitiver Schädigung nach Entlassung aus der stationären Rehabilitation dar.

Die aufgewendeten Kosten innerhalb der 12-wöchigen Interventionen können mit einem 284 € pro Patient als gering eingestuft werden, da zu vernachlässigende Aufwendungen für Materialien getätigt wurden und aufgrund der niedrigen Frequenz an professioneller Betreuung auch die Personalkosten im Vergleich zu multidisziplinären Rehabilitationsmaßnahmen (Fairhall et al., 2015; Farag et al., 2015) vergleichsweise gering ausfielen. Die Implementierung motivationaler Strategien hat das Potential, eine hohe Adhärenz an körperliches Training (► [Manuskript IV](#)) sicherzustellen und schließlich klinisch relevante Veränderungen (> 1 Punkt SPPB) des motorischen Status (Perera et al., 2006) sowie die Kosteneffektivität des Heimtrainings zu erzielen.

Dieses Ergebnis erweitert somit erheblich den empirischen Kenntnisstand zur Evaluation in älteren Hochrisikopopulationen, wie geriatrische Patienten mit kE nach Entlassung aus der stationären Rehabilitation (Smith et al., 2020). In zwei gemischten Populationen, welche geriatrische Patienten ohne und mit milder kE inkludierten, wurde der Nachweis für die Kosteneffektivität von heimbasierten und individualisierten körperlichen Trainings im Sinne eines verbesserten motorischen und funktionellen Status erbracht (Fairhall et al., 2015; Farag et al., 2015). Jedoch lagen die Schwellen-

werte für den zu zahlenden Geldbetrag pro signifikantem Effektgewinn in diesen Untersuchungen wesentlich höher als in der vorliegenden Studie. So identifizierten Farag et al. (2015) die inkrementelle Kosteneffektivität des heimbasierten Trainingsprogramms erst bei einem Betrag von 22.958 A\$ (entspricht 13.874 €⁶) pro Person, welche eine Verbesserung des motorischen Status (SPPB) zeigt. Die Ergebnisse von Fairhall et al. (2015) demonstrierten, dass sich die heimbasierte, multidisziplinäre Rehabilitation erst bei einem Betrag von 15.955 A\$ (entspricht 9.642 €⁶) als kosteneffektiv erwies, damit eine initial gebrechliche Person (gemäß 3 Kriterien nach Fried) den Status der Gebrechlichkeit verlässt.

Bei Menschen mit kE wurde durch ein dyadisches Trainingsprogramm zur Förderung der alltäglichen Aktivität ein inkrementeller monetärer Gewinn in Bezug auf die Reduktion demenzspezifischer Verhaltenssymptome erzielt (D'Amico et al., 2016). Diese Befunde unterstreichen die Bedeutung, spezifische klinische Maße als Studienendpunkte gesundheitsökonomischer Evaluationen mit zu berücksichtigen (Ramsey et al., 2015). Dies ist vor dem Hintergrund von hoher Relevanz, dass bisher im Großteil von in gebrechlichen Populationen implementierten Programmen kaum Effekte auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität und somit kein Zugewinn an QALYs generiert wurde (D'Amico et al., 2016; Fairhall et al., 2015; Farag et al., 2015; Khan et al., 2019).

Da die Ergebnisse dieser Studie die Kosteneffektivität hinsichtlich der Steigerung der motorischen Leistung bezeugen, wird auf die Bedeutung hingewiesen, gebrechlichen Menschen in der poststationären Phase individuelle, niedrighschwellige und kosten-günstige Heimtrainingsprogramme als Teil der regulären Versorgungslandschaft zu-gänglich zu machen.

⁶ Umrechnungskurs nach EZB vom 25.09.2020: 1 A\$ = 0,60 €

5. Einordnung der Ergebnisse in den wissenschaftlichen Diskurs

Die in den Manuskripten I bis III vorgestellten Querschnittsanalysen erweitern den empirischen Kenntnisstand zu psychologischen und motorisch-funktionellen Determinanten der Gesundheit geriatrischer Patienten während und nach Entlassung aus der stationären Rehabilitation und unterstreichen den Bedarf an Trainingsinterventionen zur Steigerung des motorischen Status und der körperlichen Aktivität.

Die in Manuskript I präsentierten Ergebnisse verweisen auf die Relevanz psychologischer Korrelate während des Rehabilitationsprozess von geriatrischen Patienten mit Hüft-/Beckenfraktur. Im Sinne des biopsychosozialen Modells (► [Kapitel 2.2.1](#)) wurden komplexe Interaktionen zwischen einem motorischen Status einerseits und psychischen Belastungen andererseits dargestellt, wonach Sturzangst ein multidimensionales Geschehen abbildet (Hadjistavopoulos et al., 2011).

Mittels der angewendeten Pfadanalysen wird insbesondere die psychologische Dimension mit Bezug auf eine dysfunktionale Emotionsregulation und PTSS in den Fokus gerückt und somit eine Forschungslücke geschlossen. Bisher existiert eine breite Evidenz für die enge Beziehung zwischen geringen sturzbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen und motorischen Defiziten (Hughes et al., 2015), wonach sturz-bezogene Bedenken eine realistische kognitive Bewertung des Sturzrisikos darstellen (Hadjistavopoulos et al., 2011). Hingegen greift diese Konzeptualisierung zu kurz, um stark ausgeprägte sturzbezogene Bedenken bei gleichzeitig guter körperlicher Funktionalität zu erklären (Delbaere et al., 2010). Für die Entstehung einer solchen dysfunktionalen Sturzangst wird der Einfluss einer Angstsymptomatik hypothesisiert (Adamczewska & Nyman, 2018).

Empirische Befunde zeigen bidirektionale Assoziationen zwischen einer generalisierten Angststörung und Sturzangst bei hochaltrigen hospitalisierten Personen mit Sturzvorerfahrungen (Gagnon et al., 2005). Allerdings existierten kaum Erkenntnisse über mögliche, einer Angststörung und einer damit einhergehenden maladaptiven Sturzangst zugrundeliegenden, Mechanismen bei geriatrischen Patienten nach einer sturzbedingten Fraktur. In einer Kohorte von im häuslichen Umfeld lebenden älteren Menschen ohne hohes Sturzrisiko wurden signifikante Korrelationen zwischen einer dysfunktionalen Emotionsregulation, Sturzangst und einer generalisierten Angst nachgewiesen (Scarlett et al., 2019). Diese Assoziationen wurden in komplexen, multivariaten Regressionen von Scarlett et (2019) nicht bestätigt, sodass kein unabhängiger Einfluss einer dysfunktionalen Emotionsregulation nachgewiesen werden konnte.

Allerdings wurde in der vorliegenden Dissertation dank des kalkulierten Pfadmodells die negative Wirkung dysfunktionaler emotionsregulativer Muster, repräsentiert durch eine hohe psychologische Inflexibilität und posttraumatische Symptome, innerhalb des komplexen Beziehungsgefüges der Sturzangst nachgewiesen werden. Das Konstrukt der psychologischen Inflexibilität ist ein Prädiktor für die psychische Gesundheit im Alter (Andrew & Dulin, 2007) und wurde erstmalig im Kontext einer Sturzangst untersucht. Eine hohe Ausprägung posttraumatischer Symptome als Konsequenz rigider Vermeidungsmuster wurde bereits in einer früheren Untersuchung mit einer hohen Sturzangst nach einer Hüftfraktur in Verbindung gebracht (Chung et al., 2009).

Ausgehend von diesen Ergebnissen lassen sich wesentliche Erkenntnisse für die Instrumentalisierung von Sturzangst und des Sturzrisikos ableiten. Denn neben der Einschätzung des Sturzrisikos auf Basis einer Bewertung der motorischen Kapazität, wie mittels des FES-I instrumentalisiert, sollten in einem frühen Stadium der Rehabilitation Assessments zur Erhebung psychischer Auffälligkeiten vermehrt Berücksichtigung finden. Mit den gewonnenen Informationen über die Natur der Sturzangst als Konsequenz rigider Vermeidung von sturzassoziierten Emotionen und Situationen, lassen sich Risikopatienten genauer identifizieren und somit zielgruppenspezifische Behandlungsmaßnahmen entwickeln. Für diese Patienten können neben motorischem Training Elemente der kognitiven Verhaltenstherapie (z. B. Entspannungstechniken) angeboten werden. Ein verhaltenstherapeutischer Ansatz ist die *Akzeptanz-Commitment-Therapie* (kurz: ACT), die darauf abzielt, dass Individuen situations- und kontextspezifisch agieren. Somit sollen psychisch flexible Muster gestärkt werden, sodass die Patienten in der Lage sind, ihre persönlich relevanten Ziele zu verfolgen (Hayes et al., 2012). Übertragen auf den Kontext der Behandlung exzessiver Sturzangst bedeutet dies, dass insbesondere die Förderung einer situationssensitiven Bewertung des Sturzrisikos sowie die Akzeptanz von motorischen Einschränkungen das Potential besitzen, die Sturzrate während der Hospitalisierung zu senken (Hill et al., 2015) und folgend inaktive Verhaltensmuster und die funktionale Abhängigkeit nach Entlassung aus der stationären Rehabilitation zu verhindern (Visschedijk, Caljouw et al., 2015).

Denn wie die Ergebnisse von Manuskript II zeigen, verhindert eine hohe Sturzangst zum Ende der Rehabilitation die Wiederherstellung der motorischen Funktionalität während der initialen poststationären Phase. Dies stimmt überein mit einer längsschnittlichen Studie, die Sturzangst als größte Barriere der Wiederherstellung der körperlichen Funktionalität infolge einer Hüftfraktur identifizierte (Oude Voshaar et al., 2006).

Zudem war mit der Rückkehr in das häusliche Umfeld ein Anstieg von Sturzangst und sturzbezogenen Bedenken zu beobachten, was früheren Ergebnissen in der Zielgruppe mit Hüft- oder Beckenfrakturen entspricht (Visschedijk, Caljouw et al., 2015). Hierbei soll auf mögliche kontextuelle Einflüsse, insbesondere auf die Bewertung des subjektiven Sturzrisikos, während der Ausführung von Alltagstätigkeiten hingewiesen werden. Denn das hohe Maß an Supervision während der stationären Rehabilitation bewirkt, dass die Patienten einige Tätigkeiten nicht selbstständig ausführen und somit die Einschätzung der sturzbezogenen Bedenken mittels des Short FES-I zu einem großen Teil auf hypothetischen Annahmen beruht. Dies erhöht die Gefahr einer verzerrten Einschätzung des eigenen Sturzrisikos in einem supervidierten Setting wie der stationären Rehabilitation. Mit der Rückkehr in das häusliche Umfeld entfällt die engmaschige Unterstützung, sodass die älteren Individuen sich mit der Herausforderung der selbstständigen alltäglichen Lebensführung und somit auch mit ihren motorischen Limitationen konfrontiert sehen. Dies ist vor allem von hoher Relevanz für die Allein-lebenden, deren Anteil in der vorliegenden Stichprobe bei über 60% lag. Somit sind Trainingsmaßnahmen zur Steigerung der motorischen Schlüsselqualifikationen und der funktionalen Autonomie essenziell, um die negative Kaskade der Inaktivität und des Funktionsverlust infolge einer manifestierten Sturzangst zu vermeiden.

Obwohl die Ergebnisse der längsschnittlichen Untersuchung im Mittel zumindest minimal klinisch relevante Verbesserungen der motorischen Schlüsselqualifikationen (SPPB: 0,9 Punkte; Gehgeschwindigkeit: 0,06 m/s) gemäß etablierten Grenzwerten (SPPB: 0,5 Punkte; Gehgeschwindigkeit: 0,05 m/s; Kwon et al., 2009; Perera et al., 2006) zeigten, existiert ein dringender Bedarf an poststationären Trainingsmaßnahmen. So spiegelt bspw. die im häuslichen Umfeld gemessene mittlere Gehgeschwindigkeit von weniger als 0,4 m/s enorme Schwierigkeiten des Gehens wieder und ist folglich verbunden mit einer funktionalen Abhängigkeit (Atkinson et al., 2005). Zudem verdeutlichen die hohen Standardabweichungen, dass längst nicht alle TN eine Wiederherstellung der motorischen Schlüsselqualifikationen demonstrierten.

Neben dem bereits erwähnten negativen Einfluss der Sturzangst auf die Funktionalität, wiesen insbesondere die ältesten, mit einem Angehörigen zusammen lebenden Studienteilnehmer ebenfalls keine Verbesserungen der motorischen Kapazität auf. Letztere Beobachtung lässt sich unter Umständen auf überprotektive Verhaltensweisen der pflegenden Angehörigen zurückführen (Xu et al., 2019), d. h. Familien-angehörige nehmen ihren Partnern oder Familienangehörigen alltägliche Aufgaben unabhängig von deren tatsächlichen motorischen Kapazität ab, um eine hohe Sicherheit zu gewährleisten. Dies trifft im Speziellen auf die Pflege von Personen

mit einer beginnenden demenziellen Erkrankung zu, da deren Angehörige sie zunehmend von Entscheidungsprozessen ausschließen (Samsi & Manthorpe, 2013). So sind die Ergebniserwartungen der pflegenden Angehörigen zu kA maßgeblich für das Aktivitäts-niveau von kognitiv eingeschränkten älteren Menschen (Kim et al., 2018). Daraus ergibt sich die Handlungsempfehlung, den pflegenden Angehörigen den Wert von kA für ihre pflegebedürftigen Partner zu vermitteln und diese in ihrer Autonomie zu stärken und gleichzeitig deren Sicherheit im häuslichen Umfeld zu gewährleisten (Wong et al., 2020).

Welch große Rolle Familienmitglieder und Freunde für die räumliche Mobilität und somit für die Autonomie geriatrischer Patienten mit kE nach Entlassung aus der Rehabilitation spielen, wird durch die Ergebnisse von Manuskript III illustriert. So ist räumliche Mobilität dieser Zielgruppe primär aufgrund der defizitären körperlichen Funktionalität sehr limitiert und wird somit in hohem Maße von der sozialen Unterstützung durch Angehörige und von der Verfügbarkeit von Hilfsmitteln beeinflusst. Diese kontextuellen Informationen zum Grad der personellen und hilfsmittelbezogenen Unterstützung sind durch den alleinigen Gebrauch eines technisch-objektiven Messsystems wie GPS nicht zugänglich (Bakker et al., 2020). Darüber hinaus bleiben die bei solch gebrechlichen Individuen dominierenden innerhäuslichen Aktivitäten durch GPS unerkannt. Diese Erkenntnisse sprechen dafür, dass eine Kombination von validierten, zielgruppenspezifisch entwickelten, subjektiven Instrumenten, wie dem LSA-CI (Ullrich, Werner, Bongartz et al., 2019) und objektiven Methoden ein umfassendes Bild zum Mobilitätsverhalten hochaltriger Menschen ermöglicht, da Erkenntnisse sowohl über individuelle motorisch-funktionelle als auch über soziale und kontextbezogene Einflussvariablen generiert werden. Für die Messung der reinen körperlichen Aktivität im Sinne eines gesteigerten Energieumsatzes gelten objektive Methoden, speziell bei Personen mit einer zusätzlichen kognitiven Schädigung, als Goldstandard. Grund hierfür ist die erhebliche Beeinträchtigung der Validität und Reliabilität subjektiv erfasster kA durch mangelhafte Erinnerungen („recall bias“) und durch Effekte der sozialen Erwünschtheit (Sun et al., 2013). Dass die Aktivitätsperioden gebrechlicher Menschen mit kE kurz und intermittierend sind (Schwenk et al., 2014), erschwert die Erinnerbarkeit zusätzlich. Solche objektiven Methoden wurden in den Projekten *PROFinD*, *PROFinD2* und *HeiKE* erfolgreich eingesetzt. So ermöglicht die Verwendung sogenannter ambulanter Sensorsysteme (z. B. uSense-Sensor, eingesetzt in *HeiKE*) über den Umfang von kA (z. B. Schritte, Anzahl von Geh-Episoden) hinaus eine ökologisch valide Erhebung von Charakteristika der Gangqualität in den habituellen Lebensbedingungen der Zielgruppe (Bongartz et al., 2019; ► [weitere Publikationen](#)). Denn die Untersuchung von

Gangparametern unter Laborbedingungen weicht erheblich von den Gangmustern unter Alltagsbedingungen ab (Brodie et al., 2016). Die Detektion von spezifischen Charakteristika des geraden Ganges (z. B. Symmetrie) und des Kurvengehens haben das Potential das Sturzrisiko präziser einschätzen zu können (Leach et al., 2018) und auf Basis dessen spezifische Trainingsmaßnahmen zur Verbesserung des Gehens zu entwerfen (VanSwearingen et al., 2011). Die Implementierung objektiver Messmethodik zur Erfassung des habituellen Aktivitätsverhaltens älterer Menschen und der damit verbundene Nutzen für Forscher und Kliniker wird an dieser Stelle aufgrund des begrenzten Umfangs der vorliegenden Dissertation nicht erschöpfend diskutiert.

Neben der im Rahmen von Manuskript III fokussierten, zeitlich variablen und modifizierbaren Einflussfaktoren wirken zeitlich stabile, umgebungsbezogene und infrastrukturelle Merkmale ebenfalls auf die räumliche Mobilität älterer Menschen ein. So fungieren die unmittelbaren Wohnbedingungen, wie ein schlüpfriger Boden oder die Verfügbarkeit von Grünflächen, im Falle einer defizitären motorischen Kapazität als Barriere von kA (Benzinger et al., 2014) und Life-Space (Rantakokko et al., 2015). Diese Umweltmerkmale sind ebenfalls verknüpft mit psychologischen Restriktionen wie einer erhöhten Sturzangst (Auais et al., 2017), einer niedrig wahrgenommenen Autonomie und Einsamkeit (Rantakokko et al., 2017). Auch wenn in den multivariaten Analysen keine signifikanten Einflüsse sturzangstassoziierter Korrelate, wie dem Sturzvermeidungsverhalten und der sturzbezogenen Selbstwirksamkeit, identifiziert wurden, konnten in den univariaten Analysen moderate Zusammenhänge dieser Variablen mit Life-Space beobachtet werden. Dies deutet darauf hin, dass die dysfunktionale Wirkung sturzbezogener Bedenken auf die Mobilität indirekter Natur ist und möglicherweise durch den motorischen Status und kontextbezogene sowie soziale Faktoren mediiert wird.

Über die Zuhilfenahme personeller Unterstützung hinaus verhalf auch der Gebrauch von Hilfsmitteln, wie einem Rollator, dieser gebrechlichen Zielgruppe dabei, den eigenen Lebensraum zu erweitern und vor allem die eigene Wohnumgebung verlassen zu können. Somit stellt die Schulung eines sicheren Umgangs mit Hilfsmitteln ein weiteres wichtiges Element für die Steigerung der alltäglichen Aktivitäten dar. Ebenfalls von hoher Relevanz für die Gestaltung von Trainingsinterventionen ist die Erkenntnis, dass lediglich schwache Assoziationen zwischen der räumlichen Mobilität und dem allgemeinen kognitiven Status beobachtet wurden. Daraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass eine Steigerung des alltäglichen Aktivitätsverhaltens auch bei kognitiv eingeschränkten Individuen möglich ist (Hauer et al., 2012) und diese im selben Maße von individualisierten, an ihre kognitive Kapazität angepassten rehabilitativen Maß-

nahmen profitieren können, wie ihre kognitiv intakten Altersgenossen (Dutzi et al., 2017).

In Manuskript IV wird der Nachweis für die Umsetzbarkeit eines individualisierten Programms zur Förderung der habituellen kA erbracht, da eine hohe Adhärenz an ein selbstständig ausgeführtes Heimtraining sowie an motivationale Strategien gezeigt wurde. Die Prüfung der Adhärenz an einzelnen motivationalen Strategien, wie dem Setzen von Aktivitätszielen und der Selbstbeobachtung, ist ein neuer Ansatz und weist darauf hin, dass diese auch von kognitiv eingeschränkten Personen in den Alltag integriert werden können.

Die Implementierung eines umfassenden motivationalen Konzepts entspricht den Kriterien einer patientenzentrierten Rehabilitation (Wade & Jong, 2000), wonach die individuellen Werte und Präferenzen des Patienten im Mittelpunkt des therapeutischen Handelns stehen. Ein fundamentales Element bildet dabei das Setzen von alltagsrelevanten Zielen, das anhand eines strukturierten und mit Bildern unterstützten Vorgehens sehr gut umsetzbar und somit auf die kognitiven Ressourcen angepasst ist (Murphy et al., 2005). Denn ein unstrukturiertes Vorgehen führt dazu, dass Patienten mit stärkeren kognitiven Limitationen nicht in der Lage sind, aktivitätsbezogene Ziele zu identifizieren (Dutzi et al., 2019) oder sie sich nach der Rückkehr in das häusliche Umfeld unrealistische Ziele setzen (van Seben et al., 2019). Dies ist der Fall, wenn Patienten ihre Ziele auf Basis von verzerrten Einschätzungen zu ihrem motorischen Status von einem Zeitpunkt vor der Hospitalisierung formulieren (van Seben et al., 2019). Dies wiederum birgt die Gefahr eines vom Therapeuten dominierten anstelle eines kollaborativen Ansatzes der Zielfindung (Smit et al., 2019).

Die Ergebnisse der hier vorliegenden Analysen zur Adhärenz an die Erreichung von Zielen dokumentieren anschaulich, dass die Umsetzung der gesetzten Aktivitätsziele im Alltag für geriatrische Patienten nach Entlassung aus der Rehabilitation aufgrund gesundheitlicher Probleme herausfordernd ist (Fairhall et al., 2012). Die Planung und Realisierung eines an die Umgebungsbedingungen angepassten Gehparcours diente als Implementierungsentention (Sniehotta, 2009) und ermöglichte regelmäßige außerhäusliche Spaziergänge, indiziert durch eine mittlere Adhärenz von 57,9% an tägliches außerhäusliches Gehen. So wurde u. a. ein sicherer und adäquater Umgang mit Hilfsmitteln gezielt geübt, um eine eigenständige Ausführung von instrumentellen Alltagsaktivitäten und folglich eine höhere Unabhängigkeit von der sozialen Unterstützung durch Angehörige und Freunde (► [Manuskript III](#)) zu erreichen.

Neben körperlichen Einschränkungen sind möglicherweise limitierte kognitive Kapazitäten und das Vorliegen einer Apathie für eine moderate Erreichung von Aktivitätszielen verantwortlich. Denn diese Faktoren stehen mit einer limitierten

exekutiven Funktion (Jacus, 2017) und dadurch mit Schwierigkeiten der Handlungsinitiierung und -steuerung (Royall & Palmer, 2014) sowie mit einem geringen Niveau von kA in Verbindung (David et al., 2012). Diese Erkenntnis dient als möglicher Erklärungsansatz dafür, dass die Implementierung handlungsregulativer Strategien bei älteren Menschen ineffektiv sind, um eine Steigerung der kA zu erreichen (French et al., 2014).

Zu diesen Strategien gehört auch die Selbstbeobachtung des eigenen Verhaltens via Pedometer. Die Prüfung der Effektivität dieser Strategie war nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung, allerdings zeigte sich die tägliche Nutzung des Pedometers zum Zweck der Motivationssteigerung als umsetzbar. Die mittlere bis hohe Adhärenz wurde dadurch ermöglicht, dass ein einfach handhabbares Pedometer verwendet wurde und die Patienten in den Gebrauch durch geschultes Personal instruiert wurden. Damit sollte dem Umstand Rechnung getragen werden, dass diese Zielgruppe Limitationen des Visus und der Feinmotorik aufweisen, die die Nutzung technischer Hilfsmittel erschweren und möglicherweise die Motivation zu kA verringern (Logsdon et al., 2009).

Eine professionelle soziale Unterstützung, inklusive einer auf die Ressourcen von Menschen mit kE abgestimmten Kommunikation, hat für die Motivation und die Adhärenz an Training und kA besonderes Gewicht, da Hausbesuche und Telefonrufe als Komponenten der sozialen Unterstützung in der *HeikE*-Studie von den TN als besonders effektiv eingeschätzt wurden. Darauf weist auch die Beobachtung hin, dass die fallende Adhärenz über den Interventionsverlauf mit einer nachlassenden Frequenz der Hausbesuche einhergeht. Die Ergebnisse eines kürzlich veröffentlichten Reviews offenbaren, dass eine persuasive Kommunikation (Strategie nach Abraham & Michie, 2008: „*using a credible source*“) einen besonderen Einfluss auf die Adhärenz an Training und kA besitzt (Nyman et al., 2018).

Insbesondere bei kognitiv geschädigten Personen zeigte sich eine spezifische Art der Kommunikation, charakterisiert durch einfache und sich wiederholende Instruktionen, die Verwendung einer bildhaften Sprache sowie haptische Unterstützung, als effektiv um das Niveau von kA zu steigern (Hauer et al., 2012). In Anbetracht des Verlusts von selbstregulativen Fähigkeiten sind externe Quellen der Motivation, wie eine durch geschultes Personal vermittelte soziale Unterstützung, essentiell, da professioneller Rat von älteren Menschen im Vergleich zur Unterstützung durch Angehörige in höherem Maße geschätzt wird (Prick et al., 2016). Zudem führt die Supervision des Trainings durch Angehörige potenziell zu einer gesteigerten Belastung aufseiten der Angehörigen und schließlich zum Abbruch des Trainings (Prick et al., 2016).

Allerdings zeigten die Ergebnisse eine sinkende Adhärenz an das funktionale Training sowie an die motivationalen Strategien über den Interventionsverlauf. Ursächlich hierfür kann das Design der Intervention sein, nach welchem die Frequenz der Hausbesuche über den Zeitraum von 12 Wochen ausschleichend war. Binnen der ersten vier Wochen der Intervention fanden bereits drei von fünf Hausbesuchen statt, während in den restlichen acht Wochen lediglich zwei weitere Besuche mit supervidierten Trainingseinheiten und motivationalen Gesprächen stattfanden. Deshalb scheint eine regelmäßige Supervision des Trainings im Rahmen eines persönlichen Kontakts eine zentrale Rolle zu spielen, um eine kontinuierliche Partizipation an kA in der Zielgruppe von Menschen mit kE zu gewährleisten.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass der gewählte heimbasierte, professionell supervidierte Trainingsansatz das geeignete Setting für die Förderung von alltäglicher Aktivität bei gebrechlichen Menschen darstellt. Heimbasiertes Training bildet für die mehrfach eingeschränkten Patienten ein niedrighschwelliges Rehabilitationsangebot zur Stärkung der Autonomie, da es im gewohnten Umfeld ohne Notwendigkeit des Transports stattfinden (Simek et al., 2012) und somit flexibel in den Alltag integriert werden kann (Suttanon et al., 2013). Gruppenbasiertes Training erfordert hingegen entweder die Nutzung öffentlicher Transportmittel oder die Unterstützung durch Angehörige, deren Hilfe oftmals nur in begrenztem Maße zur Verfügung steht. Dies schließt eine Vielzahl von Personen aus, wie die niedrig eingeschätzte Umsetzbarkeit der freiwilligen Teilnahme an einem zentrumbasierten Gruppentraining beweisen.

Ein weiterer möglicher Ansatz bietet dabei der Einsatz von Ehrenamtlichen als Trainingspartner, welcher im Projekt *PROFinD2* implementiert wurde (Dautel et al., 2019). Peer-basierte Interventionen gelten als vielversprechende Strategie für eine Steigerung des Aktivitätsniveaus, da die gleichaltrigen Trainingspartner durch das Aufbauen einer vertrauensvollen Beziehung einen positiven Einfluss auf die Selbstwirksamkeit und den Selbstwert älterer Menschen ausüben (Matz-Costa et al., 2019). Die Einbindung von ehrenamtlichen und freiwilligen Helfern offeriert möglicherweise eine kostengünstige Alternative zu professionell supervidierten Programmen (Pennington et al., 2013). Allerdings existiert derzeit keine Evidenz über die Umsetzbarkeit, die klinische Effektivität sowie die Kosteneffektivität solcher laienbasierter Trainingsinterventionen bei älteren Populationen (Matz-Costa et al., 2019).

Die gute Umsetzbarkeit des heimbasierten Ansatzes ist eine wesentliche Voraussetzung für die Kosteneffektivität des Trainingsprogramms, wie in Manuskript V dargestellt. Das *HeikE*-Trainingsprogramm ist eine kostengünstige Rehabilitationsmaßnahme, da keine finanziellen Mittel für zusätzliche Trainingsgeräte (z. B. Thera-

bänder, Gewichte) aufgewendet wurden und die Ausgaben für das Personal ebenfalls im Rahmen von fünf Hausbesuchen begrenzt waren. Durch die Implementierung des motivationalen Konzepts wurden die Patienten zu eigenständigem Training angeleitet, was im Vergleich zu strukturierten und angeleiteten Programmen mit mehrmals wöchentlich stattfindenden Trainingseinheiten oder multifaktoriellen Programmen zu geringeren Personalausgaben führt (Fairhall et al., 2015; Farag et al., 2015).

Empfehlungen zur Anwendung gesundheitsökonomischer Evaluationen zufolge, wurden in der vorliegenden Studie sowohl die Interventions- als auch die Gesundheitskosten detailliert dargestellt (Drummond et al., 2015), so dass ein präzises Bild zum Ressourcenverbrauch vermittelt wird. Obwohl das *HeikE*-Programm primär die Steigerung des motorischen Status und keine Minimierung der Gesundheitskosten intendierte, konnte ein Trend zu verringerter Inanspruchnahme von medizinischen und pflegerischen Leistungen beobachtet werden. Insbesondere die Aufwendungen für formelle ambulante und informelle Pflegeleistungen waren in der Heimtrainingsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe reduziert, was auf eine verbesserte funktionelle Selbstständigkeit zurückzuführen ist. Ein verringerter Pflegeaufwand durch Angehörige führt potenziell zu erheblich geringeren Produktivitätsverlusten bei erwerbstätigen Angehörigen, da die informelle Pflege die häufigste Betreuungs- und Pflegeform bei kognitiv geschädigten Personen darstellt (Michalowsky et al., 2016). Infolgedessen kommt es seltener zu einer Überlastung und psychischen Störungen bei pflegenden Angehörigen (Pendergrass et al., 2017), wodurch weitere Produktivitätseinbußen vermieden werden könnten (Wilson et al., 2007). Aufgrund der besonderen Relevanz der informellen Pflege in dieser vulnerablen Zielgruppe, ist die Wahl der gesellschaftlichen Perspektive angemessen, um die ökonomischen Folgen in ihrer Gesamtheit, inklusiver indirekter Kosten, darzustellen.

In Manuskript V wurden komplexe statistische Analyseverfahren zur Berechnung der Kosteneffektivität sowie zum Umgang mit fehlenden Werten angewandt, welche den aktuell besten Standard gesundheitsökonomischer Evaluationen repräsentieren. Der NMB-Ansatz leistet Abhilfe im Fall negativer IKER-Werte, welche zustande kommen, wenn gleichzeitig die Kosten einer neu einzuführenden Intervention geringer und die erzielten Effekte größer sind als bei bereits bestehenden Behandlungsalternativen (Briggs et al., 2002). Die Verwendung multipler Imputationen entspricht dem Gold-standard im Umgang mit fehlenden Werten, da diese Methode valide statistische Schlussfolgerungen auch bei zufällig fehlenden Werten zulässt (Enders, 2010).

Somit vergrößert die vorliegende Dissertationsschrift den Kenntnisstand zur Kosteneffektivität in einer Hochrisikopopulation, welche trotz eines hohen Bedarfs

kaum Zugang zu poststationären Rehabilitationsangeboten besitzt. Der Nachweis für die Kosteneffektivität eines individualisierten Trainingsprogramms zur Steigerung der motorischen Kapazität bei Menschen mit kE in der Phase nach Entlassung aus der stationären Rehabilitation stand bisher noch aus (Smith et al., 2020). Vorherige poststationäre heimbasierte Rehabilitationsmaßnahmen schlossen überwiegend kognitiv intakte Populationen ein (Fairhall et al., 2015; Farag et al., 2015; Williams et al., 2016), während die gesundheitsökonomische Evaluationen in kognitiv eingeschränkten Populationen nur sehr vereinzelt und mit einer erheblich variierenden methodischen Qualität stattfanden (Nickel et al., 2018). So berichten Nickel et al. (2018) in ihrer aktuellen Übersichtsarbeit von drei gesundheitsökonomischen Evaluationen, wobei ebenfalls eine Studie in der Zielgruppe von Personen mit milden kognitiven Einschränkungen eingeschlossen wurde (Davis et al., 2011). Eine andere Untersuchung berichtete zwar die Kosten zur Implementierung des Programms sowie die klinische Effektivität, setzte diese Aspekte nicht in Relation, sodass eine Beurteilung der Kosteneffektivität ausblieb (Pitkälä et al., 2013). Demnach liegt nach Wissen der Autoren zum jetzigen Zeitpunkt eine gesundheitsökonomische Evaluation vor, welche die Kosteneffektivität körperlichen Trainings bei Menschen mit kE nachweist (D'Amico et al., 2016). Dieses 12-wöchige dyadische Lauftraining erwies sich als kosteneffektiv, demenzspezifische Verhaltensauffälligkeiten zu reduzieren, wohingegen die gesundheitsbezogene Lebensqualität nicht gesteigert und somit kein zusätzlicher Kosten-Nutzwert erreicht werden konnte (D'Amico et al., 2016). Die Ergebnisse der genannten Studie weisen ebenso wie die Ergebnisse von Manuskript V auf die Relevanz hin, die Kosteneffektivität von Trainingsmaßnahmen auch anhand der Veränderung spezifischer, klinischer Parameter zu beurteilen, da ein mittels QALYs instrumentalisierter Zugewinn an Lebensqualität in hochaltrigen und gebrechlichen Zielgruppe unwahrscheinlich ist.

Zwar gilt der Einsatz von QALYs in gesundheitsökonomischen Evaluationen aufgrund der Möglichkeit indikations- und zielgruppenübergreifender Vergleiche als Goldstandard (Drummond et al., 2015), kann jedoch aus verschiedenen Gründen als alters-diskriminierend erachtet werden (Huter et al., 2016). Denn ältere Menschen können im Vergleich zu jungen Populationen nur einen geringeren potenziellen Lebenszeitgewinn verzeichnen. Zudem werden für den Hochaltrigen relevante soziale Aspekte, wie der Erhalt der Selbstständigkeit und das Verbleiben im häuslichen Umfeld, durch generische und veränderungsinsensitive Instrumente wie dem EQ-5D nur unzureichend re-präsentiert (Hickey et al., 2005). Allem voran weisen ältere Populationen, insbesondere geriatrische Patienten nach Entlassung aus der Rehabilitation, einen hohen Grad an Multimorbidität auf, auf Basis dessen bereits

kleine Verbesserungen der Funktionalität als relevanter Behandlungserfolg gewertet werden können.

Als Lösungsmöglichkeit für diese mit den QALYs einhergehenden Kritikpunkte, hat sich der Autor in Kooperation mit der *Abteilung für Versorgungsforschung Allgemeinmedizin des Universitätsklinikums Heidelberg* für den Einschluss des SPPB als weiteren Endpunkt der Kosteneffektivität entschieden. Dieses Vorgehen korrespondiert mit den Empfehlungen der aktuellen internationalen Literatur (Ramsey et al., 2015) sowie des (IQWiG, 2017). Der SPPB ist ein klinischer Surrogatmarker mit prädiktivem Wert für die funktionelle Selbstständigkeit (Perera et al., 2006), Mobilität, Autonomie und soziale Teilhabe im häuslichen Umfeld (► [Manuskript II, III](#)) sowie für das Risiko von Re-Hospitalisierungen und Mortalität in der Gruppe hochaltriger geriatrischer Patienten (Guralnik et al., 1994). Deshalb ist es für künftige ökonomische Evaluationen von Interesse, auch Maße der soziale Teilhabe wie das Aktivitätsverhalten als Endpunkte der Kosteneffektivität zu untersuchen (Everink et al., 2018).

Mit der vorliegenden gesundheitsökonomischen Evaluation konnte nachgewiesen werden, dass ein niedrigschwelliges und individualisiertes Heimtrainingsprogramm kosteneffektiv ist, um den motorischen Status von multimorbiden Menschen zu steigern. Diese Ergebnisse bilden die Grundlage für die Translation des Modellprojekts in die reguläre Versorgungslandschaft.

6. Fazit und Ausblick

Diese Dissertationsschrift präsentiert den umfassenden Bedarf an poststationärer Versorgung sowie die Umsetzbarkeit und die Kosteneffektivität eines innovativen poststationären Heimtrainings zur Förderung der motorischen Kapazität und körperlichen Aktivität bei geriatrischen Patienten. Unter Einnahme einer ganzheitlichen Perspektive konnte gezeigt werden, dass diese vulnerable Patienten Klientel in hohem Maße sowohl von motorisch-funktionellen als auch von psychischen Restriktionen betroffen ist, welche die Autonomie und die soziale Teilhabe in der häuslichen Umgebung stark gefährden.

Dies belegt den dringenden Bedarf an niedrigschwelligen Rehabilitationsmaßnahmen zur Steigerung der motorischen Fähigkeiten und der alltäglichen Aktivitäten im häuslichen Umfeld nach Entlassung aus der stationären Rehabilitation. Gemäß § 45c SGB XI zur Weiterentwicklung der Versorgungsstrukturen insbesondere für demenzkranke Pflegebedürftige wurde mit dem *HeikE*-Programm ein Modellprojekt entwickelt und im natürlichen sozialen Setting älterer Menschen implementiert. Die Integration eines innovativen motivationspsychologischen Ansatzes

zur Stärkung regelmäßiger körperlicher Aktivität zeigte sich auch bei Individuen mit kognitiver Schädigung als umsetzbar. Das Setzen von alltagsrelevanten Zielen und die Stärkung selbstregulativer Kompetenzen, eingebettet in die häusliche Umgebung, ermöglichte eine hohe Adhärenz an selbstständig ausgeführtes Training. Dieses Konzept befähigt ältere, von multiplen Einschränkungen betroffenen Menschen, Verantwortung für die Erreichung selbst gesteckter Ziele zu übernehmen und diese somit aktiv in den Rehabilitationsprozess einzubinden und somit deren Funktionalität⁷ zu steigern.

Die gesundheitsökonomische Evaluation erbringt den Nachweis, dass ein heimbasiertes poststationäres Training kosteneffektiv ist, um die körperliche Funktion kognitiv geschädigter Menschen zu steigern. Damit wird der Einsatz der im Gesundheitssystem verknappten finanziellen Ressourcen gerechtfertigt und zudem der Grundstein für die Translation eines Modellprojekts in die reguläre Versorgungslandschaft gelegt.

Insgesamt belegt die vorliegende Dissertationsschrift, dass ein heimbasiertes körperliches Training eine umsetzbare und kosteneffektive Maßnahme für die vulnerable Zielgruppe darstellt und damit ein vielversprechender Ansatz ist, um die existierende Versorgungslücke in der poststationären Phase zu schließen. Weitere Forschungsarbeiten sind notwendig, um die Umsetzbarkeit, klinische Effektivität sowie Kosten-effektivität alternativer poststationärer Interventionsansätze, wie ein laienbasiertes Training im Vergleich zu professionell supervidiertem Training, zu überprüfen. Erste Erkenntnisse zur Wirksamkeit und dem potentiellen gesundheitsökonomischen Nutzen eines laienbasierten Ansatzes liefern die Ergebnisse der Interventionsstudie im Rahmen des Teilprojekts 3 in *PROFinD2*, welche in naher Zukunft publiziert werden. Mit der Evaluation dieses multimodalen Programms wird zudem Auskunft darüber gegeben, inwiefern auch die von starken psychischen Belastungen betroffenen Gruppe von pflegenden Angehörigen von einer Sozialberatung profitieren kann.

Um solch ein heimbasiertes Trainingsprogramm zur Verbesserung der Autonomie älterer Menschen letztlich in der nicht-wissenschaftlichen Praxis umzusetzen, bedarf es weiterer Schritte. Dazu gehören u. a. die Entwicklung eines Leitfadens, die Implementierung von Schulungsangeboten für Fachkräfte (z. B. Physiotherapeuten) sowie der Austausch über Finanzierungsmöglichkeiten mit Kostenträgern.

⁷ Die Ergebnisse zur Steigerung der motorischen Kapazität sowie der körperlichen Aktivität werden ebenfalls in Kürze publiziert. Hierbei ist der Verfasser der vorliegenden Dissertation als Co-Autor beteiligt.

Literaturverzeichnis

- Abraham, C. & Michie, S. (2008). A taxonomy of behavior change techniques used in interventions. *Health psychology : official journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 27(3), 379–387. <https://doi.org/10.1037/0278-6133.27.3.379>
- Adamczewska, N. & Nyman, S. R. (2018). A New Approach to Fear of Falls From Connections With the Posttraumatic Stress Disorder Literature. *Gerontology & geriatric medicine*, 4, 2333721418796238. <https://doi.org/10.1177/2333721418796238>
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Allen, J., Koziak, A., Buddingh, S., Liang, J., Buckingham, J. & Beaupre, L. A. (2012). Rehabilitation in Patients with Dementia Following Hip Fracture: A Systematic Review. *Physiotherapy Canada*, 64(2), 190–201. <https://doi.org/10.3138/ptc.2011-06BH>
- Almeida, S. I. L. d., Gomes da Silva, M. & Marques, A. S. P. d. D. (2019). Home-Based Physical Activity Programs for People With Dementia: Systematic Review and Meta-Analysis. *The Gerontologist*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1093/geront/gnz176>
- Andrich, S., Haastert, B., Neuhaus, E., Neidert, K., Arend, W., Ohmann, C., Grebe, J., Vogt, A., Jungbluth, P., Rösler, G., Windolf, J. & Icks, A. (2015). Epidemiology of Pelvic Fractures in Germany: Considerably High Incidence Rates among Older People. *PloS one*, 10(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139078>
- Atkinson, H. H., Cesari, M., Kritchevsky, S. B., Penninx, B. W., Fried, L. P., Guralnik, J. M. & Williamson, J. D. (2005). Predictors of combined cognitive and physical decline. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(7), 1197–1202.
- Auais, M., Alvarado, B., Guerra, R., Curcio, C., Freeman, E. E., Ylli, A., Guralnik, J. & Deshpande, N. (2017). Fear of falling and its association with life-space mobility of older adults: a cross-sectional analysis using data from five international sites. *Age and ageing*, 46(3), 459–465. <https://doi.org/10.1093/ageing/afw239>
- Auger, C., Rushton, P. W., Jutai, J. W. & Miller, W. C. (2018). Reliability, convergent validity and applicability of the Assistive Technology Outcome Profile for Mobility for middle-aged and older power wheelchair users. *Australian occupational therapy journal*, 65(5), 439–448.
- Bachmann, S., Finger, C., Huss, A., Egger, M., Stuck, A. E. & Clough-Gorr, K. M. (2010). Inpatient rehabilitation specifically designed for geriatric patients: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ (Clinical research ed.)*, 340, c1718. <https://doi.org/10.1136/bmj.c1718>
- Bacigalupo, I., Mayer, F., Lacorte, E., Di Pucchio, A., Marzolini, F., Canevelli, M., Di Fiandra, T. & Vanacore, N. (2018). A Systematic Review and Meta-Analysis on the Prevalence of Dementia in Europe: Estimates from the Highest-Quality Studies Adopting the DSM IV Diagnostic Criteria. *Journal of Alzheimer's disease : JAD*, 66(4), 1471–1481. <https://doi.org/10.3233/JAD-180416>
- Baert, V., Gorus, E., Mets, T., Geerts, C. & Bautmans, I. (2011). Motivators and barriers for physical activity in the oldest old: a systematic review. *Ageing research reviews*, 10(4), 464–474. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2011.04.001>
- Baker, P. S., Bodner, E. V. & Allman, R. M. (2003). Measuring life-space mobility in community-dwelling older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(11), 1610–1614. <https://doi.org/10.1046/j.1532-5415.2003.51512.x>
- Bakker, E. A., Hartman, Y. A. W., Hopman, M. T. E., Hopkins, N. D., Graves, L. E. F., Dunstan, D. W., Healy, G. N., Eijsvogels, T. M. H. & Thijssen, D. H. J. (2020). Validity and reliability of subjective methods to assess sedentary behaviour in adults: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 17(1), 1–31.

- Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and action. *Englewood Cliffs, NJ, 1986*.
- Bean, J. F., Baily, A., Kiely, D. K. & Leveille, S. G. (2007). Do attitudes toward exercise vary with differences in mobility and disability status? - a study among low-income seniors. *Disability and rehabilitation*, 29(15), 1215–1220. <https://doi.org/10.1080/09638280600949910>
- Bellamy, N., Buchanan, W. W., Goldsmith, C. H., Campbell, J. & Stitt, L. W. (1988). Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee. *The Journal of rheumatology*, 15(12), 1833–1840.
- Bellelli, G., Magnifico, F. & Trabucchi, M. (2008). Outcomes at 12 months in a population of elderly patients discharged from a rehabilitation unit. *Journal of the American Medical Directors Association*, 9(1), 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2007.09.009>
- Benzinger, P., Iwarsson, S., Kroog, A., Beische, D., Lindemann, U., Klenk, J. & Becker, C. (2014). The association between the home environment and physical activity in community-dwelling older adults. *Aging clinical and experimental research*, 26(4), 377–385. <https://doi.org/10.1007/s40520-014-0196-0>
- Bickel, H. (2012). Das Wichtigste: Die Epidemiologie der Demenz. *Berlin: Deutsche Alzheimer Gesellschaft*.
- Bickel, H., Hendlmeier, I., Heßler, J. B., Junge, M. N., Leonhardt-Achilles, S., Weber, J. & Schäufele, M. (2018). The Prevalence of Dementia and Cognitive Impairment in Hospitals. *Deutsches Arzteblatt international*, 115(44), 733–740. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2018.0733>
- Blankevoort, C. G., van Heuvelen, M. J. G., Boersma, F., Luning, H., Jong, J. de & Scherder, E. J. A. (2010). Review of effects of physical activity on strength, balance, mobility and ADL performance in elderly subjects with dementia. *Dementia and geriatric cognitive disorders*, 30(5), 392–402. <https://doi.org/10.1159/000321357>
- Bock, J.-O., Brettschneider, C., Seidl, H., Bowles, D., Holle, R., Greiner, W. & König, H. H. (2015). Ermittlung standardisierter Bewertungssätze aus gesellschaftlicher Perspektive für die gesundheitsökonomische Evaluation [Calculation of standardised unit costs from a societal perspective for health economic evaluation]. *Gesundheitswesen (Bundesverband der Ärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (Germany))*, 77(1), 53–61. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1374621>
- Bond, F. W., Hayes, S. C., Baer, R. A., Carpenter, K. M., Guenole, N., Orcutt, H. K., Waltz, T. & Zettle, R. D. (2011). Preliminary psychometric properties of the Acceptance and Action Questionnaire–II: A revised measure of psychological inflexibility and experiential avoidance. *Behavior therapy*, 42(4), 676–688.
- Bongartz, M., Kiss, R., Lacroix, A., Eckert, T., Ullrich, P., Jansen, C.-P., Feißt, M., Mellone, S., Chiari, L. & Becker, C. (2019). Validity, reliability, and feasibility of the uSense activity monitor to register physical activity and gait performance in habitual settings of geriatric patients. *Physiological measurement*, 40(9), 95005.
- Bowen, D. J., Kreuter, M., Spring, B., Cofta-Woerpel, L., Linnan, L., Weiner, D., Bakken, S., Kaplan, C. P., Squiers, L., Fabrizio, C. & Fernandez, M. (2009). How we design feasibility studies. *American journal of preventive medicine*, 36(5), 452–457. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.02.002>.
- Bower, E. S., Wetherell, J. L., Merz, C. C., Petkus, A. J., Malcarne, V. L. & Lenze, E. J. (2015). A new measure of fear of falling: psychometric properties of the fear of falling questionnaire revised (FFQ-R). *International psychogeriatrics*, 27(7), 1121–1133. <https://doi.org/10.1017/S1041610214001434>
- Bower, E. S., Wetherell, J. L., Petkus, A. J., Rawson, K. S. & Lenze, E. J. (2016). Fear of falling after hip fracture: prevalence, course, and relationship with one-year functional recovery. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 24(12), 1228–1236.
- Boyd, C. M., Landefeld, C. S., Counsell, S. R., Palmer, R. M., Fortinsky, R. H., Kresevic, D., Burant, C. & Covinsky, K. E. (2008). Recovery of activities of daily living in older adults

- after hospitalization for acute medical illness. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(12), 2171–2179. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2008.02023.x>
- Brettschneider, C., Hajek, A., Stein, J., Luck, T., Mamone, S., Wiese, B., Mösch, E., Weeg, D., Fuchs, A., Pentzek, M., Werle, J., Weyerer, S., Mallon, T., van den Bussche, H., Hesel, K., Wagner, M., Scherer, M., Maier, W., Riedel-Heller, S. G. & König, H.-H. (2018). Informelle Pflege bei Demenz nach Leistungsarten [Informal care for dementia according to type of service]. *Der Nervenarzt*, 89(5), 509–515. <https://doi.org/10.1007/s00115-018-0511-7>
- Briggs, A. H., O'Brien, B. J. & Blackhouse, G. (2002). Thinking outside the box: recent advances in the analysis and presentation of uncertainty in cost-effectiveness studies. *Annual review of public health*, 23, 377–401. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.23.100901.140534>
- Brodie, M. A., Coppens, M. J., Lord, S. R., Lovell, N. H., Gschwind, Y. J., Redmond, S. J., Del, R. M. B., Wang, K., Sturnieks, D. L., Persiani, M. & Delbaere, K. (2016). Wearable pendant device monitoring using new wavelet-based methods shows daily life and laboratory gaits are different. *Medical & biological engineering & computing*, 54(4). <https://doi.org/10.1007/s11517-015-1357-9>
- Brouwer, W., van Exel, J., Baker, R. & Donaldson, C. (2008). The new myth: the social value of the QALY. *Pharmacoeconomics*, 26(1), 1–4. <https://doi.org/10.2165/00019053-200826010-00001>
- Caspersen, C. J., Powell, K. E. & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 100(2), 126–131.
- Chenoweth, L., Kable, A. & Pond, D. (2015). Research in hospital discharge procedures addresses gaps in care continuity in the community, but leaves gaping holes for people with dementia: a review of the literature. *Australasian journal on ageing*, 34(1), 9–14. <https://doi.org/10.1111/ajag.12205>
- Choi, H., Hayward, R. A. & Langa, K. M. (2013). Fall Associated Difficulty with Activities of Daily Living (ADL) in Functionally Independent Older Adults Aged 65 to 69 in the United States: A Cohort Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 61(1). <https://doi.org/10.1111/jgs.12071>
- Chung, J., Demiris, G. & Thompson, H. J. (2015). Instruments to assess mobility limitation in community-dwelling older adults: a systematic review. *Journal of aging and physical activity*, 23(2), 298–313.
- Chung, M. C., McKee, K. J., Austin, C., Barkby, H., Brown, H., Cash, S., Ellingford, J., Hanger, L. & Pais, T. (2009). Posttraumatic stress disorder in older people after a fall. *International journal of geriatric psychiatry*, 24(9), 955–964. <https://doi.org/10.1002/gps.2201>
- Costello, E., Kafchinski, M., Vrazel, J. & Sullivan, P. (2011). Motivators, barriers, and beliefs regarding physical activity in an older adult population. *Journal of geriatric physical therapy* (2001), 34(3), 138–147. <https://doi.org/10.1519/JPT.0b013e31820e0e71>
- Cox, K. L., Flicker, L., Almeida, O. P., Xiao, J., Greenop, K. R., Hendriks, J., Phillips, M. & Lautenschlager, N. T. (2013). The FABS trial: a randomised control trial of the effects of a 6-month physical activity intervention on adherence and long-term physical activity and self-efficacy in older adults with memory complaints. *Preventive medicine*, 57(6), 824–830. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2013.09.010>
- Cvitkovich, Y. & Wister, A. (2001). The Importance of Transportation and Prioritization of Environmental Needs to Sustain Well-Being among Older Adults. *Environment and Behavior*, 33(6), 809–829. <https://doi.org/10.1177/00139160121973250>
- D'Amico, F., Rehill, A., Knapp, M., Lowery, D., Cerga-Pashoja, A., Griffin, M., Iliffe, S. & Warner, J. (2016). Cost-effectiveness of exercise as a therapy for behavioural and psychological symptoms of dementia within the EVIDEM-E randomised controlled trial. *International journal of geriatric psychiatry*, 31(6), 656–665. <https://doi.org/10.1002/gps.4376>

- Dannhauser, T. M., Cleverley, M., Whitfield, T. J., Fletcher, B. C., Stevens, T. & Walker, Z. (2014). A complex multimodal activity intervention to reduce the risk of dementia in mild cognitive impairment--ThinkingFit: pilot and feasibility study for a randomized controlled trial. *BMC psychiatry*, *14*, 129. <https://doi.org/10.1186/1471-244X-14-129>
- Dautel, A., Eckert, T., Gross, M., Hauer, K., Schäufele, M., Lacroix, A., Hendlmeier, I., Abel, B., Pomiersky, R., Gugenhan, J., Büchele, G., Reber, K. C., Becker, C. & Pfeiffer, K. (2019). Multifactorial intervention for hip and pelvic fracture patients with mild to moderate cognitive impairment: study protocol of a dual-centre randomised controlled trial (OF-CARE). *BMC geriatrics*, *19*(1), 125. <https://doi.org/10.1186/s12877-019-1133-z>
- David, R., Mulin, E., Friedman, L., Le Duff, F., Cygankiewicz, E., Deschoux, O., Garcia, R., Yesavage, J. A., Robert, P. H. & Zeitzer, J. M. (2012). Decreased daytime motor activity associated with apathy in Alzheimer disease: an actigraphic study. *The American journal of geriatric psychiatry : official journal of the American Association for Geriatric Psychiatry*, *20*(9), 806–814. <https://doi.org/10.1097/JGP.0b013e31823038af>
- Davis, J. C., Marra, C. A., Robertson, M. C., Khan, K. M., Najafzadeh, M., Ashe, M. C. & Liu-Ambrose, T. (2011). Economic evaluation of dose-response resistance training in older women: a cost-effectiveness and cost-utility analysis. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, *22*(5), 1355–1366. <https://doi.org/10.1007/s00198-010-1356-5>
- Dawson, N., Judge, K. S. & Gerhart, H. (2019). Improved Functional Performance in Individuals With Dementia After a Moderate-Intensity Home-Based Exercise Program: A Randomized Controlled Trial. *Journal of geriatric physical therapy (2001)*, *42*(1), 18–27. <https://doi.org/10.1519/JPT.000000000000128>
- Delbaere, K., Close, J. C. T., Brodaty, H., Sachdev, P. & Lord, S. R. (2010). Determinants of disparities between perceived and physiological risk of falling among elderly people: cohort study. *BMJ (Clinical research ed.)*, *341*, c4165. <https://doi.org/10.1136/bmj>
- Denkinger, M. D., Igl, W., Lukas, A., Bader, A., Bailer, S., Franke, S., Denkinger, C. M., Nikolaus, T. & Jamour, M. (2010). Relationship between fear of falling and outcomes of an inpatient geriatric rehabilitation population--fear of the fear of falling. *Journal of the American Geriatrics Society*, *58*(4), 664–673. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2010.02759.x>
- Deshpande, N., Metter, E. J., Bandinelli, S., Lauretani, F., Windham, B. G. & Ferrucci, L. (2008). Psychological, physical, and sensory correlates of fear of falling and consequent activity restriction in the elderly: the InCHIANTI study. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, *87*(5), 354–362. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e31815e6e9b>
- Donath, C., Knöpfler, F., Gaßmann, K.-G. & Gräßel, E. (2011). Nachhaltigkeit stationärer geriatrischer Rehabilitation: Medizinische und psychologische Prädiktoren für die Selbstständigkeit 6 Monate nach Entlassung. *Physikalische Medizin, Rehabilitationsmedizin, Kurortmedizin*, *21*(01), 22–26. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1268470>
- Drummond, M. F., Sculpher, M. J., Claxton, K., Stoddart, G. L. & Torrance, G. W. (2015). *Methods for the economic evaluation of health care programmes*. Oxford university press.
- Dutzi, I., Schwenk, M., Kirchner, M., Bauer, J. M. & Hauer, K. (2017). Cognitive Change in Rehabilitation Patients with Dementia: Prevalence and Association with Rehabilitation Success. *Journal of Alzheimer's disease : JAD*, *60*(3). <https://doi.org/10.3233/JAD-170401>
- Dutzi, I., Schwenk, M., Kirchner, M., Bauer, J. M. & Hauer, K. (2019). "What would you like to achieve?" Goal-Setting in Patients with Dementia in Geriatric Rehabilitation. *BMC geriatrics*, *19*(1), 280.
- Dyer, S. M., Crotty, M., Fairhall, N., Magaziner, J., Beaupre, L. A., Cameron, I. D. & Sherrington, C. (2016). A critical review of the long-term disability outcomes following hip fracture. *BMC geriatrics*, *16*, 158. <https://doi.org/10.1186/s12877-016-0332-0>

- Eckert, T., Bongartz, M., Ullrich, P., Abel, B., Christian, W., Kiss, R., & Hauer, K. (2020). Promoting physical activity in geriatric patients with cognitive impairment after discharge from ward-rehabilitation: a feasibility study. *European Journal of Ageing*, 1-12. DOI: 10.1007/s10433-020-00555-w
- Eckert, T., Kampe, K., Kohler, M., Albrecht, D., Büchele, G., Hauer, K., Becker, C. & Pfeiffer, K (2020). Correlates of fear of falling and falls efficacy in geriatric patients recovering from hip / pelvic fracture. *Clinical rehabilitation*, 34(3), 416-425. DOI: 10.1177/0269215519891233
- Enders, C. K. (2010). *Applied missing data analysis*. Guilford press.
- Engel, G. L. (1977). The need for a new medical model: a challenge for biomedicine. *Science*, 196(4286), 129–136.
- Entgelttabellen Öffentlicher Dienst. (2015). *Entgelttabellen Öffentlicher Dienst*. <https://oeffentlicher-dienst.info/c/t/rechner/tvoed/bund/a/2015?id=tvoed-bund-2015&matrix=1>
- Eronen, J., Bonsdorff, M. von, Rantakokko, M., Portegijs, E., Viljanen, A. & Rantanen, T. (2016). Socioeconomic Status and Life-Space Mobility in Old Age. *Journal of aging and physical activity*, 24(4), 617–623. <https://doi.org/10.1123/japa.2015-0196>
- EStG - Einkommensteuergesetzbuch. zuletzt geändert durch Art. 6 G vom 12. August 2020 (BGBl. I S. 1879, 1885).
- EuroQol Group (1990). EuroQol-a new facility for the measurement of health-related quality of life. *Health policy*, 16(3), 199–208.
- Everink, I. H. J., van Haastregt, J. C. M., Evers, S. M. A. A., Kempen, G. I. J. M. & Schols, J. M. G. A. (2018). An economic evaluation of an integrated care pathway in geriatric rehabilitation for older patients with complex health problems. *PloS one*, 13(2), e0191851. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191851>
- Everink, I. H. J., van Haastregt, J. C. M., van Hoof, Sofie J. M., Schols, J. M. G. A. & Kempen, G. I. J. M. (2016). Factors influencing home discharge after inpatient rehabilitation of older patients: a systematic review. *BMC geriatrics*, 16. <https://doi.org/10.1186/s12877-016-0187-4>
- Fairhall, N., Sherrington, C., Kurrle, S. E., Lord, S. R., Lockwood, K., Howard, K., Hayes, A., Monaghan, N., Langron, C., Aggar, C. & Cameron, I. D. (2015). Economic evaluation of a multifactorial, interdisciplinary intervention versus usual care to reduce frailty in frail older people. *J Am Med Dir Assoc*, 16(1), 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2014.07.006>
- Fairhall, N., Sherrington, C., Kurrle, S. E., Lord, S. R., Lockwood, K. & Cameron, I. D. (2012). Effect of a multifactorial interdisciplinary intervention on mobility-related disability in frail older people: randomised controlled trial. *BMC medicine*, 10, 120. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-120>
- Farag, I., Howard, K., Hayes, A. J., Ferreira, M. L., Lord, S. R., Close, J. T., Vogler, C., Dean, C. M., Cumming, R. G. & Sherrington, C. (2015). Cost-effectiveness of a Home-Exercise Program Among Older People After Hospitalization. *J Am Med Dir Assoc*, 16(6), 490–496. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2015.01.075>
- Farag, I., Howard, K., O'Rourke, S., Ferreira, M. L., Lord, S. R., Close, J. C. T., Vogler, C., Dean, C. M., Cumming, R. G. & Sherrington, C. (2016). Health and social support services in older adults recently discharged from hospital: service utilisation and costs and exploration of the impact of a home-exercise intervention. *BMC geriatrics*, 16, 82. <https://doi.org/10.1186/s12877-016-0254-x>
- Fillekes, M. P., Röcke, C., Katana, M. & Weibel, R. (2019). Self-reported versus GPS-derived indicators of daily mobility in a sample of healthy older adults. *Social science & medicine (1982)*, 220, 193–202. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2018.11.010>
- Folstein, M. F., Folstein, S. E. & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state". *Journal of psychiatric research*, 12(3), 189–198. [https://doi.org/10.1016/0022-3956\(75\)90026-6](https://doi.org/10.1016/0022-3956(75)90026-6)

- Forbes, D., Forbes, S. C., Blake, C. M., Thiessen, E. J. & Forbes, S. (2015). Exercise programs for people with dementia. *The Cochrane database of systematic reviews*(4), CD006489. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006489.pub4>.
- French, D. P., Olander, E. K., Chisholm, A. & Mc Sharry, J. (2014). Which behaviour change techniques are most effective at increasing older adults' self-efficacy and physical activity behaviour? A systematic review. *Annals of behavioral medicine : a publication of the Society of Behavioral Medicine*, 48(2), 225–234. <https://doi.org/10.1007/s12160-014-9593-z>
- Fristedt, S., Kammerlind, A.-S., Bravell, M. E. & Fransson, E. I. (2016). Concurrent validity of the Swedish version of the life-space assessment questionnaire. *BMC geriatrics*, 16(1), 181. <https://doi.org/10.1186/s12877-016-0357-4>
- Gagnon, N., Flint, A. J., Naglie, G. & Devins, G. M. (2005). Affective Correlates of Fear of Falling in Elderly Persons. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 13(1), 7–14. <https://doi.org/10.1097/00019442-200501000-00003>
- Gesundheitsberichterstattung des Bundes. (2020). *Gesundheitsausgaben in Deutschland*.
- Giannouli, E., Bock, O., Mellone, S. & Zijlstra, W. (2016). Mobility in Old Age: Capacity Is Not Performance. *BioMed research international*, 2016, 3261567. <https://doi.org/10.1155/2016/3261567>
- Giannouli, E., Fillekes, M. P., Mellone, S., Weibel, R., Bock, O. & Zijlstra, W. (2019). Predictors of real-life mobility in community-dwelling older adults: an exploration based on a comprehensive framework for analyzing mobility. *European review of aging and physical activity : official journal of the European Group for Research into Elderly and Physical Activity*, 16, 19. <https://doi.org/10.1186/s11556-019-0225-2>
- Glick, H. A., Doshi, J. A., Sonnad, S. S. & Polsky, D. (2014). *Economic evaluation in clinical trials*. OUP Oxford.
- Gonçalves, A.-C., Cruz, J., Marques, A., Demain, S. & Samuel, D. (2018). Evaluating physical activity in dementia: a systematic review of outcomes to inform the development of a core outcome set. *Age and ageing*, 47(1), 34–41. <https://doi.org/10.1093/ageing/afx135>
- Greiner, W., Claes, C., Busschbach, J. J. V. & Graf von der Schulenburg, J.-M. (2005). Validating the EQ-5D with time trade off for the German population. *The European Journal of Health Economics*, 6(2), 124–130. <https://doi.org/10.1007/s10198-004-0264-z>
- Guralnik, J. M., Simonsick, E. M., Ferrucci, L., Glynn, R. J., Berkman, L. F., Blazer, D. G., Scherr, P. A. & Wallace, R. B. (1994). A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *Journal of gerontology*, 49(2), M85-94. <https://doi.org/10.1093/geronj/49.2.m85>
- Hadjistavropoulos, T., Delbaere, K. & Fitzgerald, T. D. (2011). Reconceptualizing the role of fear of falling and balance confidence in fall risk. *Journal of aging and health*, 23(1), 3–23. <https://doi.org/10.1177/0898264310378039>
- Hajek, A., Bretschneider, C., Lange, C., Posselt, T., Wiese, B., Steinmann, S., Weyerer, S., Werle, J., Pentzek, M., Fuchs, A., Stein, J., Luck, T., Bickel, H., Mösch, E., Wagner, M., Jessen, F., Maier, W., Scherer, M., Riedel-Heller, S. G. & König, H.-H. (2015). Longitudinal Predictors of Institutionalization in Old Age. *PloS one*, 10(12), e0144203. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144203>
- Hallauer, J. F. (2002). Epidemiologie für Deutschland mit Prognose. *Weißbuch Demenz. Versorgungssituation relevanter Demenzerkrankungen in Deutschland*. Stuttgart: Thieme. S, 15–17.
- Harada, K., Lee, S., Lee, S., Bae, S., Harada, K., Suzuki, T. & Shimada, H. (2017). Objectively-measured outdoor time and physical and psychological function among older adults. *Geriatrics & gerontology international*, 17(10), 1455–1462. <https://doi.org/10.1111/ggi.12895>
- Hauer, K., Schwenk, M., Zieschang, T., Essig, M., Becker, C. & Oster, P. (2012). Physical training improves motor performance in people with dementia: a randomized controlled

- trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(1), 8–15. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2011.03778.x>
- Hauer, K., Ullrich, P., Dutzi, I., Beurskens, R., Kern, S., Bauer, J. & Schwenk, M. (2017). Effects of Standardized Home Training in Patients with Cognitive Impairment following Geriatric Rehabilitation: A Randomized Controlled Pilot Study. *Gerontology*, 63(6), 495–506. <https://doi.org/10.1159/000478263>
- Hauer, K. A., Kempen, G. I., Schwenk, M., Yardley, L., Beyer, N., Todd, C., Oster, P. & Zijlstra, G. R. (2011). Validity and sensitivity to change of the falls efficacy scales international to assess fear of falling in older adults with and without cognitive impairment. *Gerontology*, 57(5), 462–472.
- Hawley-Hague, H., Horne, M., Skelton, D. A. & Todd, C. (2016). Review of how we should define (and measure) adherence in studies examining older adults' participation in exercise classes. *BMJ open*, 6(6).
- Hayes, S. C., Pistorello, J. & Levin, M. E. (2012). Acceptance and commitment therapy as a unified model of behavior change. *The Counseling Psychologist*, 40(7), 976–1002.
- Hershkovitz, A., Kalandarov, Z., Hermush, V., Weiss, R. & Brill, S. (2007). Factors affecting short-term rehabilitation outcomes of disabled elderly patients with proximal hip fracture. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 88(7), 916–921. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.03.029>
- Heyn, P., Abreu, B. C. & Ottenbacher, K. J. (2004). The effects of exercise training on elderly persons with cognitive impairment and dementia: a meta-analysis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 85(10), 1694–1704. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.03.019>
- Hickey, A., Barker, M., McGee, H. & O'Boyle, C. (2005). Measuring health-related quality of life in older patient populations: a review of current approaches. *PharmacoEconomics*, 23(10). <https://doi.org/10.2165/00019053-200523100-00002>
- Hill, A.-M., McPhail, S. M., Waldron, N., Etherton-Beer, C., Ingram, K., Flicker, L., Bulsara, M. & Haines, T. P. (2015). Fall rates in hospital rehabilitation units after individualised patient and staff education programmes: a pragmatic, stepped-wedge, cluster-randomised controlled trial. *The Lancet*, 385(9987), 2592–2599. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)61945-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61945-0)
- Hoch, J. S., Briggs, A. H. & Willan, A. R. (2002). Something old, something new, something borrowed, something blue: a framework for the marriage of health econometrics and cost-effectiveness analysis. *Health economics*, 11(5), 415–430. <https://doi.org/10.1002/hec.678>
- Hughes, C. C., Kneebone, I. I., Jones, F. & Brady, B. (2015). A theoretical and empirical review of psychological factors associated with falls-related psychological concerns in community-dwelling older people. *International psychogeriatrics*, 27(7), 1071–1087. <https://doi.org/10.1017/S1041610214002701>
- Huter, K., Kocot, E., Kissimova-Skarbek, K., Dubas-Jakóbczyk, K. & Rothgang, H. (2016). Economic evaluation of health promotion for older people-methodological problems and challenges. *BMC health services research*, 16 Suppl 5, 328. <https://doi.org/10.1186/s12913-016-1519-y>
- Icks, A., Arend, W., Becker, C., Rapp, K., Jungbluth, P. & Haastert, B. (2013). Incidence of hip fractures in Germany, 1995-2010. *Archives of osteoporosis*, 8, 140. <https://doi.org/10.1007/s11657-013-0140-5>
- Inouye, S. K., Brown, C. J. & Tinetti, M. E. (2009). Medicare nonpayment, hospital falls, and unintended consequences. *New England Journal of Medicine*, 360(23), 2390.
- IQWiG. (2017). *Allgemeine Methoden. Version 5.0.*
- Jacus, J.-P. (2017). Awareness, apathy, and depression in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Brain and behavior*, 7(4), e00661. <https://doi.org/10.1002/brb3.661>

- Jansen, C.-P., Diegelmann, M., Schnabel, E.-L., Wahl, H.-W. & Hauer, K. (2017). Life-space and movement behavior in nursing home residents: results of a new sensor-based assessment and associated factors. *BMC geriatrics*, 17(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s12877-017-0430-7>
- Jing, W., Willis, R. & Feng, Z. (2016). Factors influencing quality of life of elderly people with dementia and care implications: A systematic review. *Archives of gerontology and geriatrics*, 66, 23–41. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2016.04.009>
- Kaspar, R., Oswald, F., Wahl, H.-W., Voss, E. & Wettstein, M. (2015). Daily mood and out-of-home mobility in older adults: does cognitive impairment matter? *Journal of applied gerontology : the official journal of the Southern Gerontological Society*, 34(1), 26–47. <https://doi.org/10.1177/0733464812466290>
- Katzman, R., Brown, T., Fuld, P., Peck, A., Schechter, R. & Schimmel, H. (1983). Validation of a short Orientation-Memory-Concentration Test of cognitive impairment. *The American journal of psychiatry*, 140(6), 734–739. <https://doi.org/10.1176/ajp.140.6.734>
- Kempen, G. I. J. M., Yardley, L., van Haastregt, J. C. M., Zijlstra, G. A. R., Beyer, N., Hauer, K. & Todd, C. (2008). The Short FES-I: a shortened version of the falls efficacy scale-international to assess fear of falling. *Age and ageing*, 37(1), 45–50. <https://doi.org/10.1093/ageing/afm157>
- Khan, I., Petrou, S., Khan, K., Mistry, D., Lall, R., Sheehan, B. & Lamb, S. (2019). Does Structured Exercise Improve Cognitive Impairment in People with Mild to Moderate Dementia? A Cost-Effectiveness Analysis from a Confirmatory Randomised Controlled Trial: The Dementia and Physical Activity (DAPA) Trial. *PharmacoEconomics - open*, 3(2), 215–227. <https://doi.org/10.1007/s41669-018-0097-9>
- Kim, E., Ullrich-French, S., Bolkan, C. & Hill, L. G. (2018). The Role of Caregivers in Physical Activity for Older Adults With Alzheimer's Disease. *American journal of Alzheimer's disease and other dementias*, 33(2), 122–130. <https://doi.org/10.1177/1533317517740664>
- Kool, J., Oesch, P. & Bachmann, S. (2017). Predictors for living at home after geriatric inpatient rehabilitation: A prospective cohort study. *Journal of rehabilitation medicine*, 49(2), 185–190. <https://doi.org/10.2340/16501977-2182>
- Kornfield, S. L., Lenze, E. J. & Rawson, K. S. (2017). Predictors of Posttraumatic Stress Symptoms and Association with Fear of Falling After Hip Fracture. *Journal of the American Geriatrics Society*, 65(6), 1251–1257. <https://doi.org/10.1111/jgs.14771>
- Krauth, C., Hessel, F., Hansmeier, T., Wasem, J., Seitz, R. & Schweikert, B. (2005). Empirische Bewertungssätze in der gesundheitsökonomischen Evaluation -- ein Vorschlag der AG Methoden der gesundheitsökonomischen Evaluation (AG MEG) [Empirical standard costs for health economic evaluation in Germany -- a proposal by the working group methods in health economic evaluation]. *Gesundheitswesen (Bundesverband der Ärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (Germany))*, 67(10), 736–746. <https://doi.org/10.1055/s-2005-858698>
- Krauth, C., John, J. & Suhrcke, M. (2011). Gesundheitsökonomische Methoden in der Prävention. *Prävention und Gesundheitsförderung*, 6(2), 85–93. <https://doi.org/10.1007/s11553-011-0300-7>
- Kronborg, L., Bandholm, T., Palm, H., Kehlet, H. & Kristensen, M. T. (2016). Physical Activity in the Acute Ward Following Hip Fracture Surgery is Associated with Less Fear of Falling. *Journal of aging and physical activity*, 24(4), 525–532. <https://doi.org/10.1123/japa.2015-0071>
- Kuspinar, A., Verschoor, C. P., Beauchamp, M. K., Dushoff, J., Ma, J., Amster, E., Bassim, C., Dal Bello-Haas, V., Gregory, M. A., Harris, J. E., Letts, L., Neil-Sztramko, S. E., Richardson, J., Valaitis, R. & Vrkljan, B. (2020). Modifiable factors related to life-space mobility in community-dwelling older adults: results from the Canadian Longitudinal Study on Aging. *BMC geriatrics*, 20(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s12877-020-1431-5>
- Kwon, S., Perera, S., Pahor, M., Katula, J. A., King, A. C., Groessl, E. J. & Studenski, S. A. (2009). What is a meaningful change in physical performance? Findings from a clinical

- trial in older adults (the LIFE-P study). *The journal of nutrition, health & aging*, 13(6), 538–544.
- Landers, M. R., Durand, C., Powell, D. S., Dibble, L. E. & Young, D. L. (2011). Development of a scale to assess avoidance behavior due to a fear of falling: the Fear of Falling Avoidance Behavior Questionnaire. *Physical therapy*, 91(8), 1253–1265. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100304>
- Lauretani, F., Ticinesi, A., Gionti, L., Prati, B., Nouvenne, A., Tana, C., Meschi, T. & Maggio, M. (2019). Short-Physical Performance Battery (SPPB) score is associated with falls in older outpatients. *Aging clinical and experimental research*, 31(10), 1435–1442. <https://doi.org/10.1007/s40520-018-1082-y>
- Lawrence, R. H., Tennstedt, S. L., Kasten, L. E., Shih, J., Howland, J. & Jette, A. M. (1998). Intensity and correlates of fear of falling and hurting oneself in the next year: baseline findings from a Roybal Center fear of falling intervention. *Journal of aging and health*, 10(3), 267–286. <https://doi.org/10.1177/089826439801000301>
- Leach, J. M., Mellone, S., Palumbo, P., Bandinelli, S. & Chiari, L. (2018). Natural turn measures predict recurrent falls in community-dwelling older adults: a longitudinal cohort study. *Scientific reports*, 8(1), 4316. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22492-6>
- Lindelöf, N., Karlsson, S. & Lundman, B. (2012). Experiences of a high-intensity functional exercise programme among older people dependent in activities of daily living. *Physiotherapy theory and practice*, 28(4), 307–316. <https://doi.org/10.3109/09593985.2011.611217>
- Lo, A. X., Rundle, A. G., Buys, D., Kennedy, R. E., Sawyer, P., Allman, R. M. & Brown, C. J. (2016). Neighborhood Disadvantage and Life-Space Mobility Are Associated with Incident Falls in Community-Dwelling Older Adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 64(11), 2218–2225. <https://doi.org/10.1111/jgs.14353>
- Logsdon, R. G., McCurry, S. M., Pike, K. C. & Teri, L. (2009). Making physical activity accessible to older adults with memory loss: a feasibility study. *The Gerontologist*, 49(S1), S94-S99.
- Lowery, D., Cerga-Pashoja, A., Iliffe, S., Thuné-Boyle, I., Griffin, M., Lee, J., Bailey, A., Bhattacharya, R. & Warner, J. (2014). The effect of exercise on behavioural and psychological symptoms of dementia: the EVIDEM-E randomised controlled clinical trial. *International journal of geriatric psychiatry*, 29(8), 819–827. <https://doi.org/10.1002/gps.4062>
- Lübke, N., Meinck, M. & Renteln-Kruse, W. von (2004). Der Barthel-Index in der Geriatrie. Eine Kontextanalyse zum Hamburger Einstufungsmanual [The Barthel Index in geriatrics. A context analysis for the Hamburg Classification Manual]. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 37(4), 316–326. <https://doi.org/10.1007/s00391-004-0233-2>
- Maier, W., Jessen, F., Schneider, F., Deuschl, G., Spottke, A. & Reichmann, H. (2010). *Diagnose- und Behandlungsleitlinie Demenz*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-13092-2>
- Manca, A., Hawkins, N. & Sculpher, M. J. (2005). Estimating mean QALYs in trial-based cost-effectiveness analysis: the importance of controlling for baseline utility. *Health economics*, 14(5), 487–496. <https://doi.org/10.1002/hec.944>
- Marin, R. S. (1990). Differential diagnosis and classification of apathy. *The American journal of psychiatry*, 147(1), 22–30. <https://doi.org/10.1176/ajp.147.1.22>
- Matsuda, P. N., Eagen, T., Hreha, K. P., Finlayson, M. L. & Molton, I. R. (2019). Relationship Between Fear of Falling and Physical Activity in People Aging With a Disability. *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12289>
- Matthews, J. N., Altman, D. G., Campbell, M. J. & Royston, P. (1990). Analysis of serial measurements in medical research. *BMJ (Clinical research ed.)*, 300(6719), 230–235. <https://doi.org/10.1136/bmj.300.6719.230>

- Matz-Costa, C., Howard, E. P., Castaneda-Sceppa, C., Diaz-Valdes Iriarte, A. & Lachman, M. E. (2019). Peer-Based Strategies to Support Physical Activity Interventions for Older Adults: A Typology, Conceptual Framework, and Practice Guidelines. *The Gerontologist*, 59(6), 1007–1016. <https://doi.org/10.1093/geront/gny092>
- May, D., Nayak, U. S. & Isaacs, B. (1985). The life-space diary: a measure of mobility in old people at home. *International rehabilitation medicine*, 7(4), 182–186. <https://doi.org/10.3109/03790798509165993>
- McGilton, K. S., Omar, A., Stewart, S. S., Chu, C. H., Blodgett, M. B., Bethell, J. & Davis, A. M. (2019). Factors That Influence the Reintegration to Normal Living for Older Adults 2 Years Post Hip Fracture. *Journal of applied gerontology : the official journal of the Southern Gerontological Society*, 733464819885718. <https://doi.org/10.1177/0733464819885718>
- McKee, K. J., Orbell, S., Austin, C. A., Bettridge, R., Liddle, B. J., Morgan, K. & Radley, K. (2002). Fear of falling, falls efficacy, and health outcomes in older people following hip fracture. *Disability and rehabilitation*, 24(6), 327–333. <https://doi.org/10.1080/09638280110093686>
- McLeroy, K. R., Bibeau, D., Steckler, A. & Glanz, K. (1988). An ecological perspective on health promotion programs. *Health education quarterly*, 15(4), 351–377. <https://doi.org/10.1177/109019818801500401>
- Metz, D. H. (2000). Mobility of older people and their quality of life. *Transport policy*, 7(2), 149–152.
- Michalowsky, B., Thyrian, J. R., Eichler, T., Hertel, J., Wucherer, D., Flessa, S. & Hoffmann, W. (2016). Economic Analysis of Formal Care, Informal Care, and Productivity Losses in Primary Care Patients who Screened Positive for Dementia in Germany. *Journal of Alzheimer's disease : JAD*, 50(1), 47–59. <https://doi.org/10.3233/JAD-150600>
- Michie, S., Ashford, S., Sniehotta, F. F., Dombrowski, S. U., Bishop, A. & French, D. P. (2011). A refined taxonomy of behaviour change techniques to help people change their physical activity and healthy eating behaviours: the CALO-RE taxonomy. *Psychology & health*, 26(11), 1479–1498. <https://doi.org/10.1080/08870446.2010.540664>
- Monastero, R., Mangialasche, F., Camarda, C., Ercolani, S. & Camarda, R. (2009). A systematic review of neuropsychiatric symptoms in mild cognitive impairment. *Journal of Alzheimer's disease : JAD*, 18(1), 11–30. <https://doi.org/10.3233/JAD-2009-1120>
- Monsch, A. U., Foldi, N. S., Ermini-Fünfschilling, D. E., Berres, M., Taylor, K. I., Seifritz, E., Stähelin, H. B. & Spiegel, R. (1995). Improving the diagnostic accuracy of the Mini-Mental State Examination. *Acta neurologica Scandinavica*, 92(2), 145–150. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0404.1995.tb01029.x>
- Montgomery, S. A. & Asberg, M. (1979). A new depression scale designed to be sensitive to change. *The British journal of psychiatry : the journal of mental science*, 134. <https://doi.org/10.1192/bjp.134.4.382>
- Moseley, A. M., Sherrington, C., Lord, S. R., Barraclough, E., St George, R. J. & Cameron, I. D. (2009). Mobility training after hip fracture: a randomised controlled trial. *Age and ageing*, 38(1), 74–80. <https://doi.org/10.1093/ageing/afn217>
- Murphy, J. & Isaacs, B. (1982). The post-fall syndrome. A study of 36 elderly patients. *Gerontology*, 28(4), 265–270. <https://doi.org/10.1159/000212543>
- Murphy, J., Tester, S., Hubbard, G., Downs, M. & MacDonald, C. (2005). Enabling frail older people with a communication difficulty to express their views: the use of Talking Mats as an interview tool. *Health & social care in the community*, 13(2), 95–107. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2524.2005.00528.x>
- Muthén, L. K. & Muthén, B. (2010). Mplus 6.0. Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.
- Nagl, A., Witte, J., Hodek, J. M. & Greiner, W. (2012). Relationship between multimorbidity and direct healthcare costs in an advanced elderly population. Results of the PRISCUS trial. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 45(2), 146–154. <https://doi.org/10.1007/s00391-011-0266-2>

- Nickel, F., Barth, J. & Kolominsky-Rabas, P. L. (2018). Health economic evaluations of non-pharmacological interventions for persons with dementia and their informal caregivers: a systematic review. *BMC geriatrics*, 18(1), 69. <https://doi.org/10.1186/s12877-018-0751-1>
- Nikolaus, T., Specht-Leible, N., Bach, M., Oster, P. & Schlierf, G. (1994). Soziale Aspekte bei Diagnostik und Therapie hochbetagter Patienten. Erste Erfahrungen mit einem neu entwickelten Fragebogen im Rahmen des geriatrischen Assessment. *Zeitschrift für Gerontologie*, 27, 240–245.
- Nowossadeck, E. (2012). *Demografische Alterung und Folgen für das Gesundheitswesen*. <https://doi.org/10.25646/3031>
- Nyman, S. R., Adamczewska, N. & Howlett, N. (2018). Systematic review of behaviour change techniques to promote participation in physical activity among people with dementia. *British journal of health psychology*, 23(1), 148–170. <https://doi.org/10.1111/bjhp.12279>
- Oddy, R. (1987). Promoting mobility in patients with dementia: some suggested strategies for physiotherapists. *Physiotherapy Practice*, 3(1), 18–27. <https://doi.org/10.3109/09593988709044164>
- Öhman, H., Savikko, N., Strandberg, T. E. & Pitkälä, K. H. (2014). Effect of physical exercise on cognitive performance in older adults with mild cognitive impairment or dementia: a systematic review. *Dementia and geriatric cognitive disorders*, 38(5-6), 347–365. <https://doi.org/10.1159/000365388>
- Olij, B. F., Ophuis, R. H., Polinder, S., van Beeck, E. F., Burdorf, A., Panneman, M. J. M. & Sterke, C. S. (2018). Economic Evaluations of Falls Prevention Programs for Older Adults: A Systematic Review. *Journal of the American Geriatrics Society*, 66(11), 2197–2204. <https://doi.org/10.1111/jgs.15578>
- Olsen, C. F., Telenius, E. W., Engedal, K. & Bergland, A. (2015). Increased self-efficacy: the experience of high-intensity exercise of nursing home residents with dementia - a qualitative study. *BMC health services research*, 15, 379. <https://doi.org/10.1186/s12913-015-1041-7>
- Oude Voshaar, R. C., Banerjee, S., Horan, M., Baldwin, R., Pendleton, N., Proctor, R., Tarrier, N., Woodward, Y. & Burns, A. (2006). Fear of falling more important than pain and depression for functional recovery after surgery for hip fracture in older people. *Psychological medicine*, 36(11), 1635–1645. <https://doi.org/10.1017/S0033291706008270>
- Palmer, K., Di Iulio, F., Varsi, A. E., Gianni, W., Sancesario, G., Caltagirone, C. & Spalletta, G. (2010). Neuropsychiatric predictors of progression from amnesic-mild cognitive impairment to Alzheimer's disease: the role of depression and apathy. *Journal of Alzheimer's disease : JAD*, 20(1), 175–183. <https://doi.org/10.3233/JAD-2010-1352>
- Peel, C., Sawyer Baker, P., Roth, D. L., Brown, C. J., Brodner, E. V. & Allman, R. M. (2005). Assessing mobility in older adults: the UAB Study of Aging Life-Space Assessment. *Physical therapy*, 85(10), 1008–1119.
- Pendergrass, A., Hautzinger, M., Elliott, T. R., Schilling, O., Becker, C. & Pfeiffer, K. (2017). Family caregiver adjustment and stroke survivor impairment: A path analytic model. *Rehabilitation psychology*, 62(2), 81–88. <https://doi.org/10.1037/rep0000118>
- Pennington, M., Visram, S., Donaldson, C., White, M., Lhussier, M., Deane, K., Forster, N. & Carr, S. M. (2013). Cost-effectiveness of health-related lifestyle advice delivered by peer or lay advisors: synthesis of evidence from a systematic review. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 11(1), 1–12.
- Perera, S., Mody, S. H., Woodman, R. C. & Studenski, S. A. (2006). Meaningful change and responsiveness in common physical performance measures in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 54(5), 743–749.
- Perrochon, A., Tchalla, A. E., Bonis, J., Perucaud, F. & Mandigout, S. (2015). Effects of a Multicomponent Exercise Program on Spatiotemporal Gait Parameters, Risk of Falling

- and Physical Activity in Dementia Patients. *Dementia and geriatric cognitive disorders extra*, 5(3), 350–360. <https://doi.org/10.1159/000435772>
- Pitkälä, K., Savikko, N., Poysti, M., Strandberg, T. & Laakkonen, M.-L. (2013). Efficacy of physical exercise intervention on mobility and physical functioning in older people with dementia: a systematic review. *Experimental gerontology*, 48(1), 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2012.08.008>
- Podsiadlo, D. & Richardson, S. (1991). The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142–148. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>
- Polku, H., Mikkola, T. M., Portegijs, E., Rantakokko, M., Kokko, K., Kauppinen, M., Rantanen, T. & Viljanen, A. (2015). Life-space mobility and dimensions of depressive symptoms among community-dwelling older adults. *Aging & mental health*, 19(9), 781–789. <https://doi.org/10.1080/13607863.2014.977768>
- Poranen-Clark, T., Bonsdorff, M. B. von, Rantakokko, M., Portegijs, E., Eronen, J., Kauppinen, M., Eriksson, J. G., Rantanen, T. & Viljanen, A. (2018). Executive function and life-space mobility in old age. *Aging clinical and experimental research*, 30(2), 145–151. <https://doi.org/10.1007/s40520-017-0762-3>
- Portegijs, E., Rantakokko, M., Mikkola, T. M., Viljanen, A. & Rantanen, T. (2014). Association between physical performance and sense of autonomy in outdoor activities and life-space mobility in community-dwelling older people. *Journal of the American Geriatrics Society*, 62(4), 615–621. <https://doi.org/10.1111/jgs.12763>
- Potter, R., Ellard, D., Rees, K. & Thorogood, M. (2011). A systematic review of the effects of physical activity on physical functioning, quality of life and depression in older people with dementia. *International journal of geriatric psychiatry*, 26(10), 1000–1011. <https://doi.org/10.1002/gps.2641>
- Powell, L. E. & Myers, A. M. (1995). The activities-specific balance confidence (ABC) scale. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 50(1), M28-M34.
- Poynter, L., Kwan, J., Sayer, A. A. & Vassallo, M. (2011). Does cognitive impairment affect rehabilitation outcome? *Journal of the American Geriatrics Society*, 59(11), 2108–2111. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2011.03658.x>
- Prick, A.-E., Lange, J. de, Scherder, E., Twisk, J. & Pot, A. M. (2016). The effects of a multicomponent dyadic intervention on the mood, behavior, and physical health of people with dementia: a randomized controlled trial. *Clinical interventions in aging*, 11, 383–395. <https://doi.org/10.2147/CIA.S95789>
- Prince, M., Comas-Herrera, A., Knapp, M., Guerchet, M. & Karagiannidou, M. (2016). World Alzheimer report 2016: improving healthcare for people living with dementia: coverage, quality and costs now and in the future.
- Ramsey, S. D., Willke, R. J., Glick, H., Reed, S. D., Augustovski, F., Jonsson, B., Briggs, A. & Sullivan, S. D. (2015). Cost-effectiveness analysis alongside clinical trials II-An ISPOR Good Research Practices Task Force report. *Value Health*, 18(2), 161–172. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2015.02.001>
- Rantakokko, M., Iwarsson, S., Portegijs, E., Viljanen, A. & Rantanen, T. (2015). Associations between environmental characteristics and life-space mobility in community-dwelling older people. *Journal of aging and health*, 27(4), 606–621. <https://doi.org/10.1177/0898264314555328>
- Rantakokko, M., Portegijs, E., Viljanen, A., Iwarsson, S., Kauppinen, M. & Rantanen, T. (2016). Changes in life-space mobility and quality of life among community-dwelling older people: a 2-year follow-up study. *Quality of life research : an international journal of quality of life aspects of treatment, care and rehabilitation*, 25(5), 1189–1197. <https://doi.org/10.1007/s11136-015-1137-x>
- Rantakokko, M., Portegijs, E., Viljanen, A., Iwarsson, S., Kauppinen, M. & Rantanen, T. (2017). Perceived environmental barriers to outdoor mobility and changes in sense of autonomy

- in participation outdoors among older people: a prospective two-year cohort study. *Aging & mental health*, 21(8), 805–809. <https://doi.org/10.1080/13607863.2016.1159281>
- Rao, A. K., Chou, A., Bursley, B., Smulofsky, J. & Jezequel, J. (2014). Systematic review of the effects of exercise on activities of daily living in people with Alzheimer's disease. *The American journal of occupational therapy : official publication of the American Occupational Therapy Association*, 68(1), 50–56. <https://doi.org/10.5014/ajot.2014.009035>
- Reinhardt, U. E. (2003). Does the aging of the population really drive the demand for health care? *Health affairs (Project Hope)*, 22(6), 27–39. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.22.6.27>
- Ribbink, M. E., van Seben, R., Reichardt, L. A., Aarden, J. J., van der Schaaf, M., van der Esch, M., Engelbert, R. H. H., Twisk, J. W. R., Bosch, J. A., MacNeil Vroomen, J. L. & Buurman, B. M. (2019). Determinants of Post-acute Care Costs in Acutely Hospitalized Older Adults: The Hospital-ADL Study. *Journal of the American Medical Directors Association*, 20(10), 1300-1306.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2019.03.013>
- Roche, J. J. W., Wenn, R. T., Sahota, O. & Moran, C. G. (2005). Effect of comorbidities and postoperative complications on mortality after hip fracture in elderly people: prospective observational cohort study. *BMJ (Clinical research ed.)*, 331(7529), 1374. <https://doi.org/10.1136/bmj.38643.663843.55>
- Rogowski, W. H. (2013). An economic theory of the fourth hurdle. *Health economics*, 22(5), 600–610. <https://doi.org/10.1002/hec.2830>
- Rolland, Y., Pillard, F., Klapouszczak, A., Reynish, E., Thomas, D., Andrieu, S., Rivière, D. & Vellas, B. (2007). Exercise program for nursing home residents with Alzheimer's disease: a 1-year randomized, controlled trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, 55(2), 158–165. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2007.01035.x>
- Rosso, A. L., Taylor, J. A., Tabb, L. P. & Michael, Y. L. (2013). Mobility, disability, and social engagement in older adults. *Journal of aging and health*, 25(4), 617–637. <https://doi.org/10.1177/0898264313482489>
- Royall, Lauterbach, E. C., Kaufer, D., Malloy, P., Coburn, K. L. & Black, K. J. (2007). The cognitive correlates of functional status: a review from the Committee on Research of the American Neuropsychiatric Association. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, 19(3). <https://doi.org/10.1176/jnp.2007.19.3.249>
- Royall, D. R. & Palmer, R. F. (2014). "Executive functions" cannot be distinguished from general intelligence: two variations on a single theme within a symphony of latent variance. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 8, 369. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2014.00369>
- Samsi, K. & Manthorpe, J. (2013). Everyday decision-making in dementia: findings from a longitudinal interview study of people with dementia and family carers. *International psychogeriatrics*, 25(6), 949–961. <https://doi.org/10.1017/S1041610213000306>
- Saß, Henning. (2003). *Diagnostisches und statistisches Manual psychischer Störungen: Textrevision - DSM-IV-TR* (übersetzt nach der Textrevision der 4. Aufl.). Hogrefe.
- Scarlett, L., Baikie, E. & Chan, S. W. Y. (2019). Fear of falling and emotional regulation in older adults. *Aging & mental health*, 23(12), 1684–1690. <https://doi.org/10.1080/13607863.2018.1506749>
- Schmidtke, A., Fleckenstein, P., Moises, W. & Beckmann, H. (1988). Untersuchungen zur Reliabilität und Validität einer deutschen Version der Montgomery-Asberg Depression-Rating Scale (MADRS) [Studies of the reliability and validity of the German version of the Montgomery-Asberg Depression Rating Scale (MADRS)]. *Schweizer Archiv für Neurologie und Psychiatrie (Zurich, Switzerland : 1985)*, 139(2), 51–65.
- Schöffski, O. & Graf von der Schulenburg, J.-M. (2012). *Gesundheitsökonomische Evaluationen*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-21700-5>
- Schwarzer, R., Rochau, U., Saverno, K., Jahn, B., Bornschein, B., Muehlberger, N., Flatscher-Thoeni, M., Schnell-Inderst, P., Sroczynski, G., Lackner, M., Schall, I., Hebborn, A., Pugner, K., Fehervary, A., Brixner, D. & Siebert, U. (2015). Systematic overview of cost-

- effectiveness thresholds in ten countries across four continents. *Journal of comparative effectiveness research*, 4(5), 485–504. <https://doi.org/10.2217/cer.15.38>
- Schwenk, M., Hauer, K., Zieschang, T., Englert, S., Mohler, J. & Najafi, B. (2014). Sensor-derived physical activity parameters can predict future falls in people with dementia. *Gerontology*, 60(6), 483–492. <https://doi.org/10.1159/000363136>
- Seematter-Bagnoud, L., Lécoreux, E., Rochat, S., Monod, S., Lenoble-Hoskovec, C. & Büla, C. J. (2013). Predictors of functional recovery in patients admitted to geriatric postacute rehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 94(12), 2373–2380. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.06.024>
- Seidl, H., Bowles, D., Bock, J.-O., Brettschneider, C., Greiner, W., König, H.-H. & Holle, R. (2015). FIMA--Fragebogen zur Erhebung von Gesundheitsleistungen im Alter: Entwicklung und Pilotstudie [FIMA--questionnaire for health-related resource use in an elderly population: development and pilot study]. *Gesundheitswesen (Bundesverband der Ärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (Germany))*, 77(1), 46–52. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1372618>
- SGB V - Sozialgesetzbuch Fünftes Buch – Gesetzliche Krankenversicherung, zuletzt geändert durch Artikel 311 VO vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328, 1364).
- SGB XI – Sozialgesetzbuch XI: Elftes Buch Sozialgesetzbuch – Soziale Pflegeversicherung, zuletzt geändert durch Artikel 5G vom 19. Mai 2020 (BGBl. I S. 1018, 1028).
- Sheeran, P. (2002). Intention—Behavior Relations: A Conceptual and Empirical Review. *European Review of Social Psychology*, 12(1), 1–36. <https://doi.org/10.1080/14792772143000003>
- Sheeran, P. & Webb, T. L. (2016). The Intention-Behavior Gap. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/SPC3.12265> (Social and Personality Psychology Compass, 10(9), 503-518).
- Silberschmidt, S., Kumar, A., Raji, M. M., Markides, K., Ottenbacher, K. J. & Al Snih, S. (2017). Life-Space Mobility and Cognitive Decline Among Mexican Americans Aged 75 Years and Older. *Journal of the American Geriatrics Society*, 65(7), 1514–1520. <https://doi.org/10.1111/jgs.14829>
- Simek, E. M., McPhate, L. & Haines, T. P. (2012). Adherence to and efficacy of home exercise programs to prevent falls: a systematic review and meta-analysis of the impact of exercise program characteristics. *Preventive medicine*, 55(4), 262–275. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2012.07.007>
- Simonsick, E. M., Guralnik, J. M., Volpato, S., Balfour, J. & Fried, L. P. (2005). Just get out the door! Importance of walking outside the home for maintaining mobility: findings from the women's health and aging study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(2), 198–203. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53103.x>
- Smit, E. B., Bouwstra, H., Hertogh, C. M., Wattel, E. M. & van der Wouden, J. C. (2019). Goal-setting in geriatric rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Clinical rehabilitation*, 33(3), 395–407. <https://doi.org/10.1177/0269215518818224>
- Smith, M. & Buckwalter, K. (2005). Behaviors associated with dementia: whether resisting care or exhibiting apathy, an older adult with dementia is attempting communication. Nurses and other caregivers must learn to 'hear' this language. *The American journal of nursing*, 105(7), 40-52; quiz 53. <https://doi.org/10.1097/00000446-200507000-00028>
- Smith, R. C., Fortin, A. H., Dwamena, F. & Frankel, R. M. (2013). An evidence-based patient-centered method makes the biopsychosocial model scientific. *Patient education and counseling*, 91(3), 265–270.
- Smith, T. O., Gilbert, A. W., Sreekanta, A., Sahota, O., Griffin, X. L., Cross, J. L., Fox, C. & Lamb, S. E. (2020). Enhanced rehabilitation and care models for adults with dementia following hip fracture surgery. *The Cochrane database of systematic reviews*, 2, CD010569. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010569.pub3>

- Sniehotta, F. F. (2009). Towards a theory of intentional behaviour change: plans, planning, and self-regulation. *British journal of health psychology*, 14(Pt 2), 261–273. <https://doi.org/10.1348/135910708X389042>
- Sniehotta, F. F., Schwarzer, R., Scholz, U. & Schüz, B. (2005). Action planning and coping planning for long-term lifestyle change: theory and assessment. *European Journal of Social Psychology*, 35(4), 565–576. <https://doi.org/10.1002/ejsp.258>
- Statistisches Bundesamt. (2016). *Fachserie 16 - Verdienste und Arbeitskosten*. https://www.destatis.de/DE/Service/Bibliothek/_publikationen-fachserienliste-16.html
- Statistisches Bundesamt. (2017). *Gesundheit: Diagnosedaten der Patienten und Patientinnen in Krankenhäusern (einschl. Sterbe und Stundenfälle)*, Fachserie 12 Reihe 6.2.1. www.destatis.de
- Statistisches Bundesamt. (2018). *Verbraucherpreisindex für Deutschland*. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Verbraucherpreisindex/Publikationen/Downloads-Verbraucherpreise/verbraucherpreisindex-lange-reihen-pdf-5611103.html>
- Statistisches Bundesamt. (2. August 2019+0200). *Bevölkerungsentwicklung bis 2060 - Ergebnisse der 13. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung - Aktualisierte Rechnung auf Basis 2015*. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/Publikationen/Downloads-Vorausberechnung/bevoelkerung-bundeslaender-2060-aktualisiert-5124207179004.html>
- Steinberg, M., Leoutsakos, J.-M. S., Podewils, L. J. & Lyketsos, C. G. (2009). Evaluation of a home-based exercise program in the treatment of Alzheimer's disease: the Maximizing Independence in Dementia (MIND) study. *International journal of geriatric psychiatry*, 24(7), 680–685. <https://doi.org/10.1002/gps.2175>
- Stinnett, A. A. & Mullahy, J. (1998). Net health benefits: a new framework for the analysis of uncertainty in cost-effectiveness analysis. *Medical decision making : an international journal of the Society for Medical Decision Making*, 18(2 Suppl), S68-80. <https://doi.org/10.1177/0272989X98018002S09>
- Stubbs, B., Eggermont, L., Soundy, A., Probst, M., Vandenbulcke, M. & Vancampfort, D. (2014). What are the factors associated with physical activity (PA) participation in community dwelling adults with dementia? A systematic review of PA correlates. *Archives of gerontology and geriatrics*, 59(2), 195–203. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2014.06.006>
- Stucki, G., Meier, D., Stucki, S., Michel, B. A., Tyndall, A. G., Dick, W. & Theiler, R. (1996). Evaluation einer deutschen Version des WOMAC (Western Ontario und McMaster Universities) Arthroseindex [Evaluation of a German version of WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) Arthrosis Index]. *Zeitschrift für Rheumatologie*, 55(1), 40–49.
- Sun, F., Norman, I. J. & While, A. E. (2013). Physical activity in older people: a systematic review. *BMC public health*, 13(1), 449.
- Suttanon, P., Hill, K. D., Said, C. M., Williams, S. B., Byrne, K. N., LoGiudice, D., Lautenschlager, N. T. & Dodd, K. J. (2013). Feasibility, safety and preliminary evidence of the effectiveness of a home-based exercise programme for older people with Alzheimer's disease: a pilot randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*, 27(5), 427–438. <https://doi.org/10.1177/0269215512460877>
- Suzuki, T., Shimada, H., Makizako, H., Doi, T., Yoshida, D., Ito, K., Shimokata, H., Washimi, Y., Endo, H. & Kato, T. (2013). A randomized controlled trial of multicomponent exercise in older adults with mild cognitive impairment. *PloS one*, 8(4), e61483. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061483>
- Szanton, S. L., Roberts, L., Leff, B., Walker, J. L., Seplaki, C. L., Soones, T., Thorpe, R. J. & Ornstein, K. A. (2016). Home but still engaged: participation in social activities among the homebound. *Quality of life research : an international journal of quality of life*

- aspects of treatment, care and rehabilitation*, 25(8), 1913–1920. <https://doi.org/10.1007/s11136-016-1245-2>
- Takemoto, M., Carlson, J. A., Moran, K., Godbole, S., Crist, K. & Kerr, J. (2015). Relationship between Objectively Measured Transportation Behaviors and Health Characteristics in Older Adults. *International journal of environmental research and public health*, 12(11), 13923–13937. <https://doi.org/10.3390/ijerph121113923>
- Tarazona-Santabalbina, F. J., Belenguer-Varea, Á., Rovira Daudi, E., Salcedo Mahiques, E., Cuesta Peredó, D., Doménech-Pascual, J. R., Gac Espínola, H. & Avellana Zaragoza, J. A. (2015). Severity of cognitive impairment as a prognostic factor for mortality and functional recovery of geriatric patients with hip fracture. *Geriatrics & gerontology international*, 15(3), 289–295. <https://doi.org/10.1111/ggi.12271>
- Taylor, M. E., Brodie, M. A., van Schooten, K. S., Delbaere, K., Close, J. C. T., Payne, N., Webster, L., Chow, J., McInerney, G., Kurrle, S. E. & Lord, S. R. (2019). Older People with Dementia Have Reduced Daily-Life Activity and Impaired Daily-Life Gait When Compared to Age-Sex Matched Controls. *Journal of Alzheimer's disease : JAD*, 71(s1), S125-S135. <https://doi.org/10.3233/JAD-181174>
- Taylor, M. E., Lord, S. R., Brodaty, H., Kurrle, S. E., Hamilton, S., Ramsay, E., Webster, L., Payne, N. L. & Close, J. C. T. (2017). A home-based, carer-enhanced exercise program improves balance and falls efficacy in community-dwelling older people with dementia. *International psychogeriatrics*, 29(1), 81–91. <https://doi.org/10.1017/S1041610216001629>
- Tinetti, M. E. & Powell, L. (1993). Fear of falling and low self-efficacy: a case of dependence in elderly persons. *Journal of gerontology*, 48 Spec No, 35–38. https://doi.org/10.1093/geronj/48.special_issue.35
- Torbica, A., Tarricone, R. & Drummond, M. (2018). Does the approach to economic evaluation in health care depend on culture, values, and institutional context? *The European journal of health economics : HEPAC : health economics in prevention and care*, 19(6), 769–774. <https://doi.org/10.1007/s10198-017-0943-1>
- Tortosa-Martínez, J., Beltrán-Carrillo, V. J., Caus, N., Iglesias-Martínez, M. J., Lozano-Cabezas, I., Jimenez-Hernández, S. & Cortell-Tormo, J. M. (2020). Psychosocial benefits of exercise for older adults with amnesic Mild Cognitive Impairment: Innovative practice. *Dementia (London, England)*, 19(2), 518–527. <https://doi.org/10.1177/1471301217725895>
- Tsai, L.-T., Rantakokko, M., Rantanen, T., Viljanen, A., Kauppinen, M. & Portegijs, E. (2016). Objectively Measured Physical Activity and Changes in Life-Space Mobility Among Older People. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 71(11), 1466–1471. <https://doi.org/10.1093/geronol/glw042>
- Tung, J. Y., Rose, R. V., Gammada, E., Lam, I., Roy, E. A., Black, S. E. & Poupart, P. (2014). Measuring life space in older adults with mild-to-moderate Alzheimer's disease using mobile phone GPS. *Gerontology*, 60(2), 154–162. <https://doi.org/10.1159/000355669>
- Uemura, K., Shimada, H., Makizako, H., Yoshida, D., Doi, T., Yamada, M. & Suzuki, T. (2013). Factors associated with life-space in older adults with amnesic mild cognitive impairment. *Geriatrics & gerontology international*, 13(1), 161–166. <https://doi.org/10.1111/j.1447-0594.2012.00878.x>
- Ullrich, P., Eckert, T., Bongartz, M., Werner, C., Kiss, R., Bauer, J. M. & Hauer, K. (2019). Life-space mobility in older persons with cognitive impairment after discharge from geriatric rehabilitation. *Archives of gerontology and geriatrics*, 81, 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2018.12.007>
- Ullrich, P., Werner, C., Bongartz, M., Kiss, R., Bauer, J. & Hauer, K. (2019). Validation of a Modified Life-Space Assessment in Multimorbid Older Persons With Cognitive Impairment. *The Gerontologist*, 59(2), e66-e75. <https://doi.org/10.1093/geront/gnx214>
- Ullrich, P., Werner, C., Eckert, T., Bongartz, M., Kiss, R., Feißt, M., Delbaere, K., Bauer, J. M. & Hauer, K. (2019). Cut-off for the Life-Space Assessment in persons with cognitive

- impairment. *Aging clinical and experimental research*, 31(9), 1331–1335. <https://doi.org/10.1007/s40520-018-1062-2>
- Valenti, G., Bonomi, A. G. & Westerterp, K. R. (2016). Walking as a contributor to physical activity in healthy older adults: 2 week longitudinal study using Accelerometry and the doubly labeled water method. *JMIR mHealth and uHealth*, 4(2), e56.
- van der Wardt, V., Hancox, J., Gondek, D., Logan, P., Nair, R. d., Pollock, K. & Harwood, R. (2017). Adherence support strategies for exercise interventions in people with mild cognitive impairment and dementia: A systematic review. *Preventive medicine reports*, 7, 38–45. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2017.05.007>
- van Hout, B. A., Al, M. J., Gordon, G. S. & Rutten, F. F. (1994). Costs, effects and C/E-ratios alongside a clinical trial. *Health economics*, 3(5), 309–319. <https://doi.org/10.1002/hec.4730030505>
- van Seben, R., Smorenburg, S. M. & Buurman, B. M. (2019). A qualitative study of patient-centered goal-setting in geriatric rehabilitation: patient and professional perspectives. *Clinical rehabilitation*, 33(1), 128–140. <https://doi.org/10.1177/0269215518791663>
- VanSwearingen, J. M., Perera, S., Brach, J. S., Wert, D. & Studenski, S. A. (2011). Impact of exercise to improve gait efficiency on activity and participation in older adults with mobility limitations: a randomized controlled trial. *Physical therapy*, 91(12), 1740–1751. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100391>
- Visschedijk, J., van Balen, R., Hertogh, C. & Achterberg, W. (2013). Fear of falling in patients with hip fractures: prevalence and related psychological factors. *Journal of the American Medical Directors Association*, 14(3), 218–220. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2012.10.013>
- Visschedijk, J. H. M., Caljouw, M. A. A., Bakkers, E., van Balen, R. & Achterberg, W. P. (2015). Longitudinal follow-up study on fear of falling during and after rehabilitation in skilled nursing facilities. *BMC geriatrics*, 15, 161. <https://doi.org/10.1186/s12877-015-0158-1>
- Visschedijk, J. H. M., Terwee, C. B., Caljouw, M. A. A., Spruit-van Eijk, M., van Balen, R. & Achterberg, W. P. (2015). Reliability and validity of the Falls Efficacy Scale-International after hip fracture in patients aged ≥ 65 years. *Disability and rehabilitation*, 37(23), 2225–2232. <https://doi.org/10.3109/09638288.2014.1002573>
- Wade, D. T. & Jong, B. A. de (2000). Recent advances in rehabilitation. *BMJ (Clinical research ed.)*, 320(7246), 1385–1388. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7246.1385>
- Wade, D. T. & Halligan, P. W. (2017). The biopsychosocial model of illness: a model whose time has come. *Clinical rehabilitation*, 31(8), 995–1004. <https://doi.org/10.1177/0269215517709890>
- Webber, S. C., Porter, M. M. & Menec, V. H. (2010). Mobility in older adults: a comprehensive framework. *The Gerontologist*, 50(4), 443–450. <https://doi.org/10.1093/geront/gnq013>
- Wesson, J., Clemson, L., Brodaty, H., Lord, S., Taylor, M., Gitlin, L. & Close, J. (2013). A feasibility study and pilot randomised trial of a tailored prevention program to reduce falls in older people with mild dementia. *BMC geriatrics*, 13, 89. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-13-89>
- Williams, N. H., Roberts, J. L., Din, N. U., Totton, N., Charles, J. M., Hawkes, C. A., Morrison, V., Hoare, Z., Williams, M., Pritchard, A. W., Alexander, S., Lemmey, A., Woods, R. T., Sackley, C., Logan, P., Edwards, R. T. & Wilkinson, C. (2016). Fracture in the Elderly Multidisciplinary Rehabilitation (FEMuR): a phase II randomised feasibility study of a multidisciplinary rehabilitation package following hip fracture. *BMJ Open*, 6(10), e012422. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-012422>
- Wilson, M. R., van Houtven, C. H., Stearns, S. C. & Clipp, E. C. (2007). Depression and Missed Work among Informal Caregivers of Older Individuals with Dementia. *Journal of Family and Economic Issues*, 28(4), 684–698. <https://doi.org/10.1007/s10834-007-9081-8>
- Wong, S. P., Sharda, N., Zietlow, K. E. & Heflin, M. T. (2020). Planning for a Safe Discharge: More Than a Capacity Evaluation. *Journal of the American Geriatrics Society*, 68(4), 859–866. <https://doi.org/10.1111/jgs.16315>

- Xu, T., O'Loughlin, K., Clemson, L., Lannin, N. A., Dean, C. & Koh, G. (2019). Developing a falls prevention program for community-dwelling stroke survivors in Singapore: client and caregiver perspectives. *Disability and rehabilitation*, 41(9), 1044–1054. <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1419293>
- Yardley, L. (2003). Fear of falling: links between imbalance and anxiety. *Reviews in Clinical Gerontology*, 13(3), 195–201. <https://doi.org/10.1017/S0959259803001023>
- Yardley, L., Beyer, N., Hauer, K., Kempen, G., Piot-Ziegler, C. & Todd, C. (2005). Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I). *Age and ageing*, 34(6), 614–619.
- Yardley, L. & Smith, H. (2002). A prospective study of the relationship between feared consequences of falling and avoidance of activity in community-living older people. *The Gerontologist*, 42(1), 17–23. <https://doi.org/10.1093/geront/42.1.17>
- Yesavage, J. A., Brink, T. L., Rose, T. L., Lum, O., Huang, V., Adey, M. & Leirer, V. O. (1982). Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *Journal of psychiatric research*, 17(1), 37–49.

Abkürzungsverzeichnis

β	Standardisiertes Regressionsgewicht Beta
Δ	Delta; gibt die Differenz eines Anfangs- und Endwerts an.
Λ	Lambda; gibt die maximale Zahlungsbereitschaft an
A\$	Australischer Dollar
£	Englisches Pfund
AAQ-II	Acceptance & Action Questionnaire II
ACT	Akzeptanz- und Commitment-Therapie
ADL	Activities of Daily Living
AES-C	Apathy Evaluation Scale – Clinical Version
AUC	Area Under the Curve;
BADL	Basic Activities of Daily Living
BCT	Behaviour Change Techniques
DSM-IV	Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders
EQ-5D	Instrument zur Erfassung der Lebensqualität von der EuroQol-Gruppe
FFABQ	Fear of Falling Avoidance Behavior Questionnaire
FFQ-R	Fear of Falling Questionnaire Revised
FIMA	Fragebogen zur Inanspruchnahme medizinischer und nicht-medizinischer Versorgungsleistungen im Alter
GDS	Geriatric Depression Scale
GEDA	Studie Gesundheit in Deutschland aktuell
GKV	Verband der Gesetzlichen Krankenkassen
GLM	Generalized Linear Model
GPS	Global Positioning System
IADL	Instrumental Activities of Daily Living
ICF	International Classification of Functioning, Disability and Health
IG	Interventionsgruppe
IKER	Inkrementelle Kosten-Effektivitäts-Relation
INMB	Inkrementeller Net Monetary Benefit
IQWiG	Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen
IQA	Interquartilabstand
KA	Körperliche Aktivität
KE	Kognitive Einschränkung
KEAK	Kosteneffektivitätsakzeptanzkurve
KG	Kontrollgruppe
KI	Konfidenzintervall

LSA	University of Alabama at Birmingham Life-Space Assessment
M	Mittelwert
M_{Diff}	mittlere Differenz
MADRS	Montgomery–Åsberg Depression Rating Scale
MET	Metabolic Equivalent of Task
MICE	Multiple Imputation by chained equation
MMSE	Mini-Mental-State-Examination; deutsch: Mini-Mental-Status-Test; Screening-Verfahren zur Feststellung kognitiver Defizite. Die Skala reicht von 0 bis 30 Punkten, wobei 30 für uneingeschränkte kognitive Funktionen steht.
n	Anzahl an Merkmalsausprägungen, Teilstichprobe
N	Größe der Grundgesamtheit; Gesamtstichprobe
NICE	National Institute for Health and Care Excellence
NMB	Net Monetary Benefit
p	Signifikanzwert
PTSS	Posttraumatische Stresssymptome
QALY	Quality adjusted life year
RCT	Randomized controlled trial
R^2	Gütemaß der linearen Regression zur Beschreibung der Varianzaufklärung der abhängigen Variable
SD	Standardabweichung
SEM	Standardfehler
SGB	Sozialgesetzbuch
Short FES-I	Falls Efficacy Scale-International (Short Version)
SOS	Erhebungsbogen Soziale Situation
SPPB	Short Physical Performance Battery
TN	Teilnehmer/-innen
TPB	Theory of Planned Behaviour
TUG	Timed up and go-Test
WHO	World Health Organization
WOMAC	Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index
WTP	Willingness to pay

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Biopsychosoziales Modell der Gesundheit im Kontext der geriatrischen Rehabilitation	6
Abbildung 2: Theoretisches Modell von Sturzangst und sturzbezogener Selbstwirksamkeit	8
Abbildung 3: Quadrantenmodell zur Lokalisation von inkrementellen Kosten-Effektivitäts-Relation.....	22
Abbildung 4: Hypothesisiertes Modell zur Erklärung von sturzbezogener Selbstwirksamkeit, der wahrgenommenen Fähigkeit zur Sturzvermeidung und Sturzangst.....	28
Abbildung 5: Ergebnisse der Pfadanalysen zur Erklärung von sturzbezogener Selbstwirksamkeit, der wahrgenommenen Fähigkeit zur Sturzvermeidung und Sturzangst.....	29
Abbildung 6: Kosteneffektivitätsakzeptanzkurven pro Punkt Verbesserung auf der SPPB (Short Physical Performance Battery)	49
Abbildung 7: Kosteneffektivitätsakzeptanzkurven pro Gewinn an qualitätsadjustiertem Lebensjahr (QALY)	50

Weitere Publikationen

Nachfolgende Publikationen wurden in Erst- oder Co-Autorenschaft des Verfassers dieser Dissertation erstellt. Sie stehen in Verbindung mit den drei Projekten *PROFinD*, *PROFinD2* und *HeikE*, wurden jedoch aufgrund ihrer Abweichung von der thematischen Ausrichtung sowie aufgrund des begrenzten Umfangs der Dissertation nicht in diese integriert.

- Bongartz, M., Kiss, R., Ullrich, P., **Eckert, T.**, Bauer, J. M., & Hauer, K. (2017). Development of a home-based training program for post-ward geriatric rehabilitation patients with cognitive impairment: study protocol of a randomized-controlled trial. *BMC geriatrics*, 17(1), 1-10. DOI: 10.1186/s12877-017-0615-0.
- Bongartz, M., Kiss, R., Lacroix, A., **Eckert, T.**, Ullrich, P., Jansen, C-P., Feißt, M., Mellone, S., Chiari, L., Becker, C. & Hauer, K. (2019). Validity, reliability, and feasibility of the uSense activity monitor to register physical activity and gait performance in habitual settings of geriatric patients. *Physiological measurement*, 40(9), 095005. DOI: 10.1088/1361-6579/ab42d3.
- Dautel A., **Eckert, T.**, Gross, M., Hauer, K., Schäufele, M., Lacroix, A., Hendlmeier, I., Abel, B., Pomiersky, R., Gugenhan, J., Büchele, G., Reber, K C., Becker, C. & Pfeiffer, K. (2019). Multifactorial intervention for hip and pelvic fracture patients with mild to moderate cognitive impairment: study protocol of a dual-centre randomised controlled trial (OF-CARE). *BMC geriatrics*, 19(1), 125. DOI: 10.1186/s12877-019-1133-z.
- Dautel, A., Gross, M., Abel, B., Pomiersky, R., **Eckert, T.**, Hauer, K., Schäufele, M., Büchele, G., Becker, C. & Pfeiffer, K. (2020). Psychometric properties of the German version of the Fear of Falling Questionnaire-revised (FFQ-R) in a sample of older adults after hip or pelvic fracture. *Aging Clinical and Experimental Research*, 1-9. DOI: 10.1007/s40520-020-01657-2.
- Ullrich, P., Werner, C., Bongartz, M., **Eckert, T.**, Abel, B., Schönstein, A., ... & Hauer, K. (2020). Increasing Life-Space Mobility in community-dwelling older persons with cognitive impairment following rehabilitation: A randomized controlled trial. *The Journals of Gerontology: Series A*. DOI: 10.1093/gerona/glaa254.
- Ullrich, P., Werner, C., **Eckert, T.**, Bongartz, M., Kiss, R., Feißt, M., Delbaere, K., Bauer, J.M., & Hauer, K. (2019). Cut-off for the life-space assessment in persons with cognitive impairment. *Aging Clinical and Experimental Research*, 31(9), 1331-1335. DOI: 10.1007/s40520-018-1062-2.

Konferenzbeiträge

Im Folgenden sind wissenschaftliche Vorträge bzw. Kongress-beiträge aufgeführt. Diese verfolgten das Ziel des wissenschaftlichen Diskurses und der Dissemination im Kreis von Fachkollegen im Rahmen nationaler und internationaler Fachtagungen.

- Bongartz, M., Kiss, R., Lacroix, A., Ullrich, P., **Eckert, T.**, Jansen, C-P., Bauer, JM. & Hauer, K. (2018). Validierung eines Aktivitätssensors zur Erfassung körperlicher Aktivitätsparameter und innovativer Gangparameter im Alltag von multimorbiden, geriatrischen Patienten mit kognitiven Einschränkungen nach Rehabilitation. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie (51), Suppl 1*, Abstracts des gemeinsamen Jahreskongresses der DGGG und DGG vom 6.-8.September in Köln
- Bongartz, M., Ullrich, P., **Eckert, T.**, Werner, C., Kiss, R., Abel, B., Bauer, JM. & Hauer, K. (2018, September). Zusammenhänge zwischen motorischer Leistungsfähigkeit und körperlicher Alltagsaktivität bei älteren Personen mit kognitiver Einschränkung nach geriatrischer Rehabilitation. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie (51), Suppl 1*, Abstracts des gemeinsamen Jahreskongresses der DGGG und DGG vom 6.-8.September in Köln.
- Bongartz, M., Ullrich, P., **Eckert, T.**, Werner, C., Kiss, R., Abel, B., Bauer, JM. & Hauer, K. (2018). Validity of sensor-based, habitual physical activity and gait analysis in older persons with cognitive impairment after discharge from geriatric rehabilitation. *European Geriatric Medicine, 9 (Suppl 1), p.21*. <https://doi.org/10.1007/s41999-018-0097-4>
- Bongartz, M., Ullrich, P., **Eckert, T.**, Werner, C., Kiss, R., Abel, B., Melone, S., Bauer, JM., Hauer, K. (2018). Associations of motor performance and qualitative / quantitative physical activity behavior in older persons with cognitive impairment after discharge from geriatric rehabilitation. *European Geriatric Medicine, 9 (Suppl 1), p.144*. <https://doi.org/10.1007/s41999-018-0097-4>
- Eckert, T.**, Kampe, K., Kohler, M., Albrecht, D., Hauer, K., Becker, C. & Pfeiffer, K. (2018, September). Sturzangst von geriatrischen PatientInnen mit hüftnaher Fraktur zu Beginn der stationären Rehabilitation - eine Pfadanalyse zu Zusammenhängen von psychologischen Korrelaten und motorischer Leistungsfähigkeit. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie (51), Suppl 1*, Abstracts des gemeinsamen Jahreskongresses der DGGG und DGG vom 6.-8.September in Köln
- Eckert T.**, Kampe, K., Kohler, M., Albrecht, D., Hauer, K., Becker, C. & Pfeiffer, K. (2018). Fear of falling in geriatric patients recovering from hip fracture: a matter of motor performance or emotion? *European Geriatric Medicine, 9 (Suppl 1), p.7*. <https://doi.org/10.1007/s41999-018-0097-4>.
- Eckert T.**, Bongartz, M., Ullrich, P., Kiss, R., Bauer, JM. & Hauer; K. (2018, September). Eine Analyse der Adhärenz an einem motivationsgestützten Heimtraining bei geriatrischen Patienten mit kognitiver Einschränkung. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie (51), Suppl 1*, Abstracts des gemeinsamen Jahreskongresses der DGGG und DGG vom 6.-8.September in Köln

- Eckert, T.**, Bongartz, M., Ullrich P., Kiss, R., Bauer, JM. & Hauer, K. (2018). Adherence To A Home-Based Mixed Training And Motivation Intervention In Geriatric Patients With Cognitive Impairment Following Inpatient Rehabilitation. *European Geriatric Medicine*, 9 (Suppl 1), p.141. <https://doi.org/10.1007/s41999-018-0097-4>
- Hauer, K., Ullrich, P., Bongartz, M. & **Eckert, T.** (2018). Fear of falling and activity avoidance is associated with life space in geriatric patients with cognitive impairment. *European Geriatric Medicine*, 9 (Suppl 1), p.144. <https://doi.org/10.1007/s41999-018-0097-4>
- Ullrich, P., **Eckert, T.**, Bongartz, M, Werner, C., Kiss, R., Bauer, JM. & Hauer, K. (2018, September). Life-space“-Mobilität von geriatrischen Patienten mit motorischen und kognitiven Einschränkungen nach der Rehabilitation. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie* (51), Suppl 1, Abstracts des gemeinsamen Jahreskongresses der DGGG und DGG vom 6.-8.September in Köln
- Ullrich, P., **Eckert, T.**, Bongartz, M., Werner, C., Kiss, R., Bauer, JM. & Hauer, K. (2018, October). Increasing Life-Space Mobility In Multimorbid Older Persons With Motor And Cognitive Impairment. *European Geriatric Medicine*, 9 (Suppl 1), p.7. <https://doi.org/10.1007/s41999-018-0097-4>.
- Ullrich, P., **Eckert, T.**, Bongartz, M., Werner, C., Kiss, R., Bauer, JM. & Hauer, K. (2018, October). Life-space mobility among multimorbid older persons with multiple impairments following rehabilitation. *European Geriatric Medicine*, 9 (Suppl 1), p.141. [https://doi.org/10.1007/s41999-018-0097-](https://doi.org/10.1007/s41999-018-0097-4)



UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386

FAKULTÄT FÜR VERHALTENS-
UND EMPIRISCHE KULTURWISSENSCHAFTEN

**Promotionsausschuss der Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften
der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg**
Doctoral Committee of the Faculty of Behavioural and Cultural Studies of Heidelberg University

**Erklärung gemäß § 8 (1) c) der Promotionsordnung der Universität Heidelberg
für die Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften**
Declaration in accordance to § 8 (1) c) of the doctoral degree regulation of Heidelberg University,
Faculty of Behavioural and Cultural Studies

Ich erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation selbstständig angefertigt, nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt und die Zitate gekennzeichnet habe.

I declare that I have made the submitted dissertation independently, using only the specified tools and have correctly marked all quotations.

**Erklärung gemäß § 8 (1) d) der Promotionsordnung der Universität Heidelberg
für die Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften**
Declaration in accordance to § 8 (1) d) of the doctoral degree regulation of Heidelberg University,
Faculty of Behavioural and Cultural Studies

Ich erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation in dieser oder einer anderen Form nicht anderweitig als Prüfungsarbeit verwendet oder einer anderen Fakultät als Dissertation vorgelegt habe.

I declare that I did not use the submitted dissertation in this or any other form as an examination paper until now and that I did not submit it in another faculty.

Vorname Nachname

First name Family name

Tobias Eckert _____

Datum, Unterschrift

Date, Signature

19.10.2020. Tobias Eckert _____

Anhang A – Manuskripte zur publikationsbasierten Dissertation

Manuskript I

Eckert, T., Kampe, K., Kohler, M., Albrecht, D., Büchele, G., Hauer, K., Becker, C. & Pfeiffer, K (2020). Correlates of fear of falling and falls efficacy in geriatric patients recovering from hip / pelvic fracture. *Clinical rehabilitation*, 34(3), 416-425. DOI: 10.1177/0269215519891233

Correlates of fear of falling and falls efficacy in geriatric patients recovering from hip/pelvic fracture

Clinical Rehabilitation
1–10
© The Author(s) 2019
Article reuse guidelines:
sagepub.com/journals-permissions
DOI: 10.1177/0269215519891233
journals.sagepub.com/home/cre



Tobias Eckert¹ , Karin Kampe², Michaela Kohler³,
Diana Albrecht³, Gisela Büchele⁴, Klaus Hauer¹,
Martina Schäufele⁵, Clemens Becker³
and Klaus Pfeiffer³

Abstract

Objective: To gain a better understanding about the nature of fear of falling, this study analyzed associations between psychological and physical aspects related to fear of falling and falls efficacy in hip/pelvic fracture patients.

Design: Baseline data of a randomized controlled trial.

Setting: Geriatric inpatient rehabilitation hospital.

Subjects: In all, 115 geriatric patients with hip/pelvic fracture (mean age: 82.5 years) reporting fear of falling within first week of inpatient rehabilitation.

Interventions: None.

Main measures: Falls efficacy (Short Falls Efficacy Scale–International; Perceived Ability to Manage Falls), fear of falling (one-item question), fall-related post-traumatic stress symptoms (six items based on *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (4th ed.; *DSM-IV*) criteria), physical performance (Short Physical Performance Battery) and psychological inflexibility (Acceptance and Action Questionnaire-II) were assessed.

Results: Path analyses demonstrated that low falls efficacy (Short Falls Efficacy Scale International) was significantly related to poor physical performance ($\beta^* = -.277, P \leq .001$), but not to psychological inflexibility and fall-related post-traumatic stress symptoms ($P \geq .05$). Fear of falling was directly associated with fall-related post-traumatic stress symptoms ($\beta^* = .270, P = .007$) and indirectly with psychological inflexibility ($\beta^* = .110, P = .022$). Low perceived ability to manage falls was significantly related to previous falls ($\beta^* = -.348, P \leq .001$), psychological inflexibility ($\beta^* = -.216, P = .022$) and female gender ($\beta^* = -.239, P \leq .01$).

¹Agaplesion Bethanien Hospital Heidelberg, Geriatric Centre at the University of Heidelberg, Heidelberg, Germany

²Institute for Biomedicine of Aging, Friedrich–Alexander University Erlangen–Nürnberg, Erlangen, Germany

³Department of Clinical Gerontology and Geriatric Rehabilitation, Robert-Bosch-Hospital, Stuttgart, Germany

⁴Institute of Epidemiology and Medical Biometry, Ulm University, Ulm, Germany

⁵Department of Social Work, Mannheim University of Applied Sciences, Mannheim, Germany

Corresponding author:

Klaus Pfeiffer, Department of Clinical Gerontology and Geriatric Rehabilitation, Robert-Bosch-Hospital, Auerbachstr. 110, Stuttgart D-70376, Germany.
Email: klaus.pfeiffer@rbk.de

Conclusion: Falls efficacy and fear of falling constitute distinct constructs. Falls efficacy measured with the Short Falls Efficacy Scale International reflects the appraisal of poor physical performance. Fear of falling measured by the single-item question constitutes a fall-specific psychological construct associated with psychological inflexibility and fall-related post-traumatic stress symptoms.

Keywords

Hip fracture, elderly, fear of falling, falls efficacy, post-traumatic stress

Received: 21 December 2019; accepted: 7 November 2019

Introduction

Hip fractures are a major health issue for older adults.¹ About 50%–68% of hip fracture inpatients report fear of falling^{2–4} and are at risk of poorer rehabilitation outcomes,⁵ the avoidance of physical activities and functional dependence.⁴

Because of different conceptualizations of fear of falling, there is some ambiguity in previous research.⁶ Based on Social Cognitive Theory,⁷ fear of falling originally has been conceptualized as “low perceived self-efficacy”⁸ in regard to beliefs and confidence about one’s ability to avoid a fall. In more recent literature, the distinctiveness of fear of falling as an and falls efficacy was underlined.⁶ In hip fracture patients, falls efficacy measured with the Falls Efficacy Scale International⁹ appears more closely associated with physical performance than to psychological constructs.¹⁰

The Perceived Ability to Manage Falls Scale¹¹ is a further self-efficacy assessment that was found to be linked to generalized fear.¹¹ Psychological aspects have strong associations to fear of falling measured with a single-item question.¹² Fall-related post-traumatic stress symptoms are a possible affective consequence following a severe injurious fall. The reported prevalence as well as associations with fear of falling over the rehabilitation trajectory is inconsistent in previous research.^{13,14}

Only little is known about emotion regulation processes underlying the different aspects of fear of falling. Psychological flexibility and inflexibility as a dimension of emotion regulation have received significant attention within clinical psychology during the last 20 years. Psychological inflexibility refers to the “rigid dominance of psychological reactions over chosen values and contingencies in

guiding actions,”¹⁵ so that the person is not able to act in a flexible and context-sensitive manner. This construct has been found to be predictive for a wide range of psychological disorders and psychological distress caused by traumatic events.¹⁶

The aim of this study is a better understanding of the effects of physical performance and psychological inflexibility on different aspects of fear of falling with sex and previous falls as further predictors. Fall-related post-traumatic stress symptoms were considered as a possible mediator (Figure 1).

Methods

For the cross-sectional data analyses, we used baseline data of community-dwelling hip/pelvic fracture patients participating in a randomized, controlled intervention study to reduce fear of falling.¹⁷ The study protocol of this trial was approved by the ethics committee of the University of Tübingen and registered at www.isrctn.org (ISRCTN79191813). Data were collected between April 2011 and August 2013. Participants were consecutively recruited from a geriatric rehabilitation department of a German hospital. Main inclusion criteria were age >60 years, hip or pelvic fracture, the absence of cognitive impairment (Orientation–Memory–Concentration Test ≥ 10)¹⁸ and presence of fear of falling indicated by (a) frequent negative memories about the injurious fall, (b) concerns to fall in at least one specific activity during current recovery process after the fracture and (c) very concerned to fall again in the next year. Full data of recruitment and data collection procedure were published previously.¹⁷ For measuring fall-related concerns and fears, we used two different measures: A *single-item question* (“In general, are you afraid of falling?”)

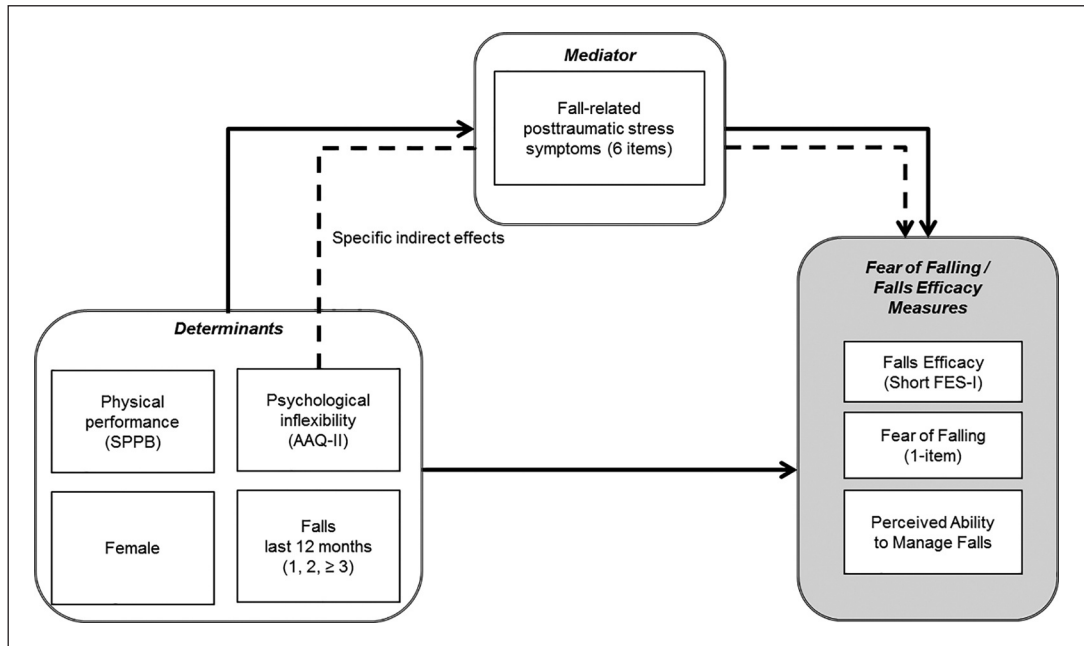


Figure 1. Hypothesized path model to explore effects on fear of falling and falls efficacy.

Solid lines: direct effects; dotted lines: specific indirect effects; SPPB: Short Physical Performance Battery; AAQ-II: Acceptance and Action Questionnaire II; PAMF: Perceived Ability to Manage Falls; Short FES-I: Short Falls Efficacy Scale International.

with a 4-point Likert-type scale (scores from (0) “not at all,” (1) “a little,” (2) “quite a bit,” (3) “very much”)¹⁹ and the *Short Fall-Efficacy Scale International* (Short FES-I), which measures the level of concern about falling during social and physical activities inside and outside the home.⁹ Higher scores indicate higher levels of fall-related concerns. The internal consistency of the Short FES-I was good for our sample (Cronbach’s $\alpha = .83$).

With the *Perceived Ability to Manage Falls Scale*, we measured self-efficacy components independent from specific physical activities.¹¹ The five items capture the respondents’ beliefs to avoid falls and to handle falls when they occur. Sum scores (4–20) with higher values reflect higher self-efficacy. Adequate internal consistency was shown within our sample (Cronbach’s $\alpha = .66$).

Fall-related post-traumatic stress symptoms were assessed with six items based on criteria of the *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (4th ed.; *DSM-IV*),²⁰ including four items from criteria B (re-experiencing the fall

event): (a) recurrent and distressing recollections of the fall event, (b) distressing dreams of the fall event, (c) intense psychological distress and (d) physical reactivity at exposure to internal or external cues that symbolize an aspect of the fall event. The further two items from criteria C (avoidance of stimuli associated with the fall) were (e) efforts to avoid thoughts, feelings or conversations and (f) activities associated with the fall event. Responses were scored (0) “never,” (1) “rather rarely,” (2) “occasionally” and (3) “frequently.” Sum score was used with a range from 0 to 18. Cronbach’s alpha showed good internal consistency ($\alpha = .76$).

Psychological inflexibility was assessed with the *Acceptance and Action Questionnaire-II* (AAQ-II),^{21,22} The seven items capture the respondents’ unwillingness to deal with unpleasant emotions and experiences. Higher scores on AAQ-II are indicative for higher levels of psychological inflexibility with a total score range from 7 to 49. Cronbach’s alpha for the current sample proved excellent reliability ($\alpha = .89$).

Physical performance was assessed by the use of well-established and validated *Short Physical Performance Battery* (SPPB), including subtests for static balance, walking and sit-to-stand performance. Due to safety reasons, the patients were not asked to do the chairs stands “as quickly as possible.” Habitual walking speed was assessed during one walk of a distance of 4m as some of the hip and pelvic fracture patients could not perform two walks during early inpatient rehabilitation as prescribed in the original protocol. Performances of subtests were summarized to a sum score ranging from 0 to 12 with higher scores indicating a better physical performance.²³

Participants’ *history of falls* was measured by categorized number of falls within last 12 months via retrospective self-report including their fall causing the fracture (1 fall, 2 falls and ≥ 3 falls). Falls were defined as “an unexpected event in which the participants come to rest on the ground, floor, or lower level.”²⁴

With the Anxiety Subscale of the *Hospital Anxiety and Depression Scale* (HADS-A),²⁵ an additional well-known measure was included in the descriptive and bivariate analyses to present associations with the AAQ-II and the other measures. The HADS-A includes seven items with a 4-point Likert-type scale and total scores from 0-21.

Statistical analyses

Associations between variables were calculated by Spearman’s rank correlation coefficient (r_s). The statistical analysis was conducted at a 95% confidence interval (CI); a P value $< .05$ was considered statistically significant (two-sided). Basic analyses were conducted via IBM SPSS 24 Version.

The hypothesized path model was tested using Mplus Version 6.1.²⁶ Due to the exploratory character of our model without a priori hypothesis on specific path associations, a saturated path analysis was derived. Therefore, fit indices are not reported. For estimating confidence limits and standard errors for indirect effect testing a non-bias-corrected bootstrap approach was used.²⁷ An indirect effect was considered to be significant if its 95% bootstrap CIs from 10,000 bootstrap samples include zero or not. Standardized beta-weights (β^*) and coefficients of

determination (R^2) are reported to describe direct and indirect effects and proportion of variance in the dependent variables that can be explained by the independent variables.

Results

Participants

Of the 759 patients with hip or pelvic fracture screened for eligibility, 115 were included in the study according to inclusion criteria (Figure 2). The present sample showed high functional restrictions and very low falls efficacy as indicated by high scores on the Short Falls Efficacy Scale International. According to previous cut-off points,²⁸ two-thirds of our sample ($n=75$; 65%) reported high concerns about falling (Short Falls Efficacy Scale International score ≥ 14). In contrast, only 40% of the patients felt somewhat afraid or very afraid of falling when asked with the single-item question on fear of falling. Post-traumatic stress symptoms were also present within our cohort, since half of the participants ($n=66$; 49%) reported occasional ($n=33$; 29%) or frequent ($n=23$; 20%) recurrent and distressing recollections of the fall event. All descriptive measures are presented in Table 1.

Correlations

The results of bivariate correlation analyses among the variables are listed in Table 2. The measures on fear of falling and falls efficacy were significantly but solely moderately correlated. The highest correlation between these measures and physical performance was found for the Short Falls Efficacy Scale International. Psychological inflexibility was strongly linked to higher levels of fall-related post-traumatic symptoms and only very modestly with the three fear of falling measures. Both psychological inflexibility and fall-related post-traumatic stress symptoms were closely associated with anxiety. Non-fall-specific symptoms of anxiety were modestly correlated with the single-item question on fear of falling and the Short Falls Efficacy Scale International, but not with the Perceived Ability to Manage Falls scale. The latter

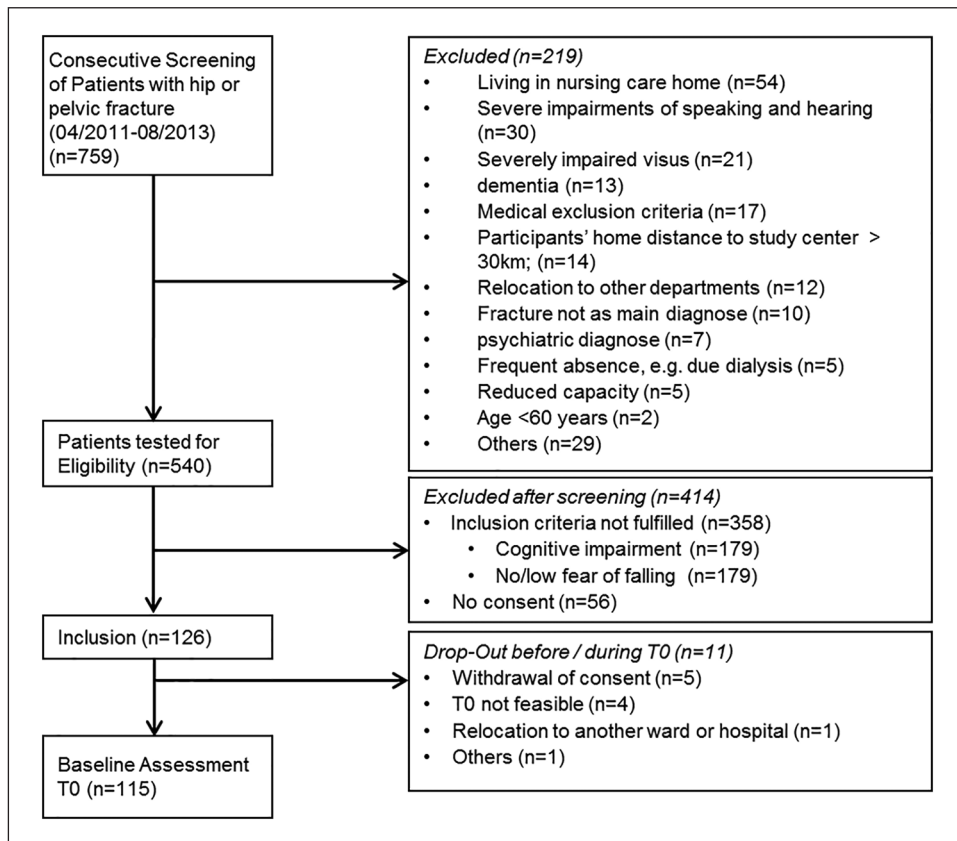


Figure 2. Participant flow in the study.

is the only measure that was significantly related to the number of previous falls.

Path analysis

The path analytic model (Figure 3) demonstrated that higher levels of fall-related concerns measured by the Short Falls Efficacy Scale International were only significantly determined by poor physical performance, but not by other psychological dimensions like increased fall-related post-traumatic stress symptoms and psychological inflexibility. In contrast, fear of falling showed a significant association to fall-related post-traumatic stress symptoms, which in turn was strongly affected by psychological inflexibility. In addition to these direct effects, we found a significant indirect effect

of psychological inflexibility on fear of falling via post-traumatic stress symptoms.

Higher psychological inflexibility was associated with lower perceived ability to manage falls. In line with the bivariate analyses, females and individuals with multiple falls within the last year experienced significantly lower abilities to manage falls. Noteworthy, the proportion of variance explained of the dependent variables was lowest for the Short Falls Efficacy Scale International and highest for perceived ability to manage falls.

Discussion

This study demonstrated that low falls efficacy measured with the Short Falls Efficacy Scale International is primarily associated with poor

Table 1. Descriptive information about sociodemographic and clinical variables.

Characteristic (<i>n</i> = 115)	Mean (SD)	<i>N</i> (%)
Age (years)	82.5 (6.8)	
Gender: female		87 (76)
Falls within last 12 months		
One fall (only the injurious fall)		66 (57)
Two falls		23 (20)
More than or equal to three falls		26 (23)
One-item fear of falling		
Not at all afraid		21 (18)
Slightly afraid		48 (42)
Somewhat afraid		34 (30)
Very afraid		12 (10)
Short FES-I	15.8 (4.9)	
PTSS	5.1 (4.2)	
PAMF	12.9 (2.3)	
AAQ-II	19.0 (7.3)	
SPPB	3.0 (2.0)	
HADS-A	5.6 (3.9)	

AAQ-II: Acceptance and Action Questionnaire-II; HADS-A: Hospital Anxiety Depression Scale–Anxiety Subscale; PTSS = fall-related post-traumatic stress symptoms; PAMF: perceived ability to manage falls; Short FES-I: Short Falls Efficacy Scale International; SPPB: Short Physical Performance Battery.

Table 2. Bivariate correlations between fear of falling (one-item question), falls efficacy (Short Falls Efficacy Scale International, Perceived Ability to Manage Falls), sociodemographic and clinical variables.

Measure	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Age (years)	–								
2. Gender (reference: male)	.33**	–							
3. Falls (last 12 months)	.12	–.08	–						
4. One-item FoF	.06	.07	.05	–					
5. Short FES-I	.05	.02	.11	.45**	–				
6. PTSS	.16	.16	.07	.39**	.31**	–			
7. PAMF	–.13	–.22*	–.35**	–.31**	–.33**	–.29**	–		
8. AAQ-II	.05	.06	.02	.30**	.28**	.45**	–.26**	–	
9. SPPB	.03	.05	–.14	–.30**	–.37**	–.20*	.23*	–.27**	–
10. HADS-A	.04	.11	.03	.37**	.31**	.55**	–.17	.53**	–.26**

AAQ-II: Acceptance and Action Questionnaire-II; HADS-A: Hospital Anxiety Depression Scale–Anxiety Subscale; PAMF: Perceived Ability to Manage Falls; One-item FoF: one-item fear of falling; PTSS: fall-related post-traumatic stress symptoms; Short FES-I: Short Falls Efficacy Scale International; SPPB: Short Physical Performance Battery.
Level of significance * $P < .05$; ** $P < .01$.

physical performance in a sample of hip and pelvic fracture patients after admission to inpatient rehabilitation. In contrast, higher fear of falling is associated with other psychological dimensions like

increased psychological inflexibility and fall-related post-traumatic stress symptoms.

The percentage of persons with high fall-related concerns in our cohort (65%) was comparable with

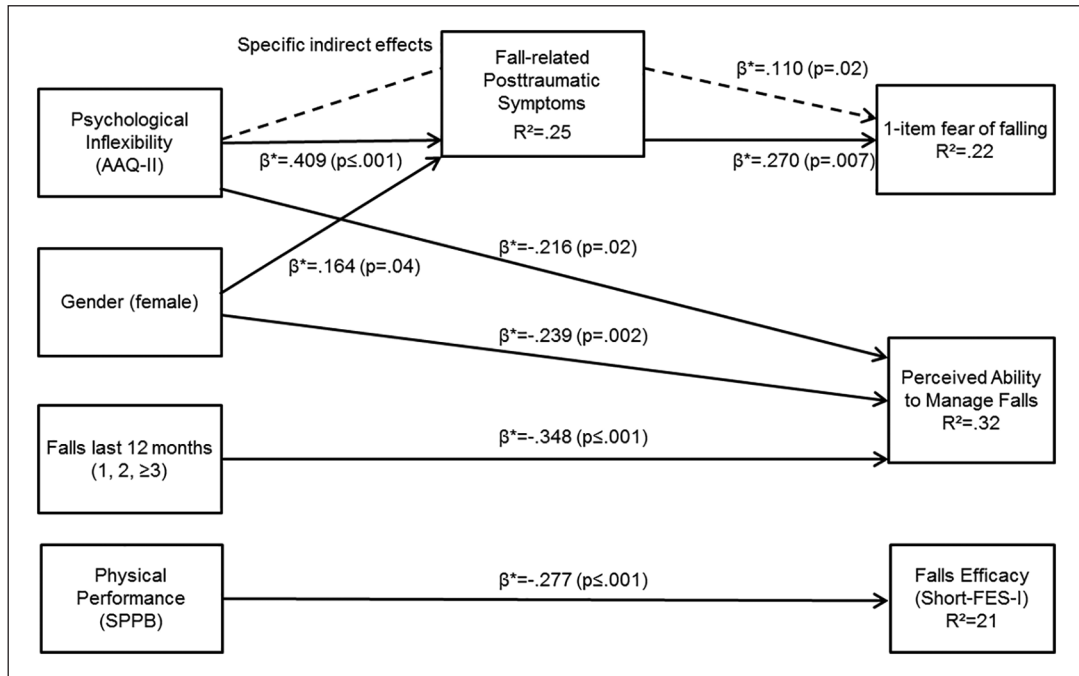


Figure 3. Results of the path analyses to examine fear of falling and falls efficacy including direct and indirect effects.

AAQ-II: Acceptance and Action Questionnaire-II; Short FES-I: Short Falls Efficacy Scale-International; SPPB: Short Physical Performance Battery.

Significant total indirect effects from AAQ-II to Short FES-I ($P < .05$) (not shown in the model) are presented.

Solid lines = direct effects; dotted lines = specific indirect effects.

β^* : estimated values of standardized regression coefficients.

R^2 : squared multiple correlation coefficient indicating explained variance of endogenous variables.

*** $P < .001$; ** $P < .01$; * $P < .05$.

a previous study (62%) using the 16-item Falls Efficacy Scale International at four weeks post surgery.² In comparison to this previous study, fear of falling captured by the single item question was more often reported by the patients of the current study who were screened for at least some fear of falling symptoms (40% vs 27%).

Noteworthy, there is a substantial difference between the levels of fear of falling measured by the Short Falls Efficacy Scale International and the single item question in the current study. In contrast to community-dwelling older adults,⁹ Short Falls Efficacy Scale International scores in our sample were also found to be high in individuals, who did report no or little fear of falling (data not shown here). This was especially true for those individuals

with very low physical performance. For at least a subgroup of patients with high physiological risk of falling, concerns to fall may reflect the patients' awareness of their high actual fall risk. This realistic appraisal of one's high fall risk during this early period of rehabilitation can lead to low falls efficacy without having maladaptive fear of falling. This argumentation is in line with previous literature on perceived and physiological fall risk described for a sample of community-dwelling elderly.²⁹

In contrast to the Short Falls Efficacy Scale International, fear of falling captured by a single item is rather linked to psychological correlates such as psychological inflexibility and fall-related post-traumatic symptoms. This result confirms previous findings describing fear of

falling measured with a one-item question as an anxiety reaction.²⁸

Perceived ability to manage falls has been found to be associated with generalized fear in community-dwelling elderly.¹¹ In our sample, the Perceived Ability to Manage Falls Scale had a lower internal consistency, but showed significant associations to previous falls, psychological inflexibility and sex. For those patients with low confidence to prevent and cope with falls, it seems important to provide knowledge on fall prevention and to promote fall-related self-efficacy (e.g. fall prevention behavior, how to get up from the floor).

Previous research showed that older community dwellers using inflexible emotion regulation strategies like experiential avoidance more frequently reported higher levels of anxiety.³⁰ Anxiety in turn was linked to fear of falling in community-dwelling older adults.³¹ Our study could show significant associations between psychological inflexibility and fall-related post-traumatic symptoms, fear of falling and perceived ability to manage falls. The avoidance of thoughts depicts also one core criterion of post-traumatic symptoms. Therefore, it is not surprising that psychological inflexibility seems to be predictive for post-traumatic symptoms, confirming results from studies in diverse populations after surviving a traumatic incident.¹⁶

With a few exceptions, emotion regulation has been widely disregarded in the fear of falling research. One recent study conducted in a non-clinical population found similar high bivariate associations between a more extensive emotion regulation assessment and anxiety measured with HADS like in our study ($r = .47$ vs $r = .53$ in our study). The correlation between emotion regulation and the 16-item Falls Efficacy Scale International was slightly higher ($r = .36$) in that community sample was compared to measures on the same domains in our inpatient sample ($r = .28$).³² This comparison points in the same direction that emotion regulation in our sample is significantly less correlated with the Falls Efficacy Scale International rather than with anxiety. Experiential avoidance as an aspect of psychological inflexibility might be a factor in the downward spiral of activity avoidance and subsequent functional decline reported for hip fracture patients after hospital discharge.⁴ Improving the

patient's ability to experience fall-related thoughts and fears without needless defense and avoidance could be a future addition of interest to recent cognitive behavioral approaches for older adults with fear of falling.

We also take account for the limitations of our study. This study used a selective group of hip fracture patients without significant cognitive impairment and at least some concerns about falling, so that findings are not generalizable for all hip and pelvic fracture patients. Despite the widespread use of the AAQ-II in both clinical and scientific contexts, a lack of discriminant validity is criticized. It is questioned whether the associations found between the AAQ-II as a measure of psychological inflexibility and measures related to psychological well-being are only due to a similar operationalization.¹⁶ Due to the lack of validated measures of fall-related post-traumatic stress symptoms, we used a self-developed symptom questionnaire based on *DSM-IV* criteria. In addition, the cross-sectional design does not allow conclusions about robust causal associations and differences over the process of functional recovery.

The present results confirm the argumentation in previous conceptualizations⁶ that falls efficacy and fear of falling are different constructs. The close association between the Short Falls Efficacy Scale International and physical performance scores are in line with previous findings which demonstrated the suboptimal construct validity of the original 16-item version of the questionnaire in hip fracture patients.¹⁰ Furthermore, cut-off values of the Short Falls Efficacy Scale International found in community-dwelling elderly³³ may not be adequate in more functionally restricted target groups. Fall-related post-traumatic symptoms were prevalent in at least a subgroup of hip and pelvic fracture patients and highly correlated with anxiety. The role of psychological constructs including anxiety, fall-related post-traumatic symptoms and psychological inflexibility for developing either a more generalized or a highly contextual fear of falling need further investigation. Furthermore, future empirical research testing the hypothesis that maladaptive fear of falling is always concurrent with anxiety while adaptive fear of falling is not³⁴ would be of interest in our target group.

With this study, we have advanced the discussion for a better understanding of fall-related self-efficacy and fear of falling in hip and pelvic fracture patients after admission to rehabilitation. Psychological inflexibility seems to be a further facet in the puzzle and might have an effect on how hip and pelvic fracture patients cope with the fall event and its consequences. Assessments on fear of falling or falls efficacy in hip and pelvic fracture patients should always be interpreted with regard to the actual fall risk and activity avoidance due to fear of falling. Patients should be educated and supported in a realistic and context-sensitive fall risk appraisal and situation-specific behavior including a secure use of prescribed walking aids. Situation-specific behavior can include both asking or ringing the call bell and waiting for assistance in fall risk situations as well as coping with own maladaptive fears to benefit most from rehabilitation.³⁵

Clinical messages

- Short Falls Efficacy Scale International scores are mainly associated with physical performance.
- Fall-related post-traumatic symptoms are common in hip and pelvic fracture patients and associated with fear of falling measured by the single item.
- Psychological inflexibility is highly correlated with anxiety and seems to be a predictor for fall-related post-traumatic symptoms, fear of falling and perceived ability to manage falls.

Declaration of conflicting interests

The author(s) declared the following potential conflicts of interest with respect to the research, authorship and/or publication of this article: C.B. has received consultation fees by E. Lilly and Bosch Health Care.

Funding

The author(s) disclosed receipt of the following financial support for the research, authorship and/or publication of this article: The study was funded by the German Federal Ministry of Education and Research (PROFinD, grant number 01EC1007A).

ORCID iD

Tobias Eckert  <https://orcid.org/0000-0002-0565-7998>

References

1. Requena G, Abbing-Karahagopian V, Huerta C, et al. Incidence rates and trends of hip/femur fractures in five European countries: comparison using e-healthcare records databases. *Calcif Tissue Int* 2014; 94(6): 580–589.
2. Visschedijk J, van Balen R, Hertogh C, et al. Fear of falling in patients with hip fractures: prevalence and related psychological factors. *J Am Med Dir Assoc* 2013; 14(3): 218–220.
3. Bower ES, Wetherell JL, Petkus AJ, et al. Fear of falling after hip fracture: prevalence, course, and relationship with one-year functional recovery. *Am J Geriatr Psychiatry* 2016; 24(12): 1228–1236.
4. Jellesmark A, Herling SF, Egerod I, et al. Fear of falling and changed functional ability following hip fracture among community-dwelling elderly people: an explanatory sequential mixed method study. *Disabil Rehabil* 2012; 34(25): 2124–2131.
5. Oude Voshaar RC, Banerjee S, Horan M, et al. Fear of falling more important than pain and depression for functional recovery after surgery for hip fracture in older people. *Psychol Med* 2006; 36(11): 1635–1645.
6. Hadjistavropoulos T, Delbaere K and Fitzgerald TD. Reconceptualizing the role of fear of falling and balance confidence in fall risk. *J Aging Health* 2011; 23(1): 3–23.
7. Bandura A. Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychol Rev* 1977; 84(2): 191–215.
8. Tinetti ME, Richman D and Powell L. Falls efficacy as a measure of fear of falling. *J Gerontol* 1990; 45(6): P239–P243.
9. Kempen GI, Yardley L, van Haastregt JC, et al. The Short FES-I: a shortened version of the falls efficacy scale-international to assess fear of falling. *Age Ageing* 2008; 37(1): 45–50.
10. Visschedijk J, Terwee CB, Caljouw MA, et al. Reliability and validity of the falls efficacy scale-international after hip fracture in patients aged \geq 65 years. *Disabil Rehabil* 2015; 37(23): 2225–2232.
11. Lawrence RH, Tennstedt SL, Kasten LE, et al. Intensity and correlates of fear of falling and hurting oneself in the next year. *J Aging Health* 1998; 10(3): 267–286.
12. Jorstad EC, Hauer K, Becker C, et al. Measuring the psychological outcomes of falling: a systematic review. *J Am Geriatr Soc* 2005; 53(3): 501–510.
13. Chung MC, McKee KJ, Austin C, et al. Posttraumatic stress disorder in older people after a fall. *Int J Geriatr Psychiatry* 2009; 24(9): 955–964.
14. Kornfield SL, Lenze EJ and Rawson KS. Predictors of posttraumatic stress symptoms and association with fear of falling after hip fracture. *J Am Geriatr Soc* 2017; 65: 1251–1257.

15. Hayes SC, Luoma JB, Bond FW, et al. Acceptance and commitment therapy: model, processes and outcomes. *Behav Res Ther* 2006; 44(1): 1–25.
16. Wolgast M. What does the Acceptance and Action Questionnaire (AAQ-II) really measure? *Behav Ther* 2014; 45(6): 831–839.
17. Kampe K, Kohler M, Albrecht D, et al. Hip and pelvic fracture patients with fear of falling: development and description of the “Step by Step” treatment protocol. *Clin Rehabil* 2017; 31(5): 571–581.
18. Katzman R, Brown T, Fuld P, et al. Validation of a short orientation-memory-concentration test of cognitive impairment. *Am J Psychiatry* 1983; 140: 734–739.
19. Yardley L and Smith H. A prospective study of the relationship between feared consequences of falling and avoidance of activity in community-living older people. *Gerontologist* 2002; 42(1): 17–23.
20. Saß H (ed.). *Diagnostisches und statistisches Manual psychischer Störungen: textrevision; DSM-IV-TR* (übersetzt nach der Textrevision der 4. Aufl, XXIV, 1001 S). Göttingen; Bern: Hogrefe, 2003.
21. Bond FW, Hayes SC, Baer RA, et al. Preliminary psychometric properties of the Acceptance and Action Questionnaire–II: a revised measure of psychological inflexibility and experiential avoidance. *Behav Ther* 2011; 42(4): 676–688.
22. Hoyer J and Gloster AT. Psychologische Flexibilität messen: Der Fragebogen zu Akzeptanz und Handeln II. *Verhaltenstherapie* 2013; 23(1): 42–44.
23. Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, et al. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol* 1994; 49(2): M85–M94.
24. Lamb SE, Jorstad-Stein EC, Hauer K, et al. Development of a common outcome data set for fall injury prevention trials: the Prevention of Falls Network Europe consensus. *J Am Geriatr Soc* 2005; 53(9): 1618–1622.
25. Zigmond AS and Snaith RP. The hospital anxiety and depression scale. *Acta Psychiatr Scand* 1983; 67(6): 361–370.
26. Muthén L and Muthén B. *Mplus software (version 6)*. Los Angeles, CA: Muthén & Muthén, 2010.
27. Fritz MS, Taylor AB and Mackinnon DP. Explanation of two anomalous results in statistical mediation analysis. *Multivariate Behav Res* 2012; 47(1): 61–87.
28. Yardley L. Fear of imbalance and falling. *Rev Clin Gerontol* 1998; 8(1): 23–29.
29. Delbaere K, Close JC, Brodaty H, et al. Determinants of disparities between perceived and physiological risk of falling among elderly people: cohort study. *BMJ* 2010; 341: c4165.
30. Andrew D and Dulin PL. The relationship between self-reported health and mental health problems among older adults in New Zealand: experiential avoidance as a moderator. *Aging Ment Health* 2007; 11(5): 596–603.
31. Hull SL, Kneebone II and Farquharson L. Anxiety, depression, and fall-related psychological concerns in community-dwelling older people. *Am J Geriatr Psychiatry* 2013; 21(12): 1287–1291.
32. Scarlett L, Baikie E and Chan SWY. Fear of falling and emotional regulation in older adults. *Aging Ment Health* 2019; 23: 1684–1690.
33. Delbaere K, Close JC, Mikolaizak AS, et al. The falls efficacy scale international (FES-I). A comprehensive longitudinal validation study. *Age Ageing* 2010; 39(2): 210–216.
34. Adamczewska N and Nyman SR. A new approach to fear of falls from connections with the posttraumatic stress disorder literature. *Gerontol Geriatr Med* 2018; 4: 2333721418796238.
35. Hill AM, McPhail SM, Waldron N, et al. Fall rates in hospital rehabilitation units after individualised patient and staff education programmes: a pragmatic, stepped-wedge, cluster-randomised controlled trial. *Lancet* 2015; 385(9987): 2592–2599.

Manuskript II

Abel, B., **Eckert, T.**, Pomiersky, R., Dautel, A., Schäufele, M., Pfeiffer, K. & Hauer, K. (in press). From Geriatric Inpatient Rehabilitation into the Home Environment: Cognitively Impaired Persons after Hip Fracture. *Journal of Rehabilitation Medicine*.

1 **From Geriatric Inpatient Rehabilitation into the Home Environment:**
2 **Cognitively Impaired Persons after Hip Fracture**

3

4 **Short title:** From Rehab to Home in Hip Fracture Patients

5

6 Bastian Abel, MSc^a,

7 Tobias Eckert, MSc^a,

8 Rebekka Pomiersky, MA^{a,b},

9 Anja Dautel, MAppSc^c,

10 Martina Schäufele, PhD^b,

11 Klaus Pfeiffer, PhD^c,

12 Klaus Hauer, PhD^{a*},

13 and the PROFinD2 study group

14

15 ^aDepartment of Geriatric Research, AGAPLESION Bethanien Hospital Heidelberg, Geriatric
16 Center at the University of Heidelberg, Rohrbacher Straße 149, 69126 Heidelberg, Germany.

17 ^bFaculty of Social Work, University of Applied Sciences Mannheim, Paul-Wittsack-Straße
18 10, 68163 Mannheim, Germany.

19 ^cDepartment of Clinical Gerontology and Geriatric Rehabilitation, Robert-Bosch-Hospital,
20 Auerbachstraße 110, 70376 Stuttgart, Germany.

21

22 *Correspondence concerning this article should be addressed to:

23 Prof. Dr. Klaus Hauer, Department of Geriatric Research, Agaplesion Bethanien Hospital Heidelberg,
24 Geriatric Center at the University of Heidelberg, Rohrbacher Str. 149, 69126 Heidelberg, Germany.

25 E-Mail: khauer@bethanien-heidelberg.de. Telephone: +49 6221 319 1532

Abstract

Objective: To investigate short-term changes of clinical characteristics in the transition period between geriatric inpatient rehabilitation and independent living at home.

Design: Longitudinal observational study.

Subjects: One hundred twenty-seven multi-morbid, older patients with hip/pelvic fracture and cognitive impairment.

Methods: Physical performance, fall-related self-efficacy, fear of falling, depressive symptoms, quality of life, and pain were assessed before discharge from geriatric inpatient rehabilitation and at home.

Results: During the transition period (median 18.5 days [interquartile range: 14-25]), 25 participants dropped out due to nursing home admission ($n=11$), withdrawal of consent ($n=8$), death ($n=2$), severe disease ($n=2$), and other reasons ($n=2$). Physical performance improved ($p\leq 0.001$), while fall-related self-efficacy ($p=0.040$) and fear of falling ($p=0.004$) deteriorated. Depressive symptoms, quality of life, and pain did not change. Improvement in physical performance was associated with lower age, lower baseline physical performance, less baseline fear of falling, and living alone.

Conclusion: While significant improvements in physical performance indicate a high potential for further enhancements in the majority of participants following inpatient rehabilitation, a considerable subgroup dropped out, partly indicating a negative trajectory in this vulnerable patient group. Sustained physical training or activity promotion at home may further support rehabilitation in patients with hip/pelvic fracture and cognitive impairment.

Key words: short-term, transition, changes, physical performance, older persons.

Lay Abstract

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

The prognosis regarding functional recovery in older persons with hip/pelvic fracture and cognitive impairment is poor, even after inpatient rehabilitation. Therefore, the period following inpatient rehabilitation is decisive whether functionally and cognitively impaired persons can stay at home or lose their autonomy. The aim of this observational study was to investigate short-term changes of several clinical characteristics in the transition period between geriatric inpatient rehabilitation and independent living at home in 127 vulnerable persons. While physical performance improved, fall-related self-efficacy and fear of falling deteriorated. Depressive symptoms, quality of life, and pain did not change. The improvements in physical performance indicate a high potential for further enhancements (e.g. by physical training or activity promotion at home) in the majority of participants. However, a considerable subgroup of 25 persons dropped out due to various reasons (e.g. nursing home admission, death), which partly indicates a negative trajectory in this vulnerable patient group.

Introduction

Older persons with cognitive impairment are at high risk for hip/pelvic fracture (HF) (1). In consequence of such a severe injury, the short- and long-term functional recovery is poor, with a high risk of dying or being admitted to long term care within the first year after HF (2). To prevent or postpone loss of autonomy, adequate physical rehabilitation following HF is required, especially in vulnerable, older adults with cognitive impairment who have restricted participation in training programs.

A systematic review of randomized controlled trials (RCT) and cohort studies in older persons with HF and cognitive impairment reported improvements in functional status and ambulation after different rehabilitation programs with heterogeneous interventions, considering cognitive status, physical performance, or psychological variables as relevant predictors of rehabilitation outcome (3). However, the recording of rehabilitation outcomes within these studies was mainly limited to interview-based functional assessments, indicating a lack of actual physical performance measures. Studies on rehabilitation programs (e.g. home-based or inpatient) generally vary in content and duration of intervention, observation, or follow-up periods. As the duration of follow-up periods ranges from weeks to months, and sometimes even years, and is mostly related to the fracture date, accurate follow-up periods for subsequent inpatient rehabilitation post-HF are difficult to identify. Thus, the highly sensitive, short-term period immediately following inpatient rehabilitation, defined as transition period, is very crucial to retain autonomy and has hardly been studied in older adults with HF and cognitive impairment. Only one observational study in older persons with and without cognitive impairment after HF has been identified, showing that functional improvements recorded with interview-based assessments in a subgroup, had been sustained six weeks after discharge from inpatient rehabilitation (4).

1 The study aim therefore was to investigate changes of physical performance
2 measures, psychological status and pain in the transition period between inpatient
3 rehabilitation and home environment and to explore predictors of change of physical
4 performance in a specific group of multi-morbid, older patients with HF and cognitive
5 impairment.

6

7

Methods

8 Study Design

9 This longitudinal observational study used pre-intervention data from an RCT on
10 effects of a multifactorial, home-based treatment following inpatient rehabilitation (5). The
11 RCT was registered and performed according to the Declaration of Helsinki
12 (ISRCTN69957256; ethics approvals of the Medical Faculties of the Universities of
13 Tübingen [150/2015BO1] and Heidelberg [S-256/2015]).

14 Study Population

15 Older participants (age ≥ 65 years) with HF within the last three months and mild-to-
16 moderate cognitive impairment (Mini-Mental State Examination [MMSE] score of 17-26) (6)
17 were consecutively recruited from geriatric rehabilitation wards. Further inclusion criteria
18 were living in home environment or assisted living, ability to walk 4 m with or without
19 walking aid, no delirium, no severe somatic or mental illness, no terminal disease, no aphasia
20 (except amnesic aphasia), no severe apraxia, minimum visual acuity (corrected vision,
21 Snellen fraction $> 20/400$), telephone accessibility and sufficient hearing ability for receiving
22 phone calls, sufficient knowledge of German language, and place of residence in the greater
23 area of Heidelberg or Stuttgart. Patients with unexpected, short-term prolongation of inpatient
24 rehabilitation after assessment were excluded to prevent influence of ongoing rehabilitation.

25 Measurements

1 Measurements were performed within a few days (4 ± 2 days) before discharge from
2 inpatient rehabilitation (T0) and at the participants' home before home-based treatment (T1).
3 Length of stay in inpatient rehabilitation, demographic variables, and care grade (yes vs. no)
4 were obtained from patient charts. Care grade defines benefits of the statutory German long-
5 term care insurance in cash and in kind associated to individual, comprehensive care needs
6 (7). There are five different care grades that classify the severity of the impairment (or
7 independence, respectively), ranging from minor impairments of independence (care grade 1)
8 up to very severe impairments (care grade 5). The respective care grade is determined by
9 healthcare assessors of the statutory German long-term care insurance based on an evaluation
10 of need for care in following domains: mobility, mental and communication skills, behavior
11 and psychological problems, self-sufficiency, independent handling and coping of illness or
12 therapy-related requirements and stresses, and organizing everyday life and social contacts.
13 Not having a care grade documents that the severity of individual impairments is not
14 sufficient to formally receive benefits, according to the criteria of the statutory German long-
15 term care insurance. As the distribution of the care grades in the present study was limited to
16 care grade 2 ($n = 38$) and care grade 3 ($n = 3$), representing typical impairment levels of
17 patients in geriatric rehabilitation, a classification into different care grades seemed not
18 appropriate. We therefore dichotomized this variable (yes = having a care grade vs. no = not
19 having a care grade)".

20 As described in the study protocol (5), outcome measures were determined by trained
21 assessors: cognitive (MMSE) and functional status (Barthel-Index), fall-related self-efficacy
22 (short Falls Efficacy Scale-International [FES-I short]), fear of falling (Fear of Falling
23 Questionnaire-revised [FFQ-R]), depressive symptoms (Montgomery-Åsberg Depression
24 Rating Scale [MADRS]), quality of life (EuroQol™ [EQ-5D]), pain (Western Ontario and
25 McMaster Universities Osteoarthritis Index [WOMAC] subscale pain), physical performance

1 (Short Physical Performance Battery [SPPB], including subtests of balance, gait, and chair
2 rise performance; habitual gait speed and total time of the five-chair-stand test [both based on
3 SPPB]), living situation (alone vs. with other person[s]/assisted living), and outpatient
4 therapy (e.g. physical therapy) between discharge and T1 (yes vs. no).

5 **Statistical Analysis**

6 Descriptive data are presented as means and standard deviations, medians and
7 interquartile ranges (IQR, continuous variables), or numbers and percentages (categorical
8 variables). According to the data distribution, independent-samples *t*-tests, Mann-Whitney *U*-
9 tests, and χ^2 -tests were used for baseline comparison between completers and dropouts.
10 Paired-samples *t*-tests and Wilcoxon signed-rank tests were used to analyze changes of
11 outcome variables during observation. Effect sizes were calculated as Pearson's *r* (small \geq
12 0.1, medium \geq 0.3, large \geq 0.5) or Cohen's *d* (small \geq 0.2, medium \geq 0.5, large \geq 0.8) (8).

13 To explore predictors of change in physical performance (absolute changes [T1-T0] in
14 SPPB total score), univariate regression analyses with following independent variables were
15 performed: age, sex, living situation, cognitive status, functional status, care grade, outpatient
16 therapy, duration of transition period (discharge to T1), and baseline values of physical
17 performance measures, psychological variables, and pain. Subsequently, independent
18 variables with *p*-values \leq 0.1 were selected and entered into a multiple linear regression
19 model (stepwise backward, variables with a *p*-value \geq 0.1 were removed). The regression
20 model is described by the corrected coefficient of determination R^2 and influences of
21 variables are given as unstandardized (*Beta*) and standardized (β) regression coefficients. A
22 two-sided *p*-value \leq 0.05 indicated statistical significance. Data analyses were performed
23 using SPSS Statistics 25 (IBM, Armonk, NY, USA).

24

25

Results

1 The sample included 127 older persons (84.7 ± 6.5 years) with HF and mild-to-
2 moderate cognitive impairment (MMSE: 22.8 ± 2.6 points). Twenty-five participants dropped
3 out during the transition period of median 18.5 days (interquartile range: 14-25) after
4 discharge from rehabilitation due to nursing home admission ($n = 11$), withdrawal of consent
5 ($n = 8$), death ($n = 2$), severe disease ($n = 2$), or other reason ($n = 2$). Baseline comparison
6 between completers and dropouts revealed significant differences in care grade and
7 functional status, but not in other characteristics (Table I).

8 [Table I near here]

9 Significant improvements occurred in almost all physical performance measures,
10 whereas fall-related self-efficacy and fear of falling deteriorated (Table II). Effect sizes were
11 small (SPPB gait score, habitual gait speed, FES-I short, FFQ-R) to medium (SPPB total
12 score, SPPB chair rise score, five-chair-stand time).

13 [Table II near here]

14 Independent predictors of improvement in physical performance (Δ SPPB total score:
15 $R^2 = 0.261$; $p < 0.001$) were lower age, lower baseline physical performance, less baseline
16 fear of falling, and living alone (Table III). Neither sex, cognitive status, functional status,
17 care grade, outpatient therapy, duration of transition period, fall-related self-efficacy,
18 depressive symptoms, nor pain independently predicted the change of physical performance.

19 [Table III near here]

21 Discussion

22 Physical performance improved in the short-term transition period after inpatient
23 rehabilitation without controlled intervention, while fall-related self-efficacy and fear of
24 falling deteriorated. A considerable subgroup of participants dropped out.

1 The present results of concurrently physical performance improvement and
2 deterioration of fear of falling were somewhat contradictory, as fear of falling usually induces
3 activity avoidance and thus negatively affects physical performance ability and recovery (9).
4 However, the positive trend of physical performance following inpatient rehabilitation, with
5 an improvement of 0.9 ± 1.7 points in the SPPB total score, was clinically relevant (10), with
6 respect to this vulnerable, older study sample, compared to the low, negative progression of
7 variables associated with fear of falling. The slight deteriorations in fall-related self-efficacy
8 and fear of falling, similar to findings of an earlier study following inpatient rehabilitation
9 (11), may have been due to the change from a round-the-clock supportive rehabilitation
10 setting to autonomous living at home with challenges in everyday life not well balanced by
11 functional status.

12 Besides the considerable drop out of about twenty percent of the participants with a
13 potential negative course in their functional status, the majority of participants improved their
14 physical performance. Since outpatient therapy during the transition period was not
15 associated with the improvement of physical performance, as demonstrated in the regression
16 analysis, lasting effects of the inpatient rehabilitation or an unexploited potential for physical
17 recovery following standard geriatric rehabilitation may be potential reasons for this gain in
18 physical performance. This assumption may be supported by results of the regression
19 analyses, showing that older adults with poorer performance before discharge, given that they
20 stayed at home and did not drop out, achieved greater improvement during the transition
21 period after inpatient rehabilitation.

22 Further results of the regression analyses revealed that the improvement of physical
23 performance was also predicted by living alone and lower age. Even though living alone is
24 generally associated with low physical performance levels in older adults (12), indicating
25 restricted social support, the need to become more active and perform better to stay at home

1 and maintain autonomy, may have had an impact on improvement of physical performance.
2 As physical performance generally decreases with age in older adults (13) and higher age is
3 negatively related with functional recovery after discharge from hospitalization (14),
4 comparatively younger persons may have had better chances to overcome the challenges of
5 autonomous living, thereby earning benefits from those efforts.

6 In contrast to the positive trend regarding improved physical performance in the
7 majority of study participants, a high risk subgroup, defined by care grade and lower
8 functional status, dropped out during the transition period, mostly due to nursing home
9 admission, medical events, or death. These results are compliant with previous findings for
10 mortality and nursing home admission within six months post-HF, predicted by low
11 functional status and factors associated with care grade (15).

12 In conclusion, the clinically relevant improvement of physical performance in the
13 short-term transition period from inpatient rehabilitation to home environment, without any
14 controlled, standardized intervention, suggests lasting effects of inpatient rehabilitation or a
15 remaining potential for physical rehabilitation not fully exploited. A prolonged rehabilitation
16 and/or general activation at home may promote further recovery in these multi-morbid, older
17 persons with motor and cognitive impairment. Also the considerable subgroup that dropped
18 out of the study, and partly showed a negative trajectory, may benefit from further, adapted
19 rehabilitation to prevent, mitigate, or slow down the documented negative course.

20

Acknowledgments

The authors would like to thank A. Lacroix, Bethanien Hospital, Heidelberg; I. Hendlmeier, University of Applied Science, Mannheim; J. Gugenhan, M. Groß, Robert-Bosch-Hospital, Stuttgart; J. Müller, M. Rehm, Ulm University, Ulm; for participation in the PROFinD2 project and Elena Litz, Ilona Dutzi, Bethanien Hospital, Heidelberg; for support in data analysis and formatting. The PROFinD2 study group consists of further members: K. Rapp, C. Becker, Department of Clinical Gerontology, Robert-Bosch-Hospital, Stuttgart; D. Rothenbacher, G. Büchele, Institute of Epidemiology and Medical Biometry, Ulm University, Ulm; H.-H. König, C. Schulz, Department of Health Economics and Health Services Research, University Medical Center, Hamburg-Eppendorf.

Declarations of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Funding

The authors disclosed receipt of the following financial support for the research, authorship, and/or publication of this article: This study was supported by the Federal Ministry of Education and Research, Berlin, Germany [Funding number: 01EC1404]. No support was received from industry. The sponsor had no role in the design, methods, subject recruitment, data collections, analyses, and preparation of paper.

References

- 1
2 1. Wang HK, Hung CM, Lin SH, Tai YC, Lu K, Liliang PC, et al. Increased risk of hip
3 fractures in patients with dementia: a nationwide population-based study. *BMC Neurol*
4 2014; 14: 175.
- 5 2. Schaller F, Sidelnikov E, Theiler R, Egli A, Staehelin HB, Dick W, et al. Mild to
6 moderate cognitive impairment is a major risk factor for mortality and nursing home
7 admission in the first year after hip fracture. *Bone* 2012; 51: 347-352.
- 8 3. Allen J, Koziak A, Buddingh S, Liang J, Buckingham J, Beaupre LA. Rehabilitation in
9 patients with dementia following hip fracture: a systematic review. *Physiother Can* 2012;
10 64: 190-201.
- 11 4. Jones GR, Miller TA, Petrella RJ. Evaluation of rehabilitation outcomes in older patients
12 with hip fractures. *Am J Phys Med Rehabil* 2002; 81: 489-497.
- 13 5. Dautel A, Eckert T, Gross M, Hauer K, Schaufele M, Lacroix A, et al. Multifactorial
14 intervention for hip and pelvic fracture patients with mild to moderate cognitive
15 impairment: study protocol of a dual-centre randomised controlled trial (OF-CARE).
16 *BMC Geriatr* 2019; 19: 125.
- 17 6. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state". A practical method for
18 grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 1975; 12: 189-
19 198.
- 20 7. Bäcker G. Reform of the long-term care insurance in Germany. European Commission
21 2016 June. Report No.: 43.
- 22 8. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. New York:
23 Lawrence Erlbaum Associates; 1988.

- 1 9. Choi K, Jeon GS, Cho SI. Prospective Study on the Impact of Fear of Falling on
2 Functional Decline among Community Dwelling Elderly Women. *Int J Environ Res*
3 *Public Health* 2017; 14: 469.
- 4 10. Perera S, Mody SH, Woodman RC, Studenski SA. Meaningful change and
5 responsiveness in common physical performance measures in older adults. *J Am Geriatr*
6 *Soc* 2006; 54: 743-749.
- 7 11. Visschedijk JH, Caljouw MA, Bakkers E, van Balen R, Achterberg WP. Longitudinal
8 follow-up study on fear of falling during and after rehabilitation in skilled nursing
9 facilities. *BMC Geriatr* 2015; 15: 161.
- 10 12. Sousa AC, Guerra RO, Thanh Tu M, Phillips SP, Guralnik JM, Zunzunegui MV.
11 Lifecourse adversity and physical performance across countries among men and women
12 aged 65-74. *PLoS One* 2014; 9: e102299.
- 13 13. Hall KS, Cohen HJ, Pieper CF, Fillenbaum GG, Kraus WE, Huffman KM, et al.
14 Physical Performance Across the Adult Life Span: Correlates With Age and Physical
15 Activity. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2017; 72: 572-578.
- 16 14. Boyd CM, Ricks M, Fried LP, Guralnik JM, Xue QL, Xia J, et al. Functional decline and
17 recovery of activities of daily living in hospitalized, disabled older women: the Women's
18 Health and Aging Study I. *J Am Geriatr Soc* 2009; 57: 1757-1766.
- 19 15. Becker C, Gebhard F, Fleischer S, Hack A, Kinzl L, Nikolaus T, et al. Prädiktion von
20 Mortalität und soziofunktionellen Einschränkungen nach proximalen Femurfrakturen bei
21 nicht institutionalisierten Senioren. [Prediction of mortality, mobility and admission to
22 long-term care after hip fractures]. *Unfallchirurg* 2003; 106: 32-38 (in German).

23

1 Table I

2 Participant characteristics and comparison of completer and dropout group for descriptive
3 and clinical variables at the end of inpatient rehabilitation

Characteristics	Total sample (N = 127)	Completer group (n = 102)	Dropout group (n = 25)	p
Age (years), mean ± SD	84.7 ± 6.5	84.5 ± 6.3	85.3 ± 7.3	0.593 [#]
Sex (female), n (%)	105 (82.7)	85 (83.3)	20 (80.0)	0.693 [§]
MMSE (score), mean ± SD	22.8 ± 2.6	22.8 ± 2.7	22.6 ± 2.4	0.678 [#]
Barthel-Index (score), median (IQR)	80 (75-85)	80 (75-88)	75 (65-84)	0.008 [^]
Care grade (yes), n (%)	41 (32.3)	27 (26.5)	14 (56.0)	0.005 [§]
Duration of stay in inpatient rehabilitation (days), median (IQR)	22 (21-25)	22 (21-26)	22 (21-24)	0.791 [^]
Living situation (alone), n (%)	81 (63.8)	64 (62.7)	17 (68.0)	0.624 [§]
Outpatient therapy (yes), n (%)	-	41 (40.2)	-	-
SPPB total (score), mean ± SD	4.3 ± 2.0	4.4 ± 2.0	4.0 ± 2.2	0.385 [#]
SPPB balance (score), mean ± SD	2.4 ± 1.2	2.4 ± 1.2	2.3 ± 1.3	0.649 [#]
SPPB gait (score), median (IQR)	1 (1-2)	1 (1-2)	1 (1-1)	0.259 [^]
SPPB chair rise (score), median (IQR)	0 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-1)	0.600 [^]
Habitual gait speed (m/s), mean ± SD	0.33 ± 0.17	0.34 ± 0.17	0.30 ± 0.18	0.348 [#]
Five-chair-stand (seconds), median (IQR)	18.2 (16.1-23.9)	18.2 (15.9-23.7)	20.7 (16.2-28.8)	0.571 [^]
FES-I short (score), median (IQR)	11.0 (8.0-14.0)	11.0 (9.0-14.0)	10.5 (7.8-15.3)	0.807 [^]
FFQ-R (score), mean ± SD	16.1 ± 4.6	16.0 ± 4.5	16.7 ± 4.9	0.475 [#]
MADRS (score), median (IQR)	8.5 (5.0-15.0)	9.0 (5.0-14.0)	8.0 (6.0-18.5)	0.428 [^]
EQ-5D (score), median (IQR)	0.79 (0.63-0.89)	0.79 (0.57-0.89)	0.75 (0.65-0.89)	0.900 [^]
WOMAC (score), mean ± SD	12.7 ± 9.3	13.0 ± 9.0	11.2 ± 10.7	0.381 [#]

4 Abbreviations: SD = Standard Deviation, IQR = Interquartile Range, m/s = meter per second, MMSE = Mini Mental State Examination (0-
5 30 pts.), SPPB = Short Physical Performance Battery (total score: 0-12 pts.; subscores: 0-4 pts.), FES-I short = short Falls Efficacy Scale-
6 International (7-28 pts.), FFQ-R = Fear of Falling Questionnaire Revised (6-24 pts.), MADRS = Montgomery-Åsberg Depression Rating
7 Scale (0-60 pts.), EQ-5D = EuroQol-5D (0-1 pt.), WOMAC = Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index – subscale
8 pain (0-50 pts.).

9 Note: [#]p-values for independent-samples *t*-test, [^]Mann-Whitney *U*-test, and [§]chi-square test were applied to test for differences between
10 completer group and dropout group at end of rehabilitation. Figures in bold face indicate significant *p*-values. Care grade defines benefits of
11 the statutory German long-term care insurance associated to individual, comprehensive care needs (yes vs. no).

12

1 Table II
 2 Changes of physical performance, psychological variables, and pain in the transition from
 3 inpatient rehabilitation to the home environment

Variables	<i>n</i>	End of Rehabilitatio n (T0)	At home (T1)	Absolute change*	<i>p</i>	Effect size
Physical performance						
SPPB total (score), mean ± SD	102	4.4 ± 2.0	5.2 ± 2.4	0.9 ± 1.7	< 0.001 [#]	0.52 ^{&}
SPPB balance (score), mean ± SD	102	2.4 ± 1.2	2.6 ± 1.2	0.2 ± 1.0	0.063 [#]	0.19 ^{&}
SPPB gait (score), median (IQR)	102	1 (1-2)	1 (1-2)	0 (0-1)	0.001 [^]	0.24 ⁺
SPPB chair rise (score), median (IQR)	102	0 (0-1)	1 (0-2)	0 (0-1)	< 0.001 [^]	0.33 ⁺
Habitual gait speed (m/s), mean ± SD	102	0.34 ± 0.17	0.39 ± 0.19	0.06 ± 0.14	< 0.001 [#]	0.40 ^{&}
Five-chair-stand (seconds), median (IQR)	38	18.0 (15.9-23.3)	16.4 (13.8-18.7)	-2.4 (-6.7-0.4)	0.001 [^]	0.38 ⁺
Psychological variables & pain						
FES-I short (score), median (IQR)	95	11.0 (9.0-14.0)	11.0 (9.0-17.0)	1.0 (-2.0-4.0)	0.040 [^]	0.15 ⁺
FFQ-R (score), mean ± SD	94	16.0 ± 4.5	17.1 ± 4.7	1.1 ± 3.6	0.004 [#]	0.30 ^{&}
MADRS (score), median (IQR)	99	9.0 (5.0-14.0)	10.0 (6.0-16.0)	0.0 (-4.0-5.0)	0.261 [^]	0.08 ⁺
EQ-5D (score), median (IQR)	99	0.79 (0.70-0.89)	0.79 (0.59-0.89)	0.00 (-0.10-0.10)	0.769 [^]	0.02 ⁺
WOMAC (score), mean ± SD	100	12.9 ± 8.9	12.8 ± 9.5	-0.1 ± 8.9	0.956 [#]	0.01 ^{&}

4 Abbreviations: *n* = sample size (persons able to perform the respective testing), SD = Standard Deviation, IQR = Interquartile Range, m/s =
 5 meter per second, SPPB = Short Physical Performance Battery (total score: 0-12 pts.; subscores: 0-4 pts.), FES-I short = short Falls Efficacy
 6 Scale-International (7-28 pts.), FFQ-R = Fear of Falling Questionnaire Revised (6-24 pts.), MADRS = Montgomery-Åsberg Depression
 7 Rating Scale (0-60 pts.), EQ-5D = EuroQol-5D (0-1 pt.), WOMAC = Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index –
 8 subscale pain (0-50 pts.).

9 Note: *p*-values for [#]paired-samples *t*-tests and [^]Wilcoxon signed-rank tests were applied to test for differences between end of rehabilitation
 10 and at home. Figures in bold face indicate significant *p*-values. Effect sizes are given as [&]Cohen's *d* and ⁺Pearson's *r*. *Retest value (T1)
 11 minus baseline value (T0).
 12

1 Table III

2 Multiple linear regression analysis of predictors of change in physical performance

Independent variables	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients		
	<i>Beta</i>	<i>SE</i>	<i>β</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Age (years)	-.106	.024	-.409	-4.365	.000
SPPB balance (score)	-.495	.130	-.356	-3.793	.000
FFQ-R (score)	-.102	.033	-.279	-3.125	.002
Living situation (alone)	-.772	.298	-.232	-2.594	.011

3 Abbreviations: SE = standard error, SPPB = Short Physical Performance Battery, FFQ-R = Fear of Falling Questionnaire Revised.

4 Note: Adjusted $R^2 = 0.261$. Figures in bold face indicate significant p -values.

Manuskript III

Ullrich, P., **Eckert, T.**, Bongartz, M., Werner, C., Kiss, R., Bauer, J M. & Hauer, K (2019). Life-space mobility in older persons with cognitive impairment after discharge from geriatric rehabilitation. *Archives of gerontology and geriatrics*, 81, 192-200. DOI: 10.1016/j.archger.2018.12.007



Life-space mobility in older persons with cognitive impairment after discharge from geriatric rehabilitation

Phoebe Ullrich^a, Tobias Eckert^a, Martin Bongartz^a, Christian Werner^c, Rainer Kiss^{a,b},
Jürgen M. Bauer^c, Klaus Hauer^{c,*}

^a Department of Geriatric Research, AGAPLESION Bethanien Hospital Heidelberg, Geriatric Center at the Heidelberg University, Rohrbacher Str. 149, 69126 Heidelberg, Germany

^b Department of Health and Social Affairs, FHM Bielefeld, University of Applied Science, Ravensberger Str. 10G, 33602 Bielefeld, Germany

^c Center of Geriatric Medicine, Heidelberg University, Heidelberg, Germany

ARTICLE INFO

Keywords:

Life-space

Mobility

Aging

Cognitive impairment

Determinants

ABSTRACT

Objectives: To describe life-space mobility and identify its determinants in older persons with cognitive impairment after discharge from geriatric rehabilitation.

Methods: A cross-sectional study in older community-dwelling persons with mild to moderate cognitive impairment (Mini-Mental State Examination, MMSE: 17–26) following geriatric rehabilitation was conducted. Life-space mobility (LSM) was evaluated by the Life-Space Assessment in Persons with Cognitive Impairment (LSA-CI). Bivariate analyses and multivariate regression analyses were used to investigate associations between LSM and physical, cognitive, psychosocial, environmental, financial and demographic characteristics, and physical activity behavior.

Results: LSM in 118 older, multimorbid participants (age: 82.3 ± 6.0 years) with cognitive impairment (MMSE score: 23.3 ± 2.4 points) was substantially limited, depending on availability of personal support and equipment. More than 30% of participants were confined to the neighborhood and half of all patients could not leave the bedroom without equipment or assistance. Motor performance, social activities, physical activity, and gender were identified as independent determinants of LSM and explained 42.4% (adjusted R^2) of the LSA-CI variance in the regression model.

Conclusion: The study documents the highly restricted LSM in older persons with CI following geriatric rehabilitation. The identified modifiable determinants of LSM show potential for future interventions to increase LSM in such a vulnerable population at high risk for restrictions in LSM by targeting motor performance, social activities, and physical activity. A gender-specific approach may help to address more advanced restrictions in women.

1. Introduction

The ability to move independently where and when a person wants to move is relevant for challenges in everyday life (Satariano et al., 2012), quality of life (Metz, 2000), and participation in society and natural environment (Barnes et al., 2007; Rosso, Taylor, Tabb, & Michael, 2013). In the course of progressive cognitive decline complex activities, such as outdoor activities, are the first to be lost (Njegovan, Hing, Mitchell, & Molnar, 2001). Especially older persons are, as a consequence of physical and cognitive decline, at high risk for reduced community mobility (Gill, Gahbauer, Murphy, Han, & Allore, 2012), being homebound (A. R. Smith, Chen, Clarke, & Gallagher, 2016), or institutionalized (Luppa et al., 2010; Sheppard, Sawyer, Ritchie,

Allman, & Brown, 2013). To sustain social networks and familiar environment, most of older persons prefer to “age in place” (Gitlin, 2003). Thus maintaining or improving mobility in and out of home is particularly important as a prerequisite for independence.

Webber, Porter, & Menec (2010) developed a theoretical framework, which depicts mobility – broadly defined as life-space mobility (LSM) – to be influenced by physical, cognitive, psychosocial, financial and environmental factors embedded by influences of gender, cultural and biographical aspects (Webber et al., 2010). The framework has been successfully tested in older persons (Umstätt Meyer, Janke, & Beaujean, 2014) and has been supported by empirical research that provide evidence for relationships between the individual factors and LSM in older community-dwelling persons: Associations with LSM have

* Corresponding author.

E-mail address: khauer@bethanien-heidelberg.de (K. Hauer).

<https://doi.org/10.1016/j.archger.2018.12.007>

Received 24 May 2018; Received in revised form 11 November 2018; Accepted 21 December 2018

Available online 27 December 2018

0167-4943/ © 2018 Elsevier B.V. All rights reserved.

been found for relative stable or immutable factors including socio-demographic variables such as age (Al Snih et al., 2012; Suzuki, Kitaie, & Ikezaki, 2014), gender (Peel et al., 2005; Phillips, Dal Grande, Ritchie, Abernethy, & Currow, 2015), marital status (Phillips et al., 2015), educational level (Eronen et al., 2016; Phillips et al., 2015), or financial situation (Peel et al., 2005; Phillips et al., 2015), as well as environmental conditions such as housing standard, living environment (Rantakokko, Iwarsson, Portegijs, Viljanen, & Rantanen, 2015), or weather conditions (Portegijs, Iwarsson, Rantakokko, Viljanen, & Rantanen, 2014). Associations were also found for variable or modifiable factors including health-related factors such as physical performance or medical diagnoses (Al Snih et al., 2012; Peel et al., 2005; Phillips et al., 2015), hospitalization (Brown et al., 2009), which constitutes also a risk factor for institutionalization (Goodwin, Howrey, Zhang, & Kuo, 2011), psychosocial status documented as fear of falling (FOF), depression, apathy, or social involvement (Al Snih et al., 2012; Auais et al., 2017; Peel et al., 2005; Uemura et al., 2013), global cognitive status (Peel et al., 2005), and domain-specific cognitive functions (processing speed) (Uemura et al., 2013). Physical activity (PA), itself influenced by physical, cognitive and psychosocial factors and environmental conditions (Franco et al., 2015; Stubbs et al., 2014), has also been closely linked to LSM (Portegijs, Tsai, Rantanen, & Rantakokko, 2015; Sawyer & Allman, 2010; Tsai et al., 2015), representing - as well as LSM - an aspect of movement behavior. Among the factors that have been related to LSM, motor and functional performance stand out as major determinant for LSM in older adults (Al Snih et al., 2012; Peel et al., 2005). Overall, accumulation of deficits, such as motor and cognitive impairments, might be associated with an accumulation of restrictions in LSM and an extraordinary risk of losing independence and autonomy. Studies in populations associated with multiple risk factors for LSM restrictions are, however, lacking. Previous studies most frequently focused on healthy older individuals (Al Snih et al., 2012; Peel et al., 2005), and only few studies addressed subgroups with single risk factors, such as orthopedic disorders (Suzuki et al., 2014), hospitalization (Brown et al., 2009), or persons with amnesic mild cognitive impairment (Uemura et al., 2013). Some studies assessed life-space (LS) in persons with CI using a questionnaire (Stalvey, Owsley, Sloane, & Ball, 1999) or GPS-based tracking devices (Tung et al., 2014), though these measures do not include frequency, the use of equipment or assistance, or indoor activity and are therefore not comparable. LSM was usually assessed via self-administered questionnaires with rather long retrospective assessment periods (Brown et al., 2009; Peel et al., 2005). However, the use of such questionnaires in cognitively impaired persons may hamper the accuracy of LSM documentation, as declining cognitive abilities (e.g., memory impairment, loss of orientation in time and locus) are associated with relevant recall bias (Bhandari & Wagner, 2006), which may have resulted in the exclusion of older people with cognitive impairment (CI) from most previous studies. To cope with such limitations and to document LSM in persons with CI, an interview-based assessment tool adjusted to their specific requirements has recently been developed and successfully validated for use in this population group closing this methodological gap (Ullrich et al., 2018).

In summary, the objectives of the study were to describe the LSM in older patients with mild to moderate CI after geriatric rehabilitation, representing a highly vulnerable population with multiple risk factors, and to investigate potential determinants of LSM in this population.

2. Methods

2.1. Study design

The present study is based on cross-sectional baseline data from a double-blinded, randomized, placebo-controlled trial (RCT) to improve motor performance and PA in older patients with mild to moderate CI discharged from geriatric rehabilitation (ISRCTN82378327; (Bongartz

et al., 2017). The RCT was approved by the ethics committee of the Medical Department of the Heidelberg University (S-252/2015) in accordance with the Declaration of Helsinki and was registered at www.isrctn.com (ISRCTN82378327).

2.2. Recruitment and participants

Participants were recruited consecutively from rehabilitation wards of a German geriatric hospital between September 2015 and April 2017. Eligible participants were assessed for CI using the Mini-Mental State Examination (MMSE) (Folstein, Folstein, & McHugh, 1975). Only individuals with MMSE scores of 17 to 26, indicating mild to moderate CI, were included in the study (Monsch et al., 1995). Further inclusion criteria to participate in the RCT were: age ≥ 65 years; ability to walk at least 4 m without a walking aid; residence within 30 km of the study center; discharge to the patients' home (i.e., no nursing home residents); no terminal disease; no delirium; German-speaking, and written informed consent.

2.3. Measurements

The measurements were conducted right before randomization and start of the intervention. Only tests established in geriatric assessment and validated in older persons and if available in cognitively impaired individuals were used.

2.3.1. Life-space assessment

LSM was assessed using the Life-Space Assessment in Persons with Cognitive Impairment (LSA-CI), a modified version of the University of Alabama at Birmingham Study of Aging Life-Space Assessment (UAB-LSA) (Baker, Bodner, & Allman, 2003) specifically developed and validated for use in persons with CI (Ullrich et al., 2018). The assessment captures the life-space (LS) zones (from bedroom = 0, home = 1, immediate surroundings of one's home = 2, neighborhood = 3, home town = 4 to unlimited area = 5) within the previous week, the frequency of mobility for each zone (1 = "1–3 times per week", 2 = "4–6 times per week", 3 = "daily"), and the assistance needed to travel within a zone (1 = "help of another person", 1.5 = "use of assistive device only", 2 = "no assistance"), while using an interview technique specifically developed for older people with CI (Ullrich et al., 2018). A composite score can be calculated by multiplying the zone score with scores for frequency and assistance, and then adding the scores for each zone. The lowest LSA-CI score of 0 indicates total immobility and the maximum LSA-CI score of 90 indicates daily independent out-of-town mobility. The LSA-CI covered also subscores (range 0–5) for (1) the maximum LS zone achieved without any assistance, or with equipment or personal assistance (LSA-CI-M); (2) the maximum LS zone achieved with equipment (e.g. walking sticks, rollator), if needed, but without personal assistance (LSA-CI-E), and (3) the maximum LS zone achieved independently without equipment and without personal assistance (LSA-CI-I). To extract the role of the specific assistance (i.e., equipment, personal assistance) in individual's LS, we developed two new subscores in addition to the established subscores based on the available LSA-CI data. The subscore (a) for the LS increased due to the assistance by another person (LSA-CI-AP) was calculated by subtracting the equipment-assisted from the maximal LS score (i.e. LSA-CI-M – LSA-CI-E) and subscore (b) for the LS increased due to the assistance by equipment (LSA-CI-AE) was calculated by subtracting the independent from the equipment-assisted LS score (i.e. LSA-CI-E – LSA-CI-I). By this approach, we were able to document the specific effect of personal assistance and equipment, respectively, which represents a novel perspective for LSA assessment.

2.3.2. Potential determinants of life-space mobility

Based on the mobility framework by Webber et al. (2010), physical, cognitive, psychosocial, environmental, and financial status and

gender, cultural and biographical variables were assessed to examine their associations with LSM. Physical variables included the Short Physical Performance Battery (SPPB) for the assessment of motor performance (Guralnik et al., 1994), the number of diagnoses as documented in patient charts indicating multimorbidity, and the Body Mass Index (BMI) documenting relative weight. Cognitive status was assessed using the Mini-Mental State Examination (MMSE) (Folstein et al., 1975). To assess different domains of psychosocial status we used the Falls Efficacy Scale – International (FES-I) (Hauer et al., 2011), the Fear of Falling Avoidance-Behavior Questionnaire (FFABQ) (Landers, Durand, Powell, Dibble, & Young, 2011; translated according to Beaton, Bombardier, Guillemin, & Ferraz (2000), stage 1–4), the 15-item version of the Geriatric Depression Scale (GDS) (Allgaier, Kramer, Mergl, Fejtikova, & Hegerl, 2011; Greenberg, 2007), the Apathy Clinical Evaluation Scale – Clinical Version (AES-C) (Lueken et al., 2006; Marin, Biedrzycki, & Firinciogullari, 1991), and the total duration of private, unpaid care by family members or friends within the previous three months (one item of a questionnaire for health-related resource use (Seidl et al., 2015)). A questionnaire for the assessment of the social situation (Erhebungsbogen Soziale Situation - SOS) (Nikolaus, Specht-Leible, Bach, Oster, & Schlierf, 1994) with four components was used to measure social contacts (including frequency, quantity and quality of relationships to other persons), social activities (existence and development of hobbies/interests), living situation (including indoor and outdoor aspect of the living situation such as comfort, barriers, infrastructure, duration of residence), and financial status (addressing the self-related sufficiency of actual income and the existence of savings). To complement environmental status in addition to living situation, weather data comprising mean temperature, precipitation height and snow depth for each of the subject's assessment period were recorded at the weather station closest to the study center. Sociodemographic characteristics including age and gender were documented from patient charts, educational and marital status were assessed by standardized interviews. PA was assessed by the number of steps within 48 h measured with a body-fixed accelerometer (PAMSys™, BioSensics, Cambridge, MA, USA), using a validated algorithm for older persons (Najafi et al., 2003). For sample description, also falls in the previous year were documented by standardized interview (Zieschang, Schwenk, Becker, Oster, & Hauer, 2012).

2.4. Statistical analysis

Descriptive data are presented as frequencies and percentages for categorical variables, and means and standard deviations or median and range for continuous variables as appropriate. Differences in descriptive variables and LSA-CI scores between participants who received and those who did not receive personal assistance or equipment were analyzed by unpaired t-tests for continuous variables and chi-square tests for categorical variables. To identify potential determinants of LSM, we calculated bivariate correlation coefficients (Spearman (r_s) and point-biserial (r_{pb}) correlation coefficients) between LSA-CI composite score and variables for physical (SPPB, number of diagnoses, BMI), cognitive (MMSE), psychosocial (FES-I, FFABQ, GDS, AES-C, social contacts and social activities – SOS, duration of private unpaid care), environmental (living situation - SOS), financial (financial situation - SOS), sociodemographic status (age, gender, marital status, educational level), and total amount of PA (number of steps). Correlation coefficients (r) were interpreted as low ($r < 0.2$), moderate ($r = 0.2–0.5$), or high ($r > 0.5$) (Cohen, 1988). Variables that showed significant correlations ($p < 0.05$) were entered in a standard multiple linear regression analysis to examine independent determinants of LSM. Potential multicollinearity of independent variables was taken into account defined as correlation coefficients among independent variables $r > 0.7$ (Kleinbaum & Kupper, 1978) and a variance inflation factor (VIF) < 10 (Chatterjee & Hadi, 2013). Appropriateness of further assumptions of linear regression models of homoscedasticity and

normality of the residuals (Ernst & Albers, 2017) and autocorrelation was considered. Two regression models were constructed: Model 1: a basic model including significant correlated variables for physical, cognitive, psychosocial, environmental, financial status, and socio-demographic influences oriented at the model by Weber et al (Webber et al., 2010); Model 2: all status-based variables from model 1 amended by a quantitative parameter for movement behavior (number of steps). Beta weights for all independent variables included in the regression equations (range of values: -1 to 1) and adjusted R^2 (including p-values for significance) for the total model were analyzed. A p-value < 0.05 was considered statistically significant. All statistical analyses were performed using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 23 for Windows (IBM Corp., NY, USA).

3. Results

3.1. Participant characteristics

Out of 1981 patients screened for eligibility, 118 community-dwelling individuals were enrolled according to predefined inclusion criteria. The study sample comprised multimorbid (number of diagnoses = 11.4 ± 4.4), older patients (82.3 ± 6.0 years) with motor (SPPB = 5.2 ± 2.3) and cognitive impairment (MMSE = 23.3 ± 2.4), and mild depressive (GDS = 5.3 ± 3.0) and apathetic (AES-C = 40.2 ± 9.1) symptoms approximately 7.5 weeks (45.7 ± 47.1 days) after discharge from geriatric rehabilitation. Further sample characteristics are detailed in Table 1.

3.2. Description of life-space mobility

Based on 117 participants (one participant was excluded due to unrealistic statements, advanced disorientation, and confabulation), the mean LSA-CI composite score was 23.9 ± 13.2 within a range of 4.5 to 70 out of a maximum score of 90 (Table 2) with mainly highly restricted and dependent persons as well as a few relatively unrestricted and independent persons (Fig. 1). Results for LSA-CI subscores differed substantially (Table 2), depending on the degree of assistance with the highest scores when support by equipment or another person was included (LSA-CI-M), substantially lower scores for the LS achieved with equipment but without personal assistance (LSA-CI-E), and very low scores for the LS achieved independently without any assistance by equipment or another person (LSA-CI-I). The maximum LS achieved (LSA-CI-M), independent of the degree of assistance, indicated an activity area between the neighborhood (= LS zone 3) and the hometown (= LS zone 4) (LSA-CI-M = 3.7 ± 1.2). Despite support from another person or equipment, seven participants (6.0%) were completely homebound (LSA-CI-M ≤ 1) and 38 participants (32.5%) were restricted to their neighborhood (LSA-CI-M ≤ 3 ; Table 3). The equipment-assisted LS score (LSA-CI-E) showed that without personal assistance LS decreased substantially by more than one LS zone (-1.1 ± 1.3) and covered an area between the immediate surroundings of the home (= LS zone 2) and the neighborhood (= LS zone 3) (LSA-CI-E = 2.5 ± 1.2 ; Table 2). Further analysis of the LS achieved with equipment showed that more than half of the participants ($n = 70$, 59.8%) were bound to the immediate surroundings of the home (\leq LS zone 2), and more than three fourths ($n = 90$, 76.9%) were restricted to the neighborhood (\leq LS zone 3; Table 3). The LS achieved independently without any assistance (LSA-CI-I) was on average restricted to the home (= LS zone 1) (LSA-CI-I = 1.1 ± 1.4 ; Table 2). A closer look at the independent LS revealed that - without equipment or personal assistance - half of all participants ($n = 58$, 49.6%) were not able to leave their bedroom, overall 84.7% ($n = 99$) were restricted to the immediate surroundings of the home (LSA-CI-I ≤ 2), and 92.4% ($n = 108$) were restricted to their neighborhood (LSA-CI-I ≤ 3 ; Table 3). The analysis of the specific benefit from personal assistance (LSA-CI-AP) revealed that more than half of all participants ($n = 63$,

Table 1
Sample characteristics.

Characteristics	Variables	n = 118
Physical status	SPPB Score (0–12), mean (SD)	5.2 (2.3)
	Number of diagnoses, mean (SD)	11.4 (4.4)
	Body Mass Index, mean (SD)	27.3 (5.3)
Cognitive status	At least one fall in the previous year, n (%)	79 (67)
	MMSE Score (0–30), mean (SD)	23.3 (2.4)
Psychosocial status	Social Contacts Score (0–6; SOS), mean (SD)	5.4 (0.7)
	Social Activities Score (0–5; SOS), mean (SD)	2.5 (1.1)
	FES-I Score (7–28), median (range)	11 (7–25)
	FFABQ Score (0–56), mean (SD)	18.5 (12.6)
	GDS Score (0–15), mean (SD)	5.3 (3.0)
	AES-C Score (18–72), mean (SD)	40.2 (9.1)
	Living situation (0–11), mean (SD)	8.7 (1.4)
Environmental status	Age (years), mean (SD)	82.3 (6.0)
	Gender (female/male), n (%)	90(76.3) / 28(23.7)
Sociodemographic status	Marital status (married/not married), %	30.5/69.5
	Educational level (only school/vocational education/ university or comparable), %	31.4/50.0/18.6
Physical activity	Number of steps per day, mean (SD)	2843 (2264)

Presented are the characteristics of the study sample. *Abbreviations:* AES-C: Apathy Evaluation Scale – Clinical Version; FES-I: Falls Efficacy Scale – International; FFABQ: Fear of falling Avoidance Behavior Questionnaire; GDS: Geriatric Depression Scale; MMSE: Mini Mental State Examination; SOS: Questionnaire on social status; SPPB: Short Physical Performance Battery.

Table 2
Results of life-space assessment in persons with cognitive impairment.

LSA-CI score	Mean	(SD)	Median	Range
LSA-CI composite score (-C)	23.9	(13.2)	20.5	4.5–70
LSA-CI maximal score (-M)	3.7	(1.2)	4.0	1–5
LSA-CI equipment assisted score (-E)	2.5	(1.2)	2.0	1–5
LSA-CI independent score (-I)	1.1	(1.4)	1.0	0–5

Presented are results of the LSA-CI composite score and subscores; n = 117, one measurement had to be excluded due to unrealistic statements by the patient. *Abbreviations:* LSA-CI = Life-Space Assessment for Persons with Cognitive Impairment.

53.8%) increased their maximal LS through personal assistance, with more than two thirds of them (n = 45) showing an increase of at least two LS zones (Table 4). Participants who benefitted from personal assistance showed a significantly higher maximal LS (LSA-CI-M, p < 0.001), but a lower equipment-assisted (LSA-CI-E, p < 0.001) and independent LS (LSA-CI-I, p = 0.004), a lower motor performance (SPPB) (p = 0.038), and were mostly female (p = 0.015) compared to

Table 3
Subscore analysis - Life-space zones and part of persons that reached maximal the respective zone.

Life-space zone	LSA-CI-M	LSA-CI-E	LSA-CI-I
0 (bedroom)	0 (0.0)	1 (0.9)	58 (49.6)
1 (home)	7 (6.0)	19 (16.2)	20 (17.2)
2 (immediate surroundings of the home)	20 (17.1)	50 (42.7)	21 (17.9)
3 (neighborhood)	11 (9.4)	20 (17.1)	9 (7.7)
4 (home town)	45 (38.5)	17 (14.5)	5 (4.3)
5 (unlimited area)	34 (29.1)	10 (8.5)	4 (3.4)

Presented are subscore analyses and the number of persons (percentage of persons) that reached maximal the respective zone; *Abbreviations:* LSA-CI-M = maximum life-space with equipment or personal assistance if needed; LSA-CI-E = maximum life-space with equipment if needed; LSA-CI-I = maximum independent life-space without equipment or personal assistance.

those who did not receive personal assistance (n = 54, 46.2%), indicating that personal assistance may be related to decreased functional status. No significant differences between these two groups were found

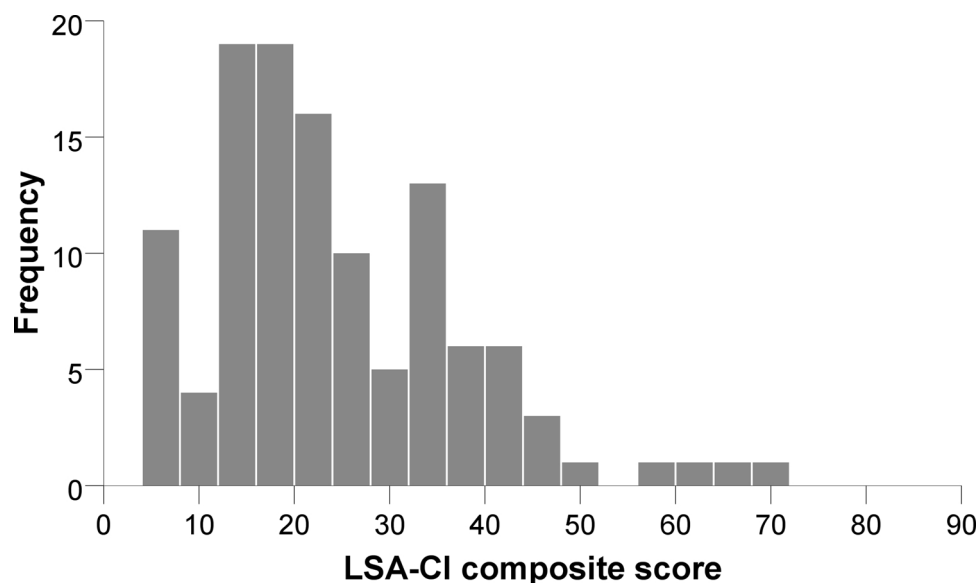


Fig. 1. Histogram of the LSA-CI composite score for the sample of 117 multimorbid, older people with cognitive impairment.

Table 4
Use of and benefit from personal assistance and equipment.

Increase of life-space zone by...	LSA-CI-AP, n (%)	LSA-CI-AE, n (%)
+ 0	54 (46.2)	38 (32.5)
+ 1	18 (15.4)	20 (17.1)
+ 2	24 (20.5)	41 (35.0)
+ 3	18 (15.4)	8 (6.8)
+ 4	2 (1.7)	8 (6.8)
+ 5	1 (0.9)	2 (1.7)

Presented are increases in life-space zones due assistance by a person or equipment. Abbreviations: LSA-CI-AP = life-space increased in persons with cognitive impairment due to assistance by a person; LSA-CI-AE = life-space increased in persons with cognitive impairment due to assistance by equipment.

Table 5
Differences between persons using and benefitting from personal assistance (LSA-CI-AP) and persons using and benefitting from equipment (LSA-CI-AE).

Group difference with respect to:	LSA-CI-AP		LSA-CI-AE	
	LSA-CI-AP ≥ 1 vs. LSA-CI-AP = 0	p	LSA-CI-AE ≥ 1 vs. LSA-CI-AE = 0	p
LSA-CI-C	23.0 vs. 25.0	.409	26.9 vs. 22.5	.113
LSA-CI-M	4.2 vs. 3.0	< .001	3.6 vs. 3.7	.794
LSA-CI-E	2.1 vs. 3.0	< .001	2.5 vs. 2.6	.820
LSA-CI-I	0.8 vs. 1.5	.004	2.5 vs. 0.4	< .001
age	83.0 vs. 81.5	.192	81.0 vs. 82.9	.125
gender (female)	85.7% vs. 66.7%	.015	85.5% vs. 63.2%	.014
diagnoses	11.8 vs. 10.8	.247	11.0 vs. 11.6	.464
MMSE	23.1 vs. 23.5	.347	22.9 vs. 23.5	.189
SPPB	4.8 vs. 5.7	.038	6.4 vs. 4.6	< .001
social activities	2.5 vs. 2.5	.951	2.5 vs. 2.5	.837
falls	1.1 vs. 1.0	.715	0.9 vs. 1.2	.141
FES-I	12.4 vs. 12.1	.749	11.1 vs. 12.8	.035
FFABQ	20.4 vs. 16.7	.118	13.1 vs. 21.3	.001
GDS	5.3 vs. 5.3	.966	5.0 vs. 5.4	.417
AES-C	22.2 vs. 21.9	.868	23.2 vs. 21.5	.375
PA (steps)	2538 vs. 3191	.127	3363 vs. 2591	.074

Presented are differences between groups according to use and benefit with respect to life-space zones due assistance by a person or equipment. Abbreviations: LSA-CI-AP = life-space increased in persons with cognitive impairment due to assistance by a person; LSA-CI-AE = life-space increased in persons with cognitive impairment due to assistance by equipment.

for the LSA-CI composite score and other descriptive variables (Table 5). Over two thirds of all participants (n = 79, 67.5%) specifically benefited from the use of equipment (LSA-CI-AE), with 59 (74.7%) of them showing an increase of at least two LS zones (Table 4). These participants showed significantly lower independent LS (LSA-CI-I, p < 0.001) and motor performance (p < 0.001) compared to those who did not use equipment (n = 38, 32.5%), but showed higher levels of FOF (p = 0.035) and avoidance behavior due to FOF (p < 0.001) and were mostly female (p = 0.014). No significant group differences were found in other LSA-CI scores or in other descriptive variables (Table 5).

3.3. Determinants of life-space mobility

As basis of the regression models, bivariate correlational analyses revealed that physical activity (PA) showed the highest correlations with LSA-CI score (PA/number of steps: $r_s = 0.590$; p < 0.001), followed by moderate correlations with social activities (social activities – SOS), motor performance (SPPB), FOF (FES-I), FOF-related avoidance behavior (FFABQ), age, gender, and living situation (living situation – SOS) ($r = |0.233-0.435|$; p = < 0.001–0.012). Correlations with duration of private unpaid care and cognition (MMSE) were low although reaching significance ($r = |0.186-0.199|$; p = 0.031–0.045). Significant variables were included in the subsequent regression

Table 6
Correlation between life-space mobility and related factors.

Factors	Variable	r_s or r_{pb}	p
Physical status	SPPB Score	.387**	< .001
	Number of diagnoses	.015	.875
	Body Mass Index (BMI)	–.028	.766
Cognitive status	MMSE Score	.186*	.045
	Psychosocial status	Social Contacts Score (SOS)	–.028
Psychosocial status	Social Activities Score (SOS)	.435**	< .001
	FES-I Score	–.238**	.010
	FFABQ Score	–.380**	< .001
	GDS Score	–.108	.246
	AES-C Score	–.141	.129
	Private unpaid care	–.199*	.031
	Environmental status	Living Situation Score (SOS)	.233*
Environmental status	Weather: Average temperature	–.005	.961
	Weather: Precipitation height	.007	.940
	Weather: Average snow depth	–.080	.392
Financial status	Financial Status (SOS)	–.021	.825
Sociodemographic factors	Age	–.321**	< .001
	Gender ^a	.282**	.002
	Marital Status ^a	–.074	.431
	Educational Level	.072	.442
Physical activity	Number of steps ^b	.590**	< .001

Presented are Spearman coefficients rho between LSA-CI composite score and associated factors; n = 117; except for ^apoint biserial correlation (dichotomous measures); ^bn = 114; ^cn = 112; ^dn = 108. Correlations coefficients (r): < 0.20 = low, .20–.50 = moderate, > 0.50 = high. Bolding indicates significant correlations; *p < .05; **p < .01. Abbreviations: AES-C: Apathy Evaluation Scale – Clinical Version; FES-I: Falls Efficacy Scale – International; FFABQ: Fear of falling Avoidance Behavior Questionnaire; GDS: Geriatric Depression Scale; LSA-CI: Life-Space Assessment for Persons with Cognitive Impairment; MMSE: Mini Mental State Examination; SOS: Questionnaire for social status; SPPB: Short Physical Performance Battery.

models. No significant correlations ($r = |0.005-0.141|$; p = 0.129–0.961) were found for number of diagnoses, BMI, measures of social contacts (social contacts – SOS), depressive and apathetic symptoms (GDS, AES-C), weather, financial status, marital status and educational level (Table 6). Regression model 1 (without PA) revealed that higher motor performance (SPPB), more social activities and being male were independently associated with higher LSA-CI-C scores, with the highest β -weight for motor performance, while cognition, FOF-related factors (FFABQ, FES-I), duration of private unpaid care, living situation and age were not independently associated with the LSA-CI-C score (Table 7). No multicollinearity between included variables or

Table 7
Regression model for determinants of life-space mobility.

	Model 1 (n = 117)	Model 2 (n = 114)
adjusted R ²	.363	.424
Variable	β	β
MMSE	.076	.064
SPPB	.341**	.243**
Social activities (SOS)	.296**	.257**
FES-I	.083	.025
FFABQ	–.076	–.064
Living situation	.058	.033
Gender	.218**	.182*
Age	–.109	–.102
Private unpaid care	.007	.027
No. of steps	–	.265**

Bolding indicates significant correlations; *p < 0.05; **p < 0.01. Presented are linear regression analyses for LSA-CI composite score and potential determinants. Bolding indicates significant factors. Abbreviations: FES-I: Falls Efficacy Scale – International; FFABQ: Fear of falling Avoidance Behavior Questionnaire; LSA-CI = Life-Space Assessment for Persons with Cognitive Impairment; MMSE: Mini Mental State Examination; SOS: Questionnaire for social status; SPPB: Short Physical Performance Battery.

autocorrelation was found (highest $r = 0.642$ for FES-I and FFABQ; max VIF = 2.045; Durbin-Watson 1.920). Model 1 explained a variance of 36.3% in the LSA-CI-C score (adjusted $R^2 = 0.363$). When the activity behavior-related variable for PA was additionally included in the regression model 2, higher motor performance (SPPB), more social activities, being male and higher amount of PA were independently associated with higher LSA-CI-C scores, with the highest β -weight for PA. No multicollinearity between included variables was found also for this model (max VIF = 2.019; Durbin-Watson 2.096). By adding PA into model 2, the total amount of explained variance increased from 36.3% to 42.4% (adjusted $R^2 = 0.424$, Table 7).

4. Discussion

To the best of our knowledge, this is the first study to investigate LSM and its determinants in multimorbid, older patients with CI after discharge from geriatric rehabilitation, a highly vulnerable population with multiple risk factors for LSM restrictions. Study results show that: 1) LSM is highly restricted in such a population, which becomes particularly apparent when analyzing the LS achieved independently without assistance of another person or equipment. 2) Higher motor performance, increased PA, more social activities, and male gender were identified as important determinants for increased LSM, explaining a considerable part of the LSA-CI's variance.

4.1. Description of life-space mobility

The mean LSA-CI-C of 23.9 out of maximal 90 scores demonstrated that LSM was substantially limited among the study population. The majority of the participants were highly restricted and dependent on personal assistance as well as equipment. Previous studies in cognitively intact community-dwelling older adults have shown that average maximal LS covered an activity area between the hometown (= LS zone 4) and areas beyond (= LS zone 5) (maximal LS: 4.2–5.0) (Baker et al., 2003; Curcio et al., 2013; Fristedt, Kammerlind, Bravell, & Fransson, 2016). As expected, due to the impaired physical, cognitive and psychological status and the preceding hospitalization of the vulnerable study population, average maximal LS only ranged between neighborhood (= LS zone 3) and hometown (= LS zone 4) (LSA-CI-M: 3.7) in this study. The restricted mobility status in our population became particularly obvious when support mechanisms (personal assistance and use of equipment) were excluded, indicating a higher dependence on transportation support and a higher number of unfulfilled transportation needs (Cvitkovich & Wister, 2001). Without any assistance, the vast majority of persons were restricted to the home area, which is associated with decreased opportunities for participation in social and community activities (Szanton et al., 2016).

The use of equipment and personal assistance seem to play a key role in the LSM of multimorbid, older persons with motor and cognitive impairment as demonstrated by the newly introduced subscores LSA-CI-AP and LSA-CI-AE that enabled us to document separately the effect of personal assistance or equipment. The majority of participants used equipment and received help of another person, thus increasing their LSM to a level comparable to that of persons without the need for personal assistance or equipment. Interestingly, the participants receiving assistance and/or using equipment were those with a lower independent LS, lower motor performance, higher FOF, and higher avoidance behavior due to FOF, indicating that such limitations can successfully be compensated by personal assistance and equipment. Both, personal assistance and equipment, have been crucial to broaden the LSM in the multimorbid sample and therefore represent potential targets for increasing the mobility in vulnerable populations with multiple risk factors for LSM restrictions (Bertrand, Raymond, Miller, Martin Ginis, & Demers, 2017; Latham, Clarke, & Pavela, 2015), for example promoting the use and acceptance of existing equipment, examining the need of specific additional equipment, or encouraging

relatives or caregivers to support outdoor mobility.

4.2. Determinants of life-space mobility

Based on the theoretical mobility framework by Webber et al. (2010), we considered a high number of potentially relevant factors to provide a comprehensive analysis of LSM in our sample. To our best knowledge, only one study in a large sample of older community-dwelling persons examined a comparable range of potentially relevant factors to analyze community mobility, identifying physical, cognitive, environmental and sociodemographic variables, but not psychosocial and financial factors, as independent determinants of mobility with physical health as strongest predictor (Umstätt Meyer et al., 2014). The current study conducted in multimorbid, older persons with motor and cognitive impairment focused, for the first time, on a specific population at high risk for restricted LSM, dependency, and institutionalization. Study results revealed that only variables addressing the participants' physical and (psycho-) social status, gender, and PA were independent determinants of LSM, accounting for a considerable part of the LSA-CI's variance, while cognitive, financial, environmental, cultural and biographical factors as assessed in this population were negligible.

Among the physical variables, a comprehensive assessment for key motor functions (SPPB) was identified as an independent determinant of LSM, representing also the strongest factor in the first regression model. The result is in accordance with previous studies investigating multiple, potential factors of LSM in mixed populations of older adults with and without CI, that also identified functional and motor performance as the most powerful determinants of LSM (Al Snih et al., 2012; Peel et al., 2005). LSM was not significantly associated with number of medical diagnoses as a surrogate marker for multimorbidity, nor with the moderate BMI in our sample, thus supporting previous results observed in older adults with and without CI (Al Snih et al., 2012; Sawyer & Allman, 2010). In contrast to functional status as indicated by the SPPB, diseases or body characteristics seem to play rather a minor role for LSM. This is consistent with the World Health Organization's International Classification of Functioning, Disability and Health and its basic idea that a disease itself provides an incomplete perspective on health status and disability. Instead, the impact of diseases on an individual's functional status and impairment level as shown by the motor performance status is important for engagement in everyday life (Escorpizo et al., 2013).

Global cognitive status was not independently associated with LSM in our study population which was homogenous in this respect with a small-ranging mild to moderate CI level (MMSE range 17–26). Previous studies investigating associations between cognitive status and LSM showed conflicting results (Beland et al., 2018). Cross-sectional studies that showed associations between cognitive status and LSM included samples that covered the full range of cognitive performance including cognitively intact and severely impaired persons (MMSE range 0–30) (Al Snih et al., 2012; Peel et al., 2005), which might explain the different study results. Differences in outdoor activity might be more obvious in cognitive demanding outdoor activities (Wettstein et al., 2015), however, these differences with respect to the cognitive demand of an activity cannot be assessed using the LSA-CI. Our study design did not allow analysis of the risk of developing cognitive impairment as investigated in previous studies (Beland et al., 2018; James, Boyle, Buchman, Barnes, & Bennett, 2011).

Among the variables for psychosocial factors, we identified social activities as a significant and independent determinant of LSM, corresponding to results reported for cognitively healthy adults using a questionnaire assessing only LS, more specifically spatial distances (Barnes et al., 2007). Given that social activities are based on the volition of an individual to get around outside the own home and participate in the community or society (Levasseur, Richard, Gauvin, & Raymond, 2010) and that social activities had been identified to

account for a substantial proportion (about 20%) of trips outside the home among older adults (Mollenkopf et al., 1997), this finding is reasonable. Thus, our results support the idea of the LSM concept depicting not only spatial-temporal movement patterns, but also reflecting participation in the society (Parker, Baker, & Allman, 2002). Social contacts as documented by the SOS questionnaire and private unpaid care were not identified as independent determinants of LSM, even though the initial descriptive analysis of LSM showed that the assistance provided of another person increased LS substantially in our sample (LSA-CI-E = 2.5 ± 1.2 vs. LSA-CI-M = 3.7 ± 1.2). This might be explained by the assessment of social contacts and private unpaid care that was more likely to cover passive forms of social interaction that were mainly located in the home as suggested by Dale et al. (Dale, Saevareid, Kirkevold, & Soderhamn, 2008), while assessment of social activities included questions on active engagement (existence and development of hobbies/interests), thus better reflecting outdoor activity. FOF-related factors (FES-I and FFABQ) were bivariate associated with LSM, but these associations were not statistically independent of other determinants as shown by the regression analysis. These findings contrasted with previous studies demonstrating independent associations of LSM and FOF in older adults with (Uemura et al., 2013) and without CI (Auais et al., 2017). The effects may be mediated by motor performance and PA, as these variables were moderately correlated with FOF (Denkinger, Lukas, Nikolaus, & Hauer, 2015), or compensated by the use of equipment as suggested by the descriptive analysis with higher benefit by equipment in persons with higher levels of FOF. No associations between LSM and depressive or apathetic symptoms were found in our study sample, in contrast to previous studies in older mixed populations with and without CI (Al Snih et al., 2012; Peel et al., 2005). Apathy and depression may especially affect higher-level daily activities (e.g., shopping, public transportation) (Fitz & Teri, 1994; Kazama et al., 2011; Yeager & Hyer, 2008), and to a less extent lower-level activities of daily living (e.g. food preparation, doing the laundry), which might be the focus in everyday life in our vulnerable study population.

Environmental factors did not significantly influence the LSM of our sample. The living situation and weather conditions may have an influence on higher outdoor LSM, however, due to the low outdoor activity observed in our sample, the potential impact of such factors may have been reduced in our study.

Out of the sociodemographic factors (financial, cultural, biographical factors) only gender was identified as an independent determinant of LSM in our study population, with females showing lower LSM than males. The influence of gender on LSM was previously also reported for persons with orthopedic diseases (Suzuki et al., 2014), or unspecific populations (Peel et al., 2005; Phillips et al., 2015) and might be related to the generally higher disability level (Gill, Gahbauer, Lin, Han, & Allore, 2013), lower physical activity level (L. Smith, Gardner, Fisher, & Hamer, 2015) or to a preference for home leisure activities in older women (Gagliardi et al., 2007). Age was not independently associated with LS, which may be due to mediation effects of motor performance and PA that are in turn predicted by age (Browning, Sims, Kendig, & Teshuva, 2009; Guralnik et al., 1993).

PA behavior was identified as the strongest independent determinant of LSM in our second regression model. High associations of PA with LSM have also been previously reported by studies in older persons without CI, showing that a higher amount of PA is accompanied by greater spatial extension of mobility (Portegijs et al., 2015; Sawyer & Allman, 2010; Tsai et al., 2015). PA and LSM both represent aspects of movement behavior, with PA focusing on activity regardless of location and target and LSM focusing on the location and spatial extent of activity regardless of physically active or passive locomotion. Thus, the results were in line with our expectations of PA to explain a large amount of the LSA-CI's total variance, which was the reason for calculating a second regression model with PA in addition to the first model, including only status-based variables. Furthermore, it might be

also argued that the number of steps (i.e., walking), by which we quantified PA in our study, is a prerequisite to moving through LS zones independently (Collia, Sharp, & Giesbrecht, 2003; Satariano et al., 2012).

In summary, the theoretical mobility framework by Webber et al. (Webber et al., 2010), successfully tested in older persons (Umstätt Meyer et al., 2014), may only have a relevance for specific variables in multimorbid, older people with motor and cognitive impairment, as not all model assumptions were met in our study sample. However, our comprehensive analysis of LSM revealed independent determinants that were modifiable, except for gender. Previous studies have already demonstrated that physical training is feasible and effective to improve motor performance in older people with and without CI (for review, see (Heyn, Johnson, & Kramer, 2008), that social interventions (e.g., support interventions, home visiting, service provision) can promote social activities in older people (for review, see (Dickens, Richards, Greaves, & Campbell, 2011), and that physical home training (Hauer et al., 2017) or specific behavior change intervention techniques (goal setting, social support, using a credible source) (Nyman, Adamczewska, & Howlett, 2018) can increase PA. Thus, interventions that address motor performance, social activities, and PA may also have a high potential to increase LSM in a vulnerable population of multimorbid older adults with motor and cognitive impairment. Women were identified as a high risk subgroup for LSM restriction with a potential accumulation of converging negative factors, indicating a special need for interventions with focus on women.

Future studies could include differentiated analyses of social contacts, activities and support, specific diseases and cognitive subdomains or behavioral factors (activities of daily living). As a limitation of the study, we have to mention that the SOS was not validated in persons with cognitive impairment. However, as the documentation of the SOS was interview-based and performed by trained assessor, representing an established procedure to compensate potential record bias in persons with cognitive impairment, we assume that the documentation meets established documentation standards.

5. Conclusions

LSM was substantially restricted in a multimorbid, vulnerable population of older persons with CI following geriatric rehabilitation. Equipment and personal assistance played a key role for LSM in this population, as dependency on both is highly prevalent, providing opportunities for increasing LSM by improving the availability and use of equipment or by providing personal assistance. The identified determinants of LSM show potential for future interventions to increase LSM in such vulnerable persons at high risk for LS restrictions by targeting motor performance, social activities, and PA.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Acknowledgments

This work was supported by the social and private long-term care insurance (soziale und private Pflegeversicherung) and the Municipal Association for Youth and Social Affairs in Baden-Württemberg (Kommunalverband für Jugend und Soziales Baden-Württemberg) (grant number 80221-208-009-01-01).

References

- Al Snih, S., Peek, K. M., Sawyer, P., Markides, K. S., Allman, R. M., & Ottenbacher, K. J. (2012). Life-space mobility in Mexican Americans aged 75 and older. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(3), 532–537. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2011.03822.x>.

- Allgaier, A. K., Kramer, D., Mergl, R., Fejtikova, S., & Hegerl, U. (2011). Validity of the geriatric depression scale in nursing home residents: Comparison of GDS-15, GDS-8, and GDS-4. *Psychiatrische Praxis*, 38(6), 280–286. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1266105>.
- Auais, M., Alvarado, B., Guerra, R., Curcio, C., Freeman, E. E., Ylli, A., ... Deshpande, N. (2017). Fear of falling and its association with life-space mobility of older adults: A cross-sectional analysis using data from five international sites. *Age and Ageing*, 46(3), 459–465. <https://doi.org/10.1093/ageing/afw239>.
- Baker, P. S., Bodner, E. V., & Allman, R. M. (2003). Measuring life-space mobility in community-dwelling older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(11), 1610–1614. <https://doi.org/10.1046/j.1532-5415.2003.51512.x>.
- Barnes, L. L., Wilson, R. S., Bienias, J. L., de Leon, C. F., Kim, H. J., Buchman, A. S., ... Bennett, D. A. (2007). Correlates of life space in a volunteer cohort of older adults. *Experimental Aging Research*, 33(1), 77–93. <https://doi.org/10.1080/03610730601006420>.
- Beaton, D. E., Bombardier, C., Guillemin, F., & Ferraz, M. B. (2000). Guidelines for the process of cross-cultural adaptation of self-report measures. *Spine (Phila Pa 1976)*, 25(24), 3186–3191. <https://doi.org/10.1097/00007632-200012150-00014>.
- Beland, F., Julien, D., Bier, N., Desrosiers, J., Kergoat, M. J., & Demers, L. (2018). Association between cognitive function and life-space mobility in older adults: results from the FRLe longitudinal study. *BMC Geriatrics*, 18(1), 227. <https://doi.org/10.1186/s12877-018-0908-y>.
- Bertrand, K., Raymond, M. H., Miller, W. C., Martin Ginis, K. A., & Demers, L. (2017). Walking aids for enabling activity and participation: A systematic review. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 96(12), 894–903. <https://doi.org/10.1097/phm.0000000000000836>.
- Bhandari, A., & Wagner, T. (2006). Self-reported utilization of health care services: Improving measurement and accuracy. *Medical Care Research and Review : MCR*, 63(2), 217–235. <https://doi.org/10.1177/1077558705285298>.
- Bongartz, M., Kiss, R., Ullrich, P., Eckert, T., Bauer, J., & Hauer, K. (2017). Development of a home-based training program for post-ward geriatric rehabilitation patients with cognitive impairment: Study protocol of a randomized-controlled trial. *BMC Geriatrics*, 17(1), 214. <https://doi.org/10.1186/s12877-017-0615-0>.
- Brown, C. J., Roth, D. L., Allman, R. M., Sawyer, P., Ritchie, C. S., & Roseman, J. M. (2009). Trajectories of life-space mobility after hospitalization. *Annals of Internal Medicine*, 150(6), 372–378. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-150-6-200903170-00005>.
- Browning, C., Sims, J., Kendig, H., & Teshuva, K. (2009). Predictors of physical activity behavior in older community-dwelling adults. *Journal of Allied Health*, 38(1), 8–17.
- Chatterjee, S., & Hadi, A. S. (2013). *Regression analysis by example*. Somerset, UNITED STATES: John Wiley & Sons, Incorporated.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. ed.). NJ u.a: Hillsdale.
- Collia, D. V., Sharp, J., & Giesbrecht, L. (2003). The 2001 National Household Travel Survey: A look into the travel patterns of older Americans. *Journal of Safety Research*, 34(4), 461–470.
- Curcio, C. L., Alvarado, B. E., Gomez, F., Guerra, R., Guralnik, J., & Zunzunegui, M. V. (2013). Life-space assessment scale to assess mobility: Validation in Latin American older women and men. *Aging Clinical and Experimental Research*, 25(5), 553–560. <https://doi.org/10.1007/s40520-013-0121-y>.
- Cvitkovich, Y., & Wister, A. (2001). The importance of transportation and prioritization of environmental needs to sustain well-being among older adults. *Environment and Behavior*, 33(6), 809–829.
- Dale, B., Saevareid, H. I., Kirkevold, M., & Soderhamn, O. (2008). Formal and informal care in relation to activities of daily living and self-perceived health among older care-dependent individuals in Norway. *International Journal of Older People Nursing*, 3(3), 194–203. <https://doi.org/10.1111/j.1748-3743.2008.00122.x>.
- Denkinger, M. D., Lukas, A., Nikolaus, T., & Hauer, K. (2015). Factors associated with fear of falling and associated activity restriction in community-dwelling older adults: A systematic review. *The American Journal of Geriatric Psychiatry : Official Journal of the American Association for Geriatric Psychiatry*, 23(1), 72–86. <https://doi.org/10.1016/j.jagp.2014.03.002>.
- Dickens, A. P., Richards, S. H., Greaves, C. J., & Campbell, J. L. (2011). Interventions targeting social isolation in older people: A systematic review. *BMC Public Health*, 11, 647. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-11-647>.
- Ernst, A. F., & Albers, C. J. (2017). Regression assumptions in clinical psychology research practice—a systematic review of common misconceptions. *PeerJ*, 5, e3323. <https://doi.org/10.7717/peerj.3323>.
- Eronen, J., von Bonsdorff, M., Rantakokko, M., Portegijs, E., Viljanen, A., & Rantanen, T. (2016). Socioeconomic status and life-space mobility in old age. *Journal of Aging and Health*, 28(4), 617–623. <https://doi.org/10.1177/0898264315591916>.
- Escorpizo, R., Kostanjsek, N., Kennedy, C., Nicol, M. M., Stucki, G., & Ustun, T. B. (2013). Harmonizing WHO's International Classification of Diseases (ICD) and International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF): Importance and methods to link disease and functioning. *BMC Public Health*, 13, 742. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-13-742>.
- Fitz, A. G., & Teri, L. (1994). Depression, cognition, and functional ability in patients with Alzheimer's disease. *Journal of the American Geriatrics Society*, 42(2), 186–191.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). Mini-mental state. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189–198. [https://doi.org/10.1016/0022-3956\(75\)90026-6](https://doi.org/10.1016/0022-3956(75)90026-6).
- Franco, M. R., Tong, A., Howard, K., Sherrington, C., Ferreira, P. H., Pinto, R. Z., ... Ferreira, M. L. (2015). Older people's perspectives on participation in physical activity: A systematic review and thematic synthesis of qualitative literature. *British Journal of Sports Medicine*, 49(19), 1268–1276. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094015>.
- Fristedt, S., Kammerlind, A. S., Bravell, M. E., & Fransson, E. I. (2016). Concurrent validity of the Swedish version of the life-space assessment questionnaire. *BMC Geriatrics*, 16(1), 181. <https://doi.org/10.1186/s12877-016-0357-4>.
- Gagliardi, C., Spazzafumo, L., Marcellini, F., Mollenkopf, H., Ruoppila, I., Tacken, M., ... Szémán, Z. (2007). The outdoor mobility and leisure activities of older people in five European countries. *Ageing and Society*, 27(5), 683–700. <https://doi.org/10.1017/S0144686X07006198>.
- Gill, T. M., Gahbauer, E. A., Lin, H., Han, L., & Allore, H. G. (2013). Comparisons between older men and women in the trajectory and burden of disability over the course of nearly 14 years. *Journal of the American Medical Directors Association*, 14(4), 280–286. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2012.11.011>.
- Gill, T. M., Gahbauer, E. A., Murphy, T. E., Han, L., & Allore, H. G. (2012). Risk factors and precipitants of long-term disability in community mobility: A cohort study of older persons. *Annals of Internal Medicine*, 156(2), 131–140. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-156-2-201201170-00009>.
- Gitlin, L. N. (2003). Conducting research on home environments: Lessons learned and new directions. *Gerontologist*, 43(5), 628–637. <https://doi.org/10.1093/geront/43.5.628>.
- Goodwin, J. S., Howrey, B., Zhang, D. D., & Kuo, Y. F. (2011). Risk of continued institutionalization after hospitalization in older adults. *The Journals of Gerontology Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 66(12), 1321–1327. <https://doi.org/10.1093/geronj/glr171>.
- Greenberg, S. A. (2007). How to try this: The geriatric depression scale: Short form. *The American Journal of Nursing*, 107(10), 60–69. <https://doi.org/10.1097/01.NAJ.0000292204.52313.f3.quiz.69-70>.
- Guralnik, J. M., LaCroix, A. Z., Abbott, R. D., Berkman, L. F., Satterfield, S., Evans, D. A., ... Wallace, R. B. (1993). Maintaining mobility in late life. I. Demographic characteristics and chronic conditions. *American Journal of Epidemiology*, 137(8), 845–857. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a116746>.
- Guralnik, J. M., Simonsick, E. M., Ferrucci, L., Glynn, R. J., Berkman, L. F., Blazer, D. G., ... Wallace, R. B. (1994). A short physical performance battery assessing lower extremity function: Association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *Journal of Gerontology*, 49(2), M85–94. <https://doi.org/10.1093/geronj/49.2.M85>.
- Hauer, K., Kempen, G. I., Schwenk, M., Yardley, L., Beyer, N., Todd, C., ... Zijlstra, G. A. (2011). Validity and sensitivity to change of the falls efficacy scales international to assess fear of falling in older adults with and without cognitive impairment. *Gerontology*, 57(5), 462–472. <https://doi.org/10.1159/000320054>.
- Hauer, K., Ullrich, P., Dutzi, I., Beurskens, R., Kern, S., Bauer, J., ... Schwenk, M. (2017). Effects of standardized home training in patients with cognitive impairment following geriatric rehabilitation: A randomized controlled pilot study. *Gerontology*, 63(6), 495–506. <https://doi.org/10.1159/000478263>.
- Heyn, P. C., Johnson, K. E., & Kramer, A. F. (2008). Endurance and strength training outcomes on cognitively impaired and cognitively intact older adults: A meta-analysis. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 12(6), 401–409. <https://doi.org/10.1007/BF02982674>.
- James, B. D., Boyle, P. A., Buchman, A. S., Barnes, L. L., & Bennett, D. A. (2011). Life space and risk of Alzheimer disease, mild cognitive impairment, and cognitive decline in old age. *The American Journal of Geriatric Psychiatry : Official Journal of the American Association for Geriatric Psychiatry*, 19(11), 961–969. <https://doi.org/10.1097/JGP.0b013e318211c219>.
- Kazama, M., Kondo, N., Suzuki, K., Minai, J., Imai, H., & Yamagata, Z. (2011). Early impact of depression symptoms on the decline in activities of daily living among older Japanese: Y-HALE cohort study. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 16(3), 196–201. <https://doi.org/10.1007/s12199-010-0186-6>.
- Kleinbaum, D. G., & Kupper, L. L. (1978). *Applied regression analysis and other multivariable methods*. North Scituate, Mass: Duxbury Press.
- Landers, M. R., Durand, C., Powell, D. S., Dibble, L. E., & Young, D. L. (2011). Development of a scale to assess avoidance behavior due to a fear of falling: the fear of falling avoidance behavior questionnaire. *Physical Therapy*, 91(8), 1253–1265. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100304>.
- Latham, K., Clarke, P. J., & Pavea, G. (2015). Social relationships, gender, and recovery from mobility limitation among older Americans. *The Journals of Gerontology Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 70(5), 769–781. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbu181>.
- Levasseur, M., Richard, L., Gauvin, L., & Raymond, E. (2010). Inventory and analysis of definitions of social participation found in the aging literature: Proposed taxonomy of social activities. *Social Science & Medicine*, 71(12), 2141–2149. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2010.09.041>.
- Lueken, U., Seidl, U., Schwarz, M., Volker, L., Naumann, D., Mattes, K., ... Schweiger, E. (2006). Psychometric properties of a German version of the apathy evaluation scale. *Fortschritte Der Neurologie-Psychiatrie*, 74(12), 714–722. <https://doi.org/10.1055/s-2006-932164>.
- Luppa, M., Luck, T., Weyerer, S., König, H. H., Brahler, E., & Riedel-Heller, S. G. (2010). Prediction of institutionalization in the elderly: A systematic review. *Age and Ageing*, 39(1), 31–38. <https://doi.org/10.1093/ageing/afp202>.
- Marin, R. S., Biedrzycki, R. C., & Firinciogullari, S. (1991). Reliability and validity of the apathy evaluation scale. *Psychiatry Research*, 38(2), 143–162. [https://doi.org/10.1016/0165-1781\(91\)90040-V](https://doi.org/10.1016/0165-1781(91)90040-V).
- Metz, D. H. (2000). Mobility of older people and their quality of life. *Transport Policy*, 7(2), 149–152. [https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(00\)00004-4](https://doi.org/10.1016/S0967-070X(00)00004-4).
- Mollenkopf, H., Marcellini, F., Ruoppila, I., Flaschentrager, P., Gagliardi, C., & Spazzafumo, L. (1997). Outdoor mobility and social relationships of elderly people. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 24(3), 295–310.
- Monsch, A. U., Foldi, N. S., Ermini-Funfshilling, D. E., Berres, M., Taylor, K. I., Seifritz,

- E., ... Spiegel, R. (1995). Improving the diagnostic accuracy of the mini-mental state examination. *Acta Neurologica Scandinavica*, 92(2), 145–150. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0404.1995.tb01029.x>.
- Najafi, B., Aminian, K., Paraschiv-Ionescu, A., Loew, F., Bula, C. J., & Robert, P. (2003). Ambulatory system for human motion analysis using a kinematic sensor: Monitoring of daily physical activity in the elderly. *IEEE Transactions on Bio-medical Engineering*, 50(6), 711–723. <https://doi.org/10.1109/tbme.2003.812189>.
- Nikolaus, T., Specht-Leible, N., Bach, M., Oster, P., & Schlierf, G. (1994). Soziale Aspekte bei Diagnostik und Therapie hochbetagter Patienten: erste Erfahrungen mit einem neu entwickelten Fragebogen im Rahmen des geriatrischen Assessment. *Zeitschrift für Gerontologie*, Jg. 27 1994, Nr. 4, S. 240–245 : Lit., Tab.
- Njegovan, V., Hing, M. M., Mitchell, S. L., & Molnar, F. J. (2001). The hierarchy of functional loss associated with cognitive decline in older persons. *The Journals of Gerontology Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(10), M638–643.
- Nyman, S. R., Adamczewska, N., & Howlett, N. (2018). Systematic review of behaviour change techniques to promote participation in physical activity among people with dementia. *British Journal of Health Psychology*, 23(1), 148–170. <https://doi.org/10.1111/bjhp.12279>.
- Parker, M., Baker, P. S., & Allman, R. M. (2002). A life-space approach to functional assessment of mobility in the elderly. *Journal of Gerontological Social Work*, 35(4), 35–55. https://doi.org/10.1300/J083v35n04_04.
- Peel, C., Sawyer Baker, P., Roth, D. L., Brown, C. J., Brodner, E. V., & Allman, R. M. (2005). Assessing mobility in older adults: The UAB study of aging life-space assessment. *Physical Therapy*, 85(10), 1008–1119. <https://doi.org/10.1093/ptj/85.10.1008>.
- Phillips, J., Dal Grande, E., Ritchie, C., Abernethy, A. P., & Currow, D. C. (2015). A population-based cross-sectional study that defined normative population data for the life-space mobility assessment-composite score. *Journal of Pain and Symptom Management*, 49(5), 885–893. <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2014.09.010>.
- Portegijs, E., Iwarsson, S., Rantakokko, M., Viljanen, A., & Rantanen, T. (2014). Life-space mobility assessment in older people in Finland; measurement properties in winter and spring. *BMC Research Notes*, 7, 323. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-7-323>.
- Portegijs, E., Tsai, L. T., Rantanen, T., & Rantakokko, M. (2015). Moving through life-space areas and objectively measured physical activity of older people. *PLoS One*, 10(8), e0135308. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135308>.
- Rantakokko, M., Iwarsson, S., Portegijs, E., Viljanen, A., & Rantanen, T. (2015). Associations between environmental characteristics and life-space mobility in community-dwelling older people. *Journal of Aging and Health*, 27(4), 606–621. <https://doi.org/10.1177/0898264314555328>.
- Rosso, A. L., Taylor, J. A., Tabb, L. P., & Michael, Y. L. (2013). Mobility, disability, and social engagement in older adults. *Journal of Aging and Health*, 25(4), 617–637. <https://doi.org/10.1177/0898264313482489>.
- Satariano, W. A., Guralnik, J. M., Jackson, R. J., Marottoli, R. A., Phelan, E. A., & Prohaska, T. R. (2012). Mobility and aging: New directions for public health action. *American Journal of Public Health*, 102(8), 1508–1515. <https://doi.org/10.2105/ajph.2011.300631>.
- Sawyer, P., & Allman, R. (2010). Resilience in mobility in the context of chronic disease and aging. In P. F. C. Keyes (Ed.). *New frontiers in resilient aging: life-strengths and Well-being in late life* (pp. 310–339). Cambridge: Cambridge University Press.
- Seidl, H., Bowles, D., Bock, J. O., Brettschneider, C., Greiner, W., Konig, H. H., ... Holle, R. (2015). FIMA-Questionnaire for health-related resource use in an elderly population: Development and pilot study. *Gesundheitswesen*, 77(1), 46–52. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1372618>.
- Sheppard, K. D., Sawyer, P., Ritchie, C. S., Allman, R. M., & Brown, C. J. (2013). Life-space mobility predicts nursing home admission over 6 years. *Journal of Aging and Health*, 25(6), 907–920. <https://doi.org/10.1177/0898264313497507>.
- Smith, A. R., Chen, C., Clarke, P., & Gallagher, N. A. (2016). Trajectories of outdoor mobility in vulnerable community-dwelling elderly: The role of individual and environmental factors. *Journal of Aging and Health*, 28(5), 796–811. <https://doi.org/10.1177/0898264315611665>.
- Smith, L., Gardner, B., Fisher, A., & Hamer, M. (2015). Patterns and correlates of physical activity behaviour over 10 years in older adults: prospective analyses from the english longitudinal study of ageing. *BMJ Open*, 5(4), e007423. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-007423>.
- Stalvey, B. T., Owsley, C., Sloane, M. E., & Ball, K. (1999). The Life Space Questionnaire: A measure of the extent of mobility of older adults. *Journal of Applied Gerontology*, 18(4), 460–478. <https://doi.org/10.1177/073346489901800404>.
- Stubbs, B., Eggermont, L., Soundy, A., Probst, M., Vandenbulcke, M., & Vancampfort, D. (2014). What are the factors associated with physical activity (PA) participation in community dwelling adults with dementia? A systematic review of PA correlates. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 59(2), 195–203. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2014.06.006>.
- Suzuki, T., Kitaike, T., & Ikezaki, S. (2014). Life-space mobility and social support in elderly adults with orthopaedic disorders. *International Journal of Nursing Practice*, 20(Suppl. 1), 32–38. <https://doi.org/10.1111/ijn.12248>.
- Szanton, S. L., Roberts, L., Leff, B., Walker, J. L., Seplaki, C. L., Soones, T., ... Ornstein, K. A. (2016). Home but still engaged: Participation in social activities among the homebound. *Quality of Life Research: an International Journal of Quality of Life Aspects of Treatment, Care and Rehabilitation*, 25(8), 1913–1920. <https://doi.org/10.1007/s11136-016-1245-2>.
- Tsai, L. T., Portegijs, E., Rantakokko, M., Viljanen, A., Saajanaho, M., Eronen, J., ... Rantanen, T. (2015). The association between objectively measured physical activity and life-space mobility among older people. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(4), e368–373. <https://doi.org/10.1111/sms.12337>.
- Tung, J. Y., Rose, R. V., Gammada, E., Lam, I., Roy, E. A., Black, S. E., ... Poupart, P. (2014). Measuring life space in older adults with mild-to-moderate Alzheimer's disease using mobile phone GPS. *Gerontology*, 60(2), 154–162. <https://doi.org/10.1159/000355669>.
- Uemura, K., Shimada, H., Makizako, H., Yoshida, D., Doi, T., Yamada, M., ... Suzuki, T. (2013). Factors associated with life-space in older adults with amnesic mild cognitive impairment. *Geriatrics & Gerontology International*, 13(1), 161–166. <https://doi.org/10.1111/j.1447-0594.2012.00878.x>.
- Ullrich, P., Werner, C., Bongartz, M., Kiss, R., Bauer, J., & Hauer, K. (2018). Validation of a modified life-space assessment in multimorbid older persons with cognitive impairment. *Gerontologist*, gnX214. <https://doi.org/10.1093/geront/gnx214>.
- Umstätt Meyer, M. R., Janke, M. C., & Beaujean, A. A. (2014). Predictors of older adults' personal and community mobility: Using a comprehensive theoretical mobility framework. *Gerontologist*, 54(3), 398–408. <https://doi.org/10.1093/geront/gnt054>.
- Webber, S. C., Porter, M. M., & Menec, V. H. (2010). Mobility in older adults: A comprehensive framework. *Gerontologist*, 50(4), 443–450. <https://doi.org/10.1093/geront/gnq013>.
- Wettstein, M., Wahl, H. W., Shoval, N., Oswald, F., Voss, E., Seidl, U., ... Landau, R. (2015). Out-of-home behavior and cognitive impairment in older adults: findings of the SenTra Project. *Journal of Applied Gerontology: the Official Journal of the Southern Gerontological Society*, 34(1), 3–25. <https://doi.org/10.1177/0733464812459373>.
- Yeager, C. A., & Hyer, L. (2008). Apathy in dementia: Relations with depression, functional competence, and quality of life. *Psychological Reports*, 102(3), 718–722. <https://doi.org/10.2466/pr0.102.3.718-722>.
- Zieschang, T., Schwenk, M., Becker, C., Oster, P., & Hauer, K. (2012). Feasibility and accuracy of fall reports in persons with dementia: A prospective observational study. *International Psychogeriatrics*, 24(4), 587–598. <https://doi.org/10.1017/s1041610211002122>.

Manuskript IV

Eckert, T., Bongartz, M., Ullrich, P., Abel, B., Christian, W., Kiss, R., & Hauer, K. (2020). Promoting physical activity in geriatric patients with cognitive impairment after discharge from ward-rehabilitation: a feasibility study. *European Journal of Ageing*, 1-12. DOI: 10.1007/s10433-020-00555-w



Promoting physical activity in geriatric patients with cognitive impairment after discharge from ward-rehabilitation: a feasibility study

Tobias Eckert¹ · Martin Bongartz¹ · Phoebe Ullrich¹ · Bastian Abel¹ · Werner Christian^{1,2} · Rainer Kiss³ · Klaus Hauer¹

© Springer Nature B.V. 2020

Abstract

The aim of the present study was to examine adherence and acceptance of a home-based program to promote physical activity (PA) in older persons with cognitive impairment (CI) following inpatient rehabilitation. Sixty-three older persons (≥ 65 years) with mild to moderate CI (Mini-Mental State Examination score 17–26), allocated to the intervention group of a randomized, controlled intervention trial underwent a 12-week home-based PA intervention including (1) physical training and outdoor walking to improve functional fitness and (2) motivational strategies (goal-setting, pedometer-based self-monitoring, social support delivered by home visits, phone calls) to promote PA. Training logs were used to assess adherence to physical training, outdoor walking and to motivational strategies (goal-setting, pedometer-based self-monitoring). Acceptance (subjective feasibility and effectiveness) of the program components was assessed by a standardized questionnaire. Mean adherence rates over the intervention period were 63.6% for physical training, 57.9% for outdoor walking, and between 40.1% (achievement of walking goals), and 60.1% (pedometer-based self-monitoring) for motivational strategies. Adherence rates significantly declined from baseline to the end of intervention (T1: 43.4–76.8%, T2: 36.1–51.5%, p values $< .019$). Most participants rated physical training, outdoor walking, goal-setting, and pedometer self-monitoring as feasible (68.2–83.0%) and effective (63.5–78.3%). Highest ratings of self-perceived effectiveness were found for home visits (90.6%) and phone calls (79.2%). The moderate to high adherence to self-performed physical training and motivational strategies proved the feasibility of the home-based PA program in older persons with CI following inpatient rehabilitation.

Keywords Adherence · Feasibility · Physical activity · Geriatrics · Transitional care · Cognitive impairment

Responsible editor: Matthias Kliegel.

✉ Klaus Hauer
khauer@bethanien-heidelberg.de

Tobias Eckert
tobias.eckert@bethanien-heidelberg.de

Martin Bongartz
bongartz@nar.uni-heidelberg.de

Phoebe Ullrich
phoebe.koepp@bethanien-heidelberg.de

Bastian Abel
bastian.abel@bethanien-heidelberg.de

Werner Christian
christian.werner@bethanien-heidelberg.de

Rainer Kiss
rainer.kiss@posteo.de

¹ AGAPLESION Bethanien Hospital Heidelberg, Geriatric Centre at the University of Heidelberg, Rohrbacher Str. 149, 69126 Heidelberg, Germany

² Centre of Geriatric Medicine, University of Heidelberg, 69117 Heidelberg, Germany

³ Department of Health and Social Affairs FHM Bielefeld, University of Applied Sciences, Ravensberger Str. 10G, 33602 Bielefeld, Germany

Introduction

Cognitive impairment (CI) is a crucial factor for rehabilitation success in geriatric patients, as individuals with CI are at a high risk for poor functional recovery during rehabilitation (McGilton et al. 2016) and experience more often caught in the downward spiral of decreased outdoor mobility after discharge (Brown et al. 2009), loss of autonomy, and functional independence (Portegijs et al. 2014). Despite the urgent necessity to increase functional fitness and to promote physical activity (PA), this vulnerable group is mostly excluded from interventions targeting care continuity in the community following ward-based rehabilitation (Chenoweth et al. 2015).

High adherence to exercise is a prerequisite of successfully implemented interventions in mobility impaired older adults (Fairhall et al. 2012; Taylor et al. 2017), but is reduced in persons with CI participating in home-based rehabilitation compared to their cognitively intact counterparts (Moseley et al. 2009). Nonetheless, high adherence to physical training was achieved in home-based and supervised programs with caregiver support in cognitively impaired elderly (Prick et al. 2016; Suttanon et al. 2013; Teri et al. 2003; Wesson et al. 2013). A previous home-based study demonstrated high adherence to autonomously performed physical training by cognitively and functionally restricted individuals following inpatient rehabilitation (Hauer et al. 2017), although deteriorating health is known to mitigate adherence to home exercise (Fairhall et al. 2012). Decreasing adherence to individually tailored training over time indicate the challenge of achieving a long-lasting increase in PA in this target group (Taylor et al. 2017). This may be hampered by CI-specific barriers, such as impaired executive function, reduced awareness of own deficits, and apathetic behavior (David et al. 2012; Jacus 2017).

With respect to these multiple barriers, interventions are needed that promote PA as part of daily routine (Heyn et al. 2004). To facilitate a change of activity-related behavioral patterns, behavioral change techniques (BCT; Abraham and Michie 2008) are implemented across PA interventions in diverse adult populations. Two reviews narratively synthesized the efficacy of a variety of BCT (named as motivational strategies in the following) on levels of PA in intervention studies among persons with CI (Nyman et al. 2018; van der Wardt et al. 2017). Within the audited studies, there is cautious evidence for the impact of goal-setting and self-monitoring in terms of high adherence to training and elevated levels of PA. Goal-setting and self-monitoring of own activity behavior led to gains of step counts among individuals without CI (Rosenberg et al. 2012), whereas both strategies were associated with

limited efficacy and higher dropout in individuals with CI (Kerse et al. 2008; Vidoni et al. 2016). Home visits and phone calls provided by professionals are useful sources for social support and essential components for the success of activity promotion in elderly (Suttanon et al. 2012). Particularly, dementia-specific communication was beneficial in PA promotion among elderly with CI (Hauer et al. 2012).

Most of the interventions which aimed to change PA behavior using a motivational concept followed a continuously supervised approach. This supervision comprised either the use of caregivers as training partners (Taylor et al. 2017; Teri et al. 2003) or group-based sessions within a nursing care setting (Olsen et al. 2015; Phillips and Flesner 2013). Programs without continuous supervision, fostering the autonomous engagement in physical training and walking, were exclusively implemented in elderly with subjective memory complaints or very mild CI (Cox et al. 2013; Dannhauser et al. 2014; Lautenschlager et al. 2008). Interventions to promote PA in cognitively impaired individuals solely reported adherence to the exercise regimen, but did not provide information about the adoption of motivational strategies for PA promotion. Only Cox et al. (2013), examining the completion of worksheets, reported modest adherence to the general behavior counseling concepts to promote home-based PA in adults with memory complaints. This approach does not allow testing the feasibility of the unique motivational strategies.

By use of qualitative designs, a few studies conducted in cognitively impaired samples described participants' and coaches' experiences of participating in activity promotion programs rather than testing the feasibility of motivational strategies underlying the PA promotion (Olsen et al. 2015; Phillips and Flesner 2013; Suttanon et al. 2012). Within an intervention to promote independent walking intervention, elderly without CI were satisfied with motivational program components, also including pedometer-monitoring, as evaluated by use of a questionnaire (Rosenberg et al. 2012). However, none of those studies used quantitative methods in terms of evaluating adherence to autonomously performed training and motivational strategies over time as well as testing the subjective feasibility as a measure of participants' acceptance in a sample of individuals with motor and cognitive impairment. The measurement of adherence to PA promotion programs might help to understand participants' attitude toward exercise and PA (Hawley-Hague et al. 2016).

Therefore, the aim of this study was to examine the feasibility, adherence over time, and acceptance of a home-based program to promote PA in older persons with CI following geriatric rehabilitation.

Methods

Study design

This feasibility study is part of a blinded, randomized-controlled 12-week intervention trial (RCT) with a 12-week follow-up period to improve functional fitness and to promote PA in older persons with CI after discharge from ward-rehabilitation (ISRCTN82378327). The RCT was approved by the ethics committee of the Medical Department of the University of Heidelberg and was conducted according to the Declaration of Helsinki. The present study uses patient-reported data of adherence and feasibility from participants allocated to the intervention group (IG).

Participants

Participants were consecutively recruited from geriatric rehabilitation wards of a German geriatric hospital. Inclusion criteria were: age ≥ 65 years, a score of 17–26 on the Mini-Mental State Examination (MMSE; Folstein et al. 1975) indicating mild to moderate cognitive impairment (O'Bryant et al. 2008), ability to walk ≥ 4 m without a walking aid, residence within 30 km of the study center, discharge to the patient's home, no terminal disease, no delirium, German-speaking, and written informed consent.

Intervention

The home-based intervention program included (1) physical training to improve functional fitness and (2) a comprehensive motivational concept to promote PA behavior. The intervention was implemented by skilled trainers (sport scientists) within five home visits with decreasing frequency and weekly phone calls beginning after the second home visit.

Physical training

The physical training included strength (tiptoe stance, stair climbing, sit-to-stand transfers), static balance exercises (i.e., side by side, semi-tandem, tandem), and outdoor walking. During the first home visit, participants were introduced in the training program by the trainer. To set graded tasks, the physical exercises were adjusted to participants' individual needs and functional abilities. To remind and instruct participants to execute the physical training, a large poster, containing pictures of the exercises and advices about safety, was fixed in a central position of the home. Participants were encouraged to autonomously perform the physical training

and outdoor walking each day. More detailed information about the study design and the physical training has been published previously (Bongartz et al. 2017).

Motivational concept

To increase motivation and adherence to PA, theory-based behavioral change techniques (Abraham and Michie 2008) have been adapted to a CI-specific comprehensive motivational approach, which encompassed following strategies:

1. Provision of information about the benefits of regular training and PA (manual, trainer)
2. Encouragement to engage in daily activity (CI-specific communication by trainer within home visits)
3. Provision of instructions about how and where to perform the exercises (given by the trainer during home visits, poster)
4. Setting graded tasks (tailoring of the intervention to participants' needs and functional abilities)
5. Goal-setting and planning of a walking path in participants' home environment to transfer activity goals in specific and measurable behavior (structured procedure to set indoor and outdoor walking goals; planning and realization of the walking path during home visits)
6. Self-monitoring of behavioral outcomes (pedometer, training log)
7. Regular review of goals (pedometer, training log)
8. Barrier identification and problem solving (home visits, phone calls)
9. Feedback and positive reinforcement (home visits, phone calls)

These nine specific motivational strategies were conflated to the three core motivational components of goal-setting, self-monitoring, and social support. Since the strategy of setting graded tasks is an inherent feature of the individually tailored physical training, this strategy was described as part of the physical training program.

Goal-setting

To involve participants in the goal-setting process, a blinded assessor performed a modified version of Talking Mats (Murphy et al. 2005), which is a semi-structured and pictorial measurement tool developed for cognitively impaired individuals with communication disability. To identify individual meaningful activity goals, each participant was asked to rank prescribed indoor (cooking; self-care; daily activities/homework; self-formulated activity) and outdoor activities (gardening/letterbox; doctor/pharmacy; grocery/bakery/post office; self-formulated activity), which were visualized by pictures.

Since key motor functions such as standing, walking, sit-to-stand transfer, and walking stairs are major prerequisites of mobility, participants additionally evaluated their importance, self-perceived competence, and chance of success on a visual analog scale with range of 0–100. The evaluation of importance refers to the individual value of the key motor function, and the perceived competence captures beliefs about own abilities to perform the corresponding function. The chance of success reflects participants' view to which degree they can improve based on the estimated levels of importance and competence.

Based on the evaluation of the predefined target activity (e.g., going to the bakery) and the key motor functions during the first home visit, trainer and participants collaboratively planned an individualized walking path in the environment around participants' home. As part of the training sessions, the walking path was practiced by participants under the supervision of the trainer and its feasibility was tested with respect to the distance, environmental characteristics (e.g., slippery ground, stairs), and participants' need for assistive devices.

Self-monitoring

To provide feedback about walking behavior and to increase the motivation to engage in daily walking, participants were encouraged to monitor daily step counts by use of simple pedometers (YAMAX Digiwalker CW 700). The trainer instructed participants how to use the pedometer and gave haptic support for attaching it on the waist. The training log was also applied to derive information about personal progress and daily execution of physical training and walking. If participants failed to achieve daily execution of training and the defined walking path, trainer and participant collaboratively tried to identify barriers hampering regular walking and solutions to overcome these barriers during the phone calls and home visits.

Social support

Social support in our study was delivered by trainers within the home visits and phone calls. The professionals served as credible source for information about benefits of regular training and PA by means of a CI-specific communication, which involved simple and repetitively used instructions, haptic support, and picturesque language to encourage persons to integrate training in daily routines (Hauer et al. 2012). Positive feedback was given by the trainer to reinforce participants to maintain their efforts (9). Participation in a local exercise group in a geriatric hospital was offered to each participant as an additional option for regular training and social support by peers.

Measurements

Outcome measures

Main outcomes of the present study were the a) feasibility of goal-setting and professional social support (home visits, phone calls), b) adherence to training and the motivational strategies of goal-setting and self-monitoring by pedometers, and c) patient-rated feasibility and effectiveness of the program.

Feasibility of social support and goal-setting

The feasibility of goal-setting was defined as the proportion of participants (in %), who were able to nominate at least one activity. Comprehensive feasibility was achieved, if participants nominated both indoor and outdoor goals. Partial feasibility was achieved, if participants nominated at least one activity goal. To determine the feasibility of professional social support provided by the research team, the number of performed home visits and phone calls were documented by trainers in standardized protocols.

Adherence to training and motivational strategies

Adherence was documented by participants throughout the 12-week intervention by use of training logs in a simple calendar format. Participants were instructed to daily record the execution of physical training sessions, outdoor walking sessions, achievement of walking goals, and execution of self-monitoring via the pedometer. The amount of step counts was not included as a measure of adherence due to possible inaccuracy regarding the detection of step counts by this simple piezoelectric pedometer. The training logs were returned at the end of the intervention period. The mean weekly adherence rates (in %) to physical training, outdoor walking, achieved walking goals, and pedometer-use were calculated as: number of sessions executed / number of possible sessions * 100. These adherence rates are reported at week 2, 12, and for the total intervention period. As in some cases, the introduction of the pedometer and the implementation of the walking path were performed in the second training session, we defined week 2 as the baseline reference of the intervention. Based on adherence rates, participants were classified as persons with (i) low adherence (0.0–33.3%), (ii) moderate adherence (33.4–66.6%), and (iii) high adherence (66.7–100%).

Acceptance

After the intervention, participants completed a questionnaire specifically designed to document participants' acceptance of the program components (training, outdoor walking,

self-monitoring by pedometers, walking-related goal-setting, training group, home visits, phone calls) capturing the two subscales of perceived feasibility (e.g., “Were you able to use the pedometer?”) and effectiveness (e.g., “Did the pedometer help you to improve yourself?”). Subjects responded on a 4-point Likert scale with a range of 1 (“not”), 2 (“rather not”), 3 (“rather yes”), and 4 (“yes”). The components’ feasibility/effectiveness was classified according to the amount of participants with a score ≥ 3 for the respective component and expressed in percentage.

Descriptive variables

Socio-demographic and clinical characteristics including age, gender, body mass index (BMI), number of medications, number of diagnoses, and education were documented from patient charts or by standardized interviews. Education was categorized as primary school or none (low educational level), vocational or other secondary school (middle educational level), and university or vocational postsecondary school (high educational level). Functional fitness was assessed by the Short Physical Performance Battery (SPPB) (Guralnik et al. 1994). For PA behavior, the number of steps was measured within 48 h using an established, ambulatory sensor system (PAMSys™, BioSensics, Cambridge, MA, USA), based on an algorithm validated among older adults (Najafi et al. 2003). To capture different aspects of psychological status, apathy was assessed via the Apathy Evaluation Scale-Clinical Version (AES-C) (Marin et al. 1991) and depression by the 15-item Geriatric Depression Scale (GDS) (Allgaier et al. 2011; Greenberg 2007). To describe the proportion of persons with clinically relevant apathetic syndrome, a cutoff score (>40.5 ; range 18–72) was used which has been ascertained within a cognitively impaired sample of community-dwelling elderly (Clarke et al. 2007).

Statistical analyses

Descriptive data were presented as frequencies and percentages for categorical variables, means (M), and standard deviations (SD) or medians and interquartile ranges (IQR) for continuous variables. Unpaired t tests, Mann–Whitney U -tests, and Chi-square tests were used for baseline comparison between dropouts and completers according to the data distribution. Paired t tests were performed to test for differences regarding mean adherence rates between beginning (week 2) and end of intervention (week 12).

Results

Participant characteristics

Out of 1981 patients screened for eligibility, 118 individuals were enrolled to the original RCT according to predefined inclusion criteria, of whom 63 participants were allocated to IG (see Fig. 1). The present sample comprised multi-morbid, sedentary, cognitively, and physically impaired older adults with more than the half showing apathetic symptoms (for sample description see Table 1).

Fifty-four subjects completed the intervention program and were therefore eligible for analyses of adherence and acceptance of the program. Reasons for dropout were death, fall-related fractures, and other serious medical events unrelated to the intervention program. When dropouts ($n = 9$) were compared with those participants who stayed in the study until the end of the intervention ($n = 54$), no significant differences in baseline characteristics were found ($p > .05$), except for age ($M = 86.2$, $SD = 4.0$ years [dropouts] vs. $M = 81.5$, $SD = 5.9$ years [completers]; $p < .025$) and physical performance (SPPB total score, $M = 4.0$, $SD = 1.3$ [dropouts] vs. $M = 5.7$, $SD = 2.2$ [completers]; $p < .030$).

Feasibility of social support and goal-setting

In those participants completing the study, in median 5 (IQR = 5–5) home visits and 9 (IQR = 8–10) telephone calls were conducted. Goal-setting was feasible for 62 participants. Comprehensive feasibility was achieved in 57 individuals and partial feasibility in 4 persons. Due to cognitive deficits, one participant was not able to engage in goal-setting. Mean time to complete goal-setting was 11.3 min ($SD = 3.1$), with a range of 6–19 min.

More than half of the participants ($n = 35$, 55.6%) rated “washing and having a shower” the most important indoor activity, followed by “cooking a meal” ($n = 21$, 33.3%) and “doing housework” ($n = 4$; 6.3%). Going to the “doctor/pharmacy” was the most rated out-of-home-activity ($n = 24$, 38.1%). Just slightly fewer participants ranked “doing shopping” the highest priority outdoor walking ($n = 18$, 28.6%). Key motor functions were rated as highly important, while the level of perceived competence was comparatively low. The chance of success to improve present abilities was in between the level of perceived competence and the level of importance (see Table 2).

Adherence

Of the 54 study completers, three subjects were excluded from analyses of adherence to training and motivational

Fig. 1 Flowchart of the recruitment process and course of the intervention trial. *IG* intervention group. *CG* control group, *As the participants in the CG did not receive the physical training and motivational strategies to promote physical activity as the core of the present article, the CG was not included in the analysis

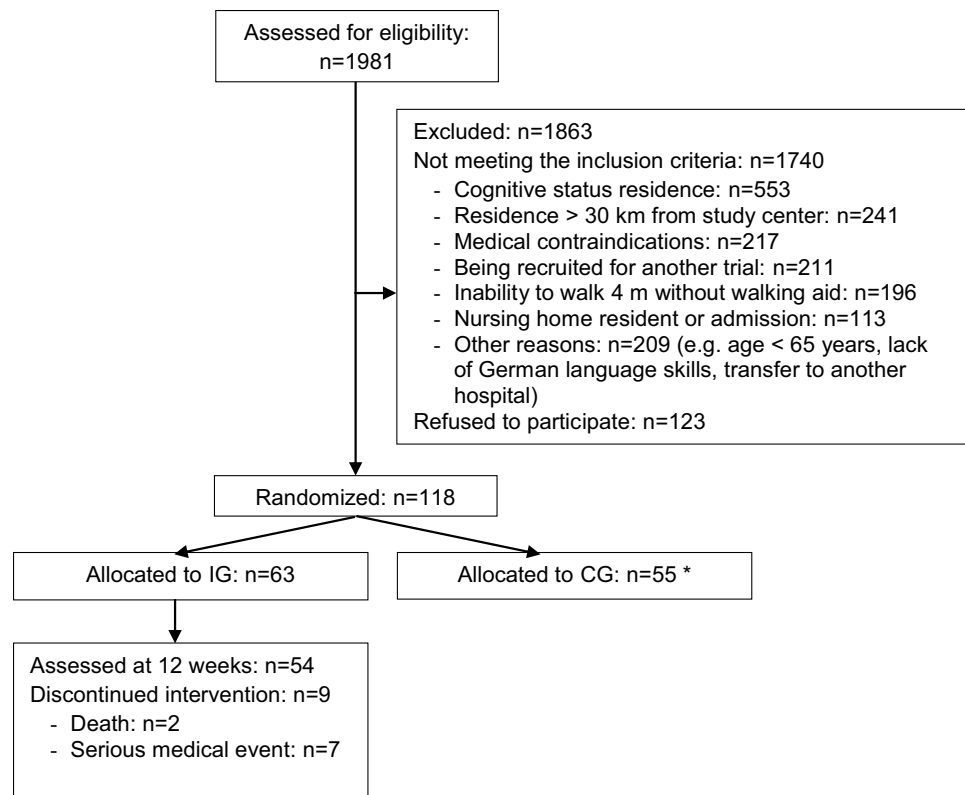


Table 1 Baseline characteristics of intervention group

Characteristics	Intervention group (N = 63)
Age (years), <i>M</i> (SD)	82.2 (5.8)
Sex, females, <i>n</i> (%)	48 (76.2)
Educational level (low/middle/high), %	33.3/47.6/19.0
MMSE, score (range 0–30), <i>M</i> (SD)	23.3 (2.7)
Number of diagnoses, <i>M</i> (SD)	11.3 (3.6)
Number of medication, <i>M</i> (SD)	9.4 (3.3)
SPPB, total score (range 0–12), <i>M</i> (SD)	5.4 (2.1)
Habitual gait velocity (m/s), <i>M</i> (SD)	0.50 (0.21)
Number of steps/day, <i>Mdn</i> (IQR) ^a	2662.5 (1175.1–4686.5)
Geriatric Depression Scale, score (range 0–15), <i>M</i> (SD)	5.2 (3.0)
The presence of apathetic symptoms (AES-C score > 40.5), <i>n</i> (%)	33 (52.4)

M mean, *SD* standard deviation, *Mdn* median, *IQR* interquartile range, *MMSE* mini-mental state examination; *SPPB* short physical performance battery; *m/s* meters per second, *AES-C* apathy evaluation score clinical version

^a*n* = 62, missing sensor-based activity data for one person

strategies due to impaired vision (*n* = 1), not able to write in German language without support by others (*n* = 1), and loss of training log (*n* = 1).

Adherence to physical training and outdoor walking

Mean adherence rates over the total 12-week intervention period were 63.6% (SD = 33.8) for physical training and 57.9% (SD = 35.2) for outdoor walking, with about half of the participants exhibiting high ($\geq 66.7\%$) adherence rates (physical training: *n* = 26, 51.0%; outdoor walking: *n* = 23, 45.1%). Adherence to physical training and outdoor walking was highest at the beginning of the intervention, showing significant declines over the intervention period ($p \leq .001$ –.019) (see Fig. 1; see Table 3).

Adherence to motivational strategies

Mean adherence rates over the intervention period were 40.1% (SD = 38.5) for achievement of walking goals and 60.1% (SD = 37.7) for self-monitoring by pedometers, with half of the participants displaying high adherence to self-monitoring (*n* = 26, 51.0%) and 18 individuals (35.4%) highly adhering to goal achievement. Adherence rates to self-monitoring by pedometers (*M* = 66.7%, SD = 41.8) and goal achievement (*M* = 43.4, SD = 40.7) were also highest at the intervention start and decreased over time, whereas the decline was significant for self-monitoring by pedometers ($p = .017$) and was close to level of significance for goal achievement ($p = .098$) (Fig. 2).

Table 2 Subjective importance, competence, and chance of success of key motor functions

	Importance (range 0–100)			Competence (range 0–100)			Chance of success (range 0–100)		
	<i>n</i>	<i>M</i>	(<i>SD</i>)	<i>n</i>	<i>M</i>	(<i>SD</i>)	<i>n</i>	<i>M</i>	(<i>SD</i>)
Standing	56	83.0	(17.2)	62	55.6	(22.0)	61	73.4	(20.2)
Walking	59	84.2	(20.4)	62	53.0	(23.0)	58	72.5	(19.2)
Sit-to-stand transfer	59	86.6	(13.4)	62	61.6	(21.4)	58	79.2	(17.4)
Walking stairs	59	82.7	(23.3)	62	52.0	(25.0)	58	72.1	(21.1)

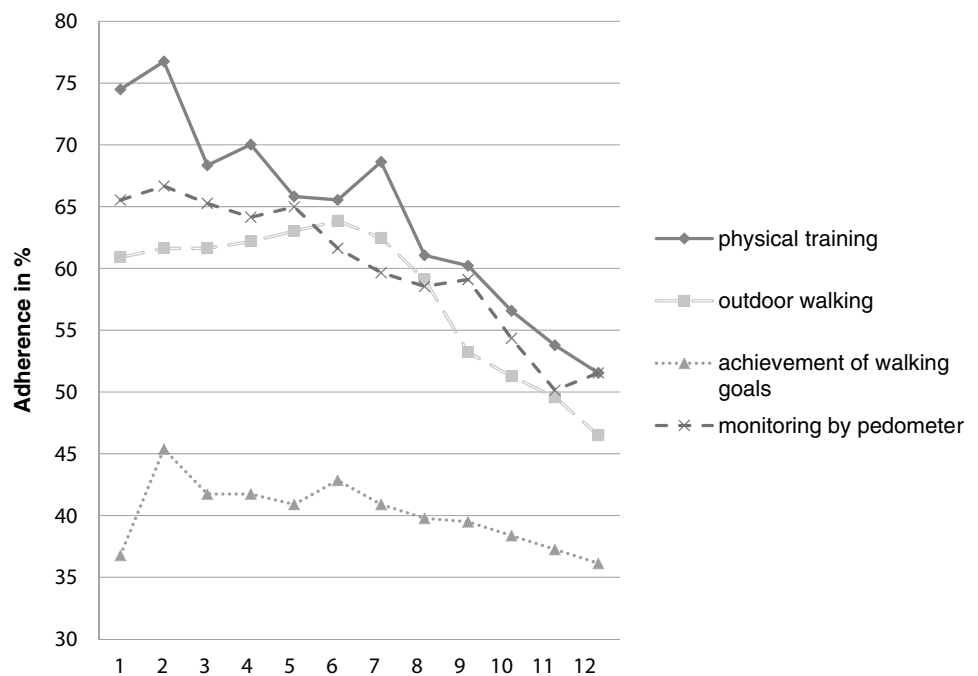
M mean, *SD* standard deviation

Table 3 Adherence to physical training, outdoor walking, and motivational strategies over the total intervention period, at week 2, and week 12

Adherence Parameters	Total (Week 1–12)	Week 2	Week 12	Difference week 2 vs. 12
	<i>M</i> % (<i>SD</i>)	<i>M</i> % (<i>SD</i>)	<i>M</i> % (<i>SD</i>)	<i>p</i> value
Training	63.6 (33.8)	76.8 (32.7)	51.5 (47.9)	< .001***
Outdoor walking	57.9 (35.2)	61.6 (38.2)	46.5 (45.1)	.019*
Achievement of walking goals	40.1 (38.5)	43.4 (40.7)	36.1 (46.4)	.098
Self-monitoring by pedometers	60.1 (37.7)	66.7 (41.8)	51.5 (49.5)	.017*

M mean, *SD* standard deviation; adherence as mean percentage during total intervention, week 2 and week 12 in intervention group with complete adherence data based on training log (*n*=51); **p* < .05, ***p* < .01, ****p* < .001 based on paired *t* tests to test for differences between week 2 and 12

Fig. 2 Weekly adherence to the home-based physical activity promotion program



Acceptance

Questionnaire data to evaluate the patient-rated acceptance of the program components were available for 53 participants, as one study completer did not send back the questionnaire. Regarding the feasibility, the highest rated program component was physical training (*M* = 3.3, *SD* = 0.9, 83%).

The components walking-related goal-setting (*M* = 3.0, *SD* = 1.2, 73.0%), self-monitoring by pedometers (*M* = 3.1, *SD* = 1.2, 68.2%), and outdoor walking (*M* = 2.9, *SD* = 1.1, 67.9%) were also rated to be feasible by the majority of the present sample. The participation in the training group was only rated as feasible by six persons (*M* = 1.3, *SD* = 1.0, 11.8%), but those who were able to participate in the center-based group rated this component as effective (*M* = 3.7, *SD*

= 0.8, 85.7%). Home visits ($M = 3.6$, $SD = 0.8$, 90.6%) and phone calls ($M = 3.1$, $SD = 1.1$, 79.2%), which were delivered by professionals, achieved highest rates for effectiveness. Self-monitoring by pedometers was the component rated as the least effective ($M = 2.9$, $SD = 1.2$, 63.5%) (see Table 4).

Discussion

The present results describe a successful home-based program to promote PA in cognitively and physically restricted community-dwelling older persons post-discharge from ward-rehabilitation. All program components achieved high acceptance leading to an initially high adherence to autonomously performed physical training, outdoor walking, and to the frequent uptake of the motivational strategies of goal-setting and self-monitoring which declined over time.

Physical training and outdoor walking

Adherence to home-based, self-performed physical training was initially high, indicating good feasibility of the individually tailored home-based approach. Within a previous home-based physical exercise program following discharge from rehabilitation including a mixed sample concerning cognitive status, the adherence in individuals with CI was lower compared to their cognitively intact counterparts (Moseley et al. 2009). This emphasizes the challenge to ensure high adherence to autonomously performed physical training in this vulnerable group.

Study results were comparable to the adherence rates of an exercise in sample of cognitively impaired and non-impaired individuals following discharge from rehabilitation (Salpakoski et al. 2014), to caregiver-supported functional training (Prick et al. 2016; Suttanon et al. 2013; Taylor et al.

2017), and walking programs in community-dwelling persons with CI (Lowery et al. 2014; McCurry et al. 2005).

We assume that the individual tailoring of the physical training and planning of a walking path respective to participants' physical abilities and environmental conditions as applied in the present study potentially facilitated high initial adherence. Study participants lived in the urban area in and around the city of Heidelberg, a university town with no major environmental barriers, easy access to public transportation and a wide variety of green areas. These environmental characteristics refer to a high perceived walkability which is associated with low concerns to fall and higher levels of PA (Harada et al. 2017). The initially high adherence to training declined over time simultaneously with the decreasing frequency of our home visits confirming decreasing adherence rates in previous PA studies in diverse samples of older adults (Cox et al. 2013; Taylor et al. 2017). This finding might indicate the need of continuous supervision of training especially in multi-morbid populations.

Motivational strategies

The autonomous engagement in PA without any external supervision has so far been promoted only in populations with subjective memory complaints, representing cognitively less affected individuals (Cox et al. 2013; Dannhauser et al. 2014; Lautenschlager et al. 2008). Only one of these studies tested the adherence to a comprehensive motivational approach by reporting the completion rate of worksheets in a PA promotion program, but not the adherence to the specific strategies, documenting a modest adoption of a motivational concept into participants' daily routines (Cox et al. 2013). In contrast, the present study allows a detailed insight into different motivational strategies, documenting a comparatively high feasibility and adherence considering the sample of sedentary older adults with low functional fitness,

Table 4 Subjective feasibility and efficacy of program components

Intervention component	<i>M</i> (<i>SD</i>) (range 1–4)	% of participants with feasibility score ≥ 3	<i>M</i> (<i>SD</i>) (range 1–4)	% of participants with effectiveness score ≥ 3
Physical training	3.3 (1.0)	83.0 ^a	3.4 (1.0)	78.3 ^a
Outdoor walking	2.9 (1.1)	67.9 ^a	3.1 (1.1)	75.0 ^b
Goal-Setting	3.0 (1.1)	73.0 ^c	3.1 (1.1)	75.0 ^b
Self-monitoring by pedometers	3.1 (1.2)	68.2 ^d	2.9 (1.2)	63.5 ^d
Training group	1.3 (1.0)	11.3 ^e	3.7 (0.8)	85.7 ^f
Home visits	n.a.	n.a.	3.6 (0.8)	90.6 ^b
Phone calls	n.a.	n.a.	3.1 (1.1)	79.2 ^b

Presented are mean scores and standard deviations on the feasibility and effectiveness of the implemented program components as well as the proportion of participants with scores ≥ 3

M mean, *SD* standard deviation, *n.a.* not applied

^a $n = 53$; ^b $n = 52$; ^c $n = 48$; ^d $n = 50$; ^e $n = 47$; ^f $n = 7$

moderate depressive, and high apathetic symptoms. Deteriorating physical function was identified as main barrier for adherence to a PA program in older adults after discharge from ward-rehabilitation (Fairhall et al. 2012). Depressive symptoms and apathy are psychological correlates showing close associations with decreased levels of PA among individuals with CI (David et al. 2012; Yuenyongchaiwat et al. 2018). In consideration of these PA-related barriers in our vulnerable sample, the adherence to motivational strategies over the intervention period can be rated as high.

Goal-setting

The comprehensive approach of goal-setting, including the identification of goals as measure of feasibility and the achievement of goals as measure of adherence, showed heterogeneous results in the present study. The high rate of identified goals indicated feasibility of the structured goal-setting approach, while the rate of achieved goals was considerably lower. These results are in line with the studies testing the feasibility and the adherence of goal-setting in diverse older populations including persons with CI (Kerse et al. 2008) and without CI (Fairhall et al. 2012; Smit et al. 2018; van Seben et al. 2019).

The present positive results with respect to the identification of goals in the present study indicate that individuals with CI may have profited from the use of talking mats as previously demonstrated (Murphy et al. 2005), representing a structured, nonverbal strategy, while more complex instruments have shown limited feasibility in patients with CI (Stevens et al. 2013). With the talking mat method also problems in goal-setting were avoided as experienced by stroke patients with communicative and cognitive problems, which reported the goal-setting process be driven by the therapist rather than participants (Smit et al. 2018). Considering those findings, it was remarkable that the participants of the present study were able to give reliable information about the priority of goals and the subjective importance, control, and chance of success of key motor functions. Study results contrast to a previous study which reported problems to formulate specific and realistic behavioral goals in reports of geriatric patients without CI (van Seben et al. 2019).

While the identification of subjective goals represents a relevant but not sufficient objective, it is the transfer into action which is crucial to test the effectiveness of motivational strategies. In the present study, the rate of achieved walking goals was moderate, confirming previous studies on adherence to walking goals in older adults without (Fairhall et al. 2012) and with CI (Kerse et al. 2008). The discrepancy between high rate of identified goals and a moderate rate of achieved walking goals may emphasize the difficulty to implement the initially set goals into daily routines due to the high physical restrictions in the group of geriatric

patients with CI. The high presence of functional deficits in the transitional stage after admission to home environment may have led to a shift of goals over time, as some individuals tended to choose too ambitious long-term goals after discharge from ward-rehabilitation given their physical abilities (van Seben et al. 2019). These individuals may have set their activity goals based on their prior abilities to perform activities of daily living before hospitalization, which resulted in these goals being unrealistic in the stage post-discharge from ward-rehabilitation. This could also be true for some individuals in the present study who highly ranked outdoor goals (e.g., going to the doctor), which were not viable for them in consideration of their degree of functional restrictions.

The only moderate rate of adherence to walking goals over the intervention period might explain the limited effects of goal-setting on physical function during geriatric inpatient rehabilitation, as demonstrated by a recent meta-analysis (Smit et al. 2019). Therefore, future interventions might incorporate standardized instruments to continuously monitor the adaption of initially set goals, which could help to optimize strategies to realize walking goals into practice and therefore to increase adherence to goal-setting over time.

Self-monitoring by pedometers

In the present study, self-monitoring of activity behavior by pedometers was shown to be a useful tool to increase motivation to PA for most participants as indicated by high adherence and acceptance.

Previous pedometer-based interventions to promote PA in persons with CI showed heterogeneous results with respect to the impact on PA, albeit they did not test the daily adherence (Logsdon et al. 2009; Vidoni et al. 2016). In one study, a high rate of dropouts limited the efficacy of a technology-assisted pedometer driven intervention, also leading to limited efficacy (Vidoni et al. 2016). The study by Logsdon et al (2009) also reported a restricted manageability of such technical advices due the lack of fine motor skills and memory complaints in some participants with more severe CI, whereas usability was adequate for the majority of participants leading to increased PA-levels. Since the primary purpose of the pedometer was to provide feedback and to increase the participant's motivation rather than measuring the true walking distance, we selected simple to use and robust pedometers to achieve high self-perceived feasibility.

Social support

In the present study, professional social support as documented for home visits and telephone calls was highly appreciated in the vulnerable group of participants, confirming results from previous qualitative studies conducted in persons with

CI (Olsen et al. 2015; Phillips and Flesner 2013; Suttanon et al. 2012). The face-to-face contact within home visits was rated as the most effective program component in this PA program. This finding indicates that health care professionals may serve as a valuable source to provide information how to perform training and which benefits can be expected (Olsen et al. 2015). High subjective effectiveness of phone calls also supports previous results which also demonstrated high satisfaction with phone calls in older adults without CI (Rosenberg et al. 2012) and with subjective CI (Cox et al. 2013). The trainers in our program were skilled in CI-specific communication, which might be a key strategy of the successful implementation of home visits as rated by participants. Positively framed messages focusing on the benefits of PA behavior may have induced elevated motivation to PA compared to negatively framed messages informing about the risk of being non-active (Notthoff et al. 2016). Such supportive communication, including positive reinforcements, has the potential to strengthen the perceived competence to exercise in a group of cognitively impaired persons (Tortosa-Martínez et al. 2017).

The provision of frequent external sources of motivation as provided by a more continuous supervision might be a key factor for the maintenance of adherence to PA in this trial. The program implementation by peers or lay trainers as trustful training partners and motivators is recommended as a promising strategy to increase the participant's self-efficacy and to ensure maintenance of PA within older adults (Matz-Costa et al. 2019). A regular frequency of contact with professionals was effective in PA promotion in nursing home residents (Jansen et al. 2015) as well as in sedentary community-dwelling women (Poulsen et al. 2007).

Limitations

One limitation of the present study is the relatively small sample size explicitly including participants of the intervention group. As the control group was not included in the intervention program, no information about adherence was available in the control condition. Our analysis of adherence was based on self-reports which may represent a limiting factor for the accuracy of adherence to PA in elderly with CI (Visser et al. 2014). As adherence to training and outdoor walking only included the daily frequency of exercise, physical training, and outdoor activities executed several times per day were not considered, with the potential consequence of underreporting actually performed PA.

Conclusion

Study results indicated a comparatively high adherence to the present PA promotion program proving the feasibility of the individually tailored program in vulnerable,

multi-morbid persons with relevant motor and cognitive impairment. Successful participation was further documented by high patient-rated feasibility and effectiveness of the program components. Continuous supervision delivered by professionals might constitute an essential ingredient for maintaining adherence to PA promotion in elderly with multiple restrictions, as this study revealed a decline of adherence to the intervention program concomitant with decreasing frequency of home visits.

Acknowledgments This work was funded by the Social and Private Long-Term Care Insurance (Soziale und Private Pflegeversicherung) and the Municipal Association for Youth and Social Affairs in Baden-Württemberg (Kommunalverband für Jugend und Soziales Baden-Württemberg) (Grant No: 80221-208-009-01-01). Funders had no role in study concept and design, data collection, analysis and interpretation, and preparation of the manuscript.

Compliance with ethical standards

Conflicts of interest The authors have no conflicts of interest to declare.

References

- Abraham C, Michie S (2008) A taxonomy of behavior change techniques used in interventions. *Health Psychol* 27:379. <https://doi.org/10.1037/0278-6133.27.3.379>
- Allgaier AK, Kramer D, Mergl R, Fejtikova S, Hegerl U (2011) Validity of the geriatric depression scale in nursing home residents: comparison of GDS-15, GDS-8, and GDS-4. *Psychiatr Prax* 38:280–286. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1266105>
- Bongartz M, Kiss R, Ullrich P, Eckert T, Bauer J, Hauer K (2017) Development of a home-based training program for post-ward geriatric rehabilitation patients with cognitive impairment: study protocol of a randomized-controlled trial. *BMC Geriatr* 17:214. <https://doi.org/10.1186/s12877-017-0615-0>
- Brown CJ, Roth DL, Allman RM, Sawyer P, Ritchie CS, Roseman JM (2009) Trajectories of life-space mobility after hospitalization. *Ann Intern Med* 150:372–378. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-150-6-200903170-00005>
- Chenoweth L, Kable A, Pond D (2015) Research in hospital discharge procedures addresses gaps in care continuity in the community, but leaves gaping holes for people with dementia: a review of the literature. *Australas J Ageing* 34:9–14. <https://doi.org/10.1111/ajag.12205>
- Clarke DE, Reekum R, Simard M, Streiner DL, Freedman M, Conn D (2007) Apathy in dementia: an examination of the psychometric properties of the apathy evaluation scale. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 19:57–64. <https://doi.org/10.1176/jnp.2007.19.1.57>
- Cox KL et al (2013) The FABS trial: a randomised control trial of the effects of a 6-month physical activity intervention on adherence and long-term physical activity and self-efficacy in older adults with memory complaints. *Prev Med* 57:824–830. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2013.09.010>
- Dannhauser TM, Cleverley M, Whitfield TJ, Fletcher BC, Stevens T, Walker Z (2014) A complex multimodal activity intervention to reduce the risk of dementia in mild cognitive impairment—ThinkingFit: pilot and feasibility study for a randomized controlled trial. *BMC Psychiatry* 14:129. <https://doi.org/10.1186/1471-244x-14-129>

- David R et al (2012) Decreased daytime motor activity associated with apathy in Alzheimer disease: an actigraphic study. *Am J Geriatr Psychiatry* 20:806–814
- Fairhall N, Sherrington C, Kurrle SE, Lord SR, Lockwood K, Cameron ID (2012) Effect of a multifactorial interdisciplinary intervention on mobility-related disability in frail older people: randomised controlled trial. *BMC Med* 10:120. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-120>
- Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR (1975) Mini-mental state. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 12:189–198
- Greenberg SA (2007) How to try this: the geriatric depression scale: short form. *Am J Nurs* 107:60–69; quiz 69–70. doi:10.1097/01.NAJ.0000292204.52313.f3
- Guralnik JM et al (1994) A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol* 49:M85–M94
- Harada K, Park H, Lee S, Shimada H, Yoshida D, Anan Y, Suzuki T (2017) Joint association of neighborhood environment and fear of falling on physical activity among frail older adults. *J Aging Phys Act* 25(1):140–148. <https://doi.org/10.1123/japa.2016-0082>
- Hauer K, Schwenk M, Zieschang T, Essig M, Becker C, Oster P (2012) Physical training improves motor performance in people with dementia: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 60:8–15. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2011.03778.x>
- Hauer K, Ullrich P, Dutzi I, Beurskens R, Kern S, Bauer J, Schwenk M (2017) Effects of standardized home training in patients with cognitive impairment following geriatric rehabilitation: a randomized controlled pilot study. *Gerontology* 63:495–506. <https://doi.org/10.1159/000478263>
- Hawley-Hague H, Horne M, Skelton DA, Todd C (2016) Review of how we should define (and measure) adherence in studies examining older adults' participation in exercise classes. *BMJ Open* 6:e011560. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-011560>
- Heyn P, Abreu BC, Ottenbacher KJ (2004) The effects of exercise training on elderly persons with cognitive impairment and dementia: a meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil* 85:1694–1704
- Jacus JP (2017) Awareness, apathy, and depression in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Brain Behav* 7:e00661. <https://doi.org/10.1002/brb3.661>
- Jansen CP, Classen K, Wahl HW, Hauer K (2015) Effects of interventions on physical activity in nursing home residents. *Eur J Ageing* 12:261–271. <https://doi.org/10.1007/s10433-015-0344-1>
- Kerse N et al (2008) Does a functional activity programme improve function, quality of life, and falls for residents in long term care? Cluster randomised controlled trial. *BMJ* 337:a1445
- Lautenschlager NT et al (2008) Effect of physical activity on cognitive function in older adults at risk for Alzheimer disease: a randomized trial. *JAMA* 300:1027–1037. <https://doi.org/10.1001/jama.300.9.1027>
- Logsdon RG, McCurry SM, Pike KC, Teri L (2009) Making physical activity accessible to older adults with memory loss: a feasibility study. *Gerontologist* 49(Suppl 1):S94–S99. <https://doi.org/10.1093/geront/gnp082>
- Lowery D et al (2014) The effect of exercise on behavioural and psychological symptoms of dementia: the EVIDEM-E randomised controlled clinical trial. *Int J Geriatr Psychiatry* 29:819–827. <https://doi.org/10.1002/gps.4062>
- Marin RS, Biedrzycki RC, Firinciogullari S (1991) Reliability and validity of the Apathy Evaluation Scale. *Psychiatry Res* 38:143–162
- Matz-Costa C, Howard EP, Castaneda-Sceppa C, Diaz-Valdes Iriarte A, Lachman ME (2019) Peer-based strategies to support physical activity interventions for older adults: A typology, conceptual framework, and practice guidelines. *The Gerontologist* 59(6):1007–1016. <https://doi.org/10.1093/geront/gny092>
- McCurry SM, Gibbons LE, Logsdon RG, Vitiello MV, Teri L (2005) Nighttime insomnia treatment and education for Alzheimer's disease: a randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 53:793–802. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53252.x>
- McGilton KS, Chu CH, Naglie G, van Wyk PM, Stewart S, Davis AM (2016) Factors influencing outcomes of older adults after undergoing rehabilitation for hip fracture. *J Am Geriatr Soc* 64:1601–1609. <https://doi.org/10.1111/jgs.14297>
- Moseley AM, Sherrington C, Lord SR, Barraclough E, St George RJ, Cameron ID (2009) Mobility training after hip fracture: a randomised controlled trial. *Age Ageing* 38:74–80. <https://doi.org/10.1093/ageing/afn217>
- Murphy J, Tester S, Hubbard G, Downs M, MacDonald C (2005) Enabling frail older people with a communication difficulty to express their views: the use of talking mats as an interview tool. *Health Soc Care Community* 13:95–107. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2524.2005.00528.x>
- Najafi B, Aminian K, Paraschiv-Ionescu A, Loew F, Bula CJ, Robert P (2003) Ambulatory system for human motion analysis using a kinematic sensor: monitoring of daily physical activity in the elderly. *IEEE Trans Biomed Eng* 50:711–723. <https://doi.org/10.1109/tbme.2003.812189>
- Notthoff N, Klomp P, Doerwald F, Scheibe S (2016) Positive messages enhance older adults' motivation and recognition memory for physical activity programmes. *Eur J Ageing* 13:251–257. <https://doi.org/10.1007/s10433-016-0368-1>
- Nyman SR, Adamczewska N, Howlett N (2018) Systematic review of behaviour change techniques to promote participation in physical activity among people with dementia. *Br J Health Psycho* 23:148–170. <https://doi.org/10.1111/bjhp.12279>
- O'Bryant SE, Humphreys JD, Smith GE, Ivnik RJ, Graff-Radford NR, Petersen RC, Lucas JA (2008) Detecting dementia with the mini-mental state examination in highly educated individuals. *Arch Neurol* 65(7):963–967. <https://doi.org/10.1001/archneur.65.7.963>
- Olsen CF, Telenius EW, Engedal K, Bergland A (2015) Increased self-efficacy: the experience of high-intensity exercise of nursing home residents with dementia—a qualitative study. *BMC Health Serv Res* 15:379. <https://doi.org/10.1186/s12913-015-1041-7>
- Phillips LJ, Flesner M (2013) Perspectives and experiences related to physical activity of elders in long-term-care settings. *J Aging Phys Act* 21:33–50
- Portegijs E, Rantakokko M, Mikkola TM, Viljanen A, Rantanen T (2014) Association between physical performance and sense of autonomy in outdoor activities and life-space mobility in community-dwelling older people. *J Am Geriatr Soc* 62:615–621. <https://doi.org/10.1111/jgs.12763>
- Poulsen T, Elkjaer E, Vass M, Hendriksen C, Avlund K (2007) Promoting physical activity in older adults by education of home visitors. *Eur J Ageing* 4:115–124. <https://doi.org/10.1007/s10433-007-0057-1>
- Prick A-E, de Lange J, Scherder E, Twisk J, Pot AM (2016) The effects of a multicomponent dyadic intervention on the mood, behavior, and physical health of people with dementia: a randomized controlled trial. *Clin Interv Aging* 11:383. <https://doi.org/10.2147/cia.s95789>
- Rosenberg DE, Kerr J, Sallis JF, Norman GJ, Calfas K, Patrick K (2012) Promoting walking among older adults living in retirement communities. *J Aging Phys Act* 20:379–394
- Salpakoski A et al (2014) Effects of a multicomponent home-based physical rehabilitation program on mobility recovery after hip fracture: a randomized controlled trial. *J Am Med Dir Assoc* 15:361–368. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2013.12.083>
- Smit EB, Bouwstra H, van der Wouden JC, Wattel LM, Hertogh CM (2018) Patient-centred goal setting using functional outcome

- measures in geriatric rehabilitation: is it feasible? *Eur Geriatr Med* 9:71–76. <https://doi.org/10.1007/s41999-017-0011-5>
- Smit EB, Bouwstra H, Hertogh CM, Wattel EM, van der Wouden JC (2019) Goal-setting in geriatric rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil* 33:395–407. <https://doi.org/10.1177/0269215518818224>
- Stevens A, Beurskens A, Köke A, van der Weijden T (2013) The use of patient-specific measurement instruments in the process of goal-setting: a systematic review of available instruments and their feasibility. *Clin Rehabil* 27(11):1005–1019. <https://doi.org/10.1177/0269215513490178>
- Suttanon P, Hill KD, Said CM, Byrne KN, Dodd KJ (2012) Factors influencing commencement and adherence to a home-based balance exercise program for reducing risk of falls: perceptions of people with Alzheimer's disease and their caregivers. *Int Psychogeriatr* 24:1172–1182. <https://doi.org/10.1017/s1041610211002729>
- Suttanon P et al (2013) Feasibility, safety and preliminary evidence of the effectiveness of a home-based exercise programme for older people with Alzheimer's disease: a pilot randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 27:427–438. <https://doi.org/10.1177/0269215512460877>
- Taylor ME et al (2017) A home-based, carer-enhanced exercise program improves balance and falls efficacy in community-dwelling older people with dementia. *Int Psychogeriatr* 29:81–91
- Teri L et al (2003) Exercise plus behavioral management in patients with Alzheimer disease: a randomized controlled trial. *JAMA* 290:2015–2022
- Tortosa-Martínez J, Beltrán-Carrillo VJ, Caus N, Iglesias-Martínez MJ, Lozano-Cabezas I, Jimenez-Hernández S, Cortell-Tormo J (2017) Psychosocial benefits of exercise for older adults with amnesic mild cognitive impairment: innovative practice. *Dementia*:1471301217725895
- van der Wardt V, Hancox J, Gondek D, Logan P, Nair RD, Pollock K, Harwood R (2017) Adherence support strategies for exercise interventions in people with mild cognitive impairment and dementia: a systematic review *Prev Med Rep* 7:38–45. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2017.05.007>
- van Seben R, Smorenburg SM, Buurman BM (2019) A qualitative study of patient-centered goal-setting in geriatric rehabilitation: patient and professional perspectives. *Clin Rehabil* 33:128–140
- Vidoni ED et al (2016) Feasibility of a memory clinic-based physical activity prescription program. *J Alzheimer's Disease: JAD* 53:161–170. <https://doi.org/10.3233/jad-160158>
- Visser M, Brychta RJ, Chen KY, Koster A (2014) Self-reported adherence to the physical activity recommendation and determinants of misperception in older adults. *J Aging Phys Act* 22(2):226–234. <https://doi.org/10.1123/japa.2012-0219>
- Wesson J, Clemson L, Brodaty H, Lord S, Taylor M, Gitlin L, Close J (2013) A feasibility study and pilot randomised trial of a tailored prevention program to reduce falls in older people with mild dementia. *BMC Geriatr* 13:89. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-13-89>
- Yuenyongchaiwat K, Pongpanit K, Hanmanop S (2018) Physical activity and depression in older adults with and without cognitive impairment. *Dement Neuropsychol* 12(1):12–18. <https://doi.org/10.1590/1980-57642018dn12-010002>

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Manuskript V

Eckert, T., Wronski, P., Bongartz, M., Ullrich, P., Abel, B., Kiss, R., Wensing, M., Koetsenruijter, J. & Hauer, K. (submitted). Cost-effectiveness and cost-utility of a home-based exercise program in geriatric patients with cognitive impairment. *Gerontology*

Gerontology

Manuscript:	GER-2020-3-17/R2 RESUBMISSION
Title:	Cost-effectiveness and cost-utility of a home-based exercise program in geriatric patients with cognitive impairment
Authors(s):	Tobias Eckert (Corresponding author), Pamela Wronski (Co-author), Martin Bongartz (Co-author), Phoebe Ullrich (Co-author), Bastian Abel (Co-author), Rainer Kiss (Co-author), Michel Wensing (Co-author), Jan Koetsenruijter (Co-author), Klaus Hauer (Corresponding author)
Keywords:	Cognitive impairment, Cost-effectiveness, Cost-utility, Exercise, Geriatric rehabilitation, Physical performance
Type:	Research Article

Cost-effectiveness and cost-utility of a home-based exercise program in geriatric patients with cognitive impairment

Tobias Eckert^{a, b}, Pamela Wronski^c, Martin Bongartz^{a, d}, Phoebe Ullrich^a, Bastian Abel^a,

Rainer Kiss^e, Michel Wensing^c, Jan Koetsenruijter^c, Klaus Hauer^a

- a. Department of Geriatric Research, AGAPLESION Bethanien Hospital Heidelberg/Geriatric Centre of the University of Heidelberg, Heidelberg, Germany
- b. Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute of Sport and Sport Science, Karlsruhe, Germany
- c. Department for General Practice and Health Services Research, University Hospital Heidelberg, Heidelberg, Germany
- d. Network Aging Research (NAR), Heidelberg, Germany
- e. Department of Health and Social Affairs, FHM Bielefeld, University of Applied Sciences, Bielefeld, Germany

Running Title

Cost-effectiveness of home-based exercise in geriatric patients with cognitive impairment

Corresponding author

Prof. Dr. Klaus Hauer

AGAPLESION Bethanien Hospital Heidelberg/Geriatric Centre of the University of Heidelberg, Rohrbacher Straße 149, 69126 Heidelberg, Germany

E-mail: khauer@bethanien-heidelberg.de

Tel.: ++49 6221 319 1532

Word Count Manuscript: 4,851

Word Count Abstract: 348

Number of References: 41

Keywords: Cost-effectiveness, Cost-utility, Exercise, Physical performance, Geriatric rehabilitation, Cognitive impairment

Abstract

Introduction: There is a substantial lack of home-based exercise programs in the highly vulnerable group of geriatric patients with cognitive impairment (CI) after discharge from ward-rehabilitation. Beyond clinical effectiveness, the cost-effectiveness of intervention programs to enhance physical performance is not well investigated in this target group.

Objective: To determine the cost-effectiveness of a 12-week home-based exercise intervention following discharge from ward-rehabilitation compared to unspecified flexibility training for geriatric patients with CI from a societal perspective.

Methods: This cost-effectiveness study was conducted alongside a randomized placebo-controlled trial. A total of 118 geriatric patients with CI (Mini Mental State Examination score: 17-26) were randomized either to the intervention group (IG, n = 63) or control group (CG, n = 55). Participants in IG received a home-based individually tailored exercise program to increase physical performance, while participants in CG received unspecific flexibility training (placebo control). Health care service use, physical performance (Short Physical Performance Battery, SPPB) and quality of life (EQ-5D-3L) were measured over 24 weeks. The Net Monetary Benefit (NMB) approach was applied to calculate incremental cost-effectiveness of the exercise intervention compared to CG with respect to improvement of a) physical performance on the SPPB and b) quality adjusted life years (QALYs).

Results: Physical performance was significantly improved in IG compared to CG (mean difference at 24 weeks: 1.3 points; 95% Confidence Interval [95 % CI] = 0.5 to 2.2; $p = 0.003$), while health-related quality of life did not significantly differ between groups at 24 weeks (mean difference: 0.08; 95% CI = -0.05 to 0.21; $p = 0.218$). Mean costs to implement the home-based exercise intervention were €284 per patient. The probability of a positive incremental NMB of the intervention reached a maximum of 92% at a willingness to pay (WTP) of €500 per point on the SPPB. The probability of cost-utility referring to QALYs was 85% at a WTP of €5,000 per QALY.

Conclusion: The home-based exercise intervention demonstrated high probability of cost - effectiveness in terms of improved physical performance in older adults with CI following discharge from ward-rehabilitation, but not in terms of quality of life.

Introduction

The demographic change in western societies with its growing number of older persons is a major challenge for the sustainability of the public health care systems as persons aged 75 years or older raise on average 5.5 times as many costs as young adults in the age of 20-34 years [1]. Cognitive decline is common in old age and even more pronounced in more vulnerable populations such as hospitalized geriatric patients (≥ 65 years) with about the half of this group showing signs of cognitive impairment (CI) [2]. Cognitively impaired geriatric patients show an increased risk of poor functional recovery during ward-rehabilitation [3], loss of functional independence post-discharge to home environment, institutionalization, and mortality [4]. The increased number of adverse medical events in this vulnerable patient group also represents a societal economic burden due to high demand on formal [5] and informal care [6]. This constitutes the major care contribution in persons with CI, also leading to productivity losses in employed caregivers [7].

Despite this urgent need of effective physical rehabilitation to increase physical performance in the transitional stage following ward-rehabilitation to home environment, geriatric patients with CI are often excluded from physical rehabilitation programs. Meta-analytic findings provided preliminary evidence for the clinical effectiveness of specified physical training in persons with CI in terms of improved ability to perform activities of daily living (ADL) [8]. However, methodological limitations concerning the inclusion of heterogeneous study design and study samples with respect to cognitive status limit the evidence of exercise on physical performance in elderly with CI. A previous home-based exercise and physical activity (PA) promotion intervention demonstrated impact on physical performance and self-reported PA in cognitively impaired patients recently discharged from ward-rehabilitation to home-environment [9].

Assuming that physical exercise interventions after discharge from hospital are clinically effective in patients with CI, it is important to assess the costs and cost-effectiveness to support decision-making on the allocation of resources in these interventions. Therefore, there is a

high need to design clinically effective as well as cost-effective programs for patients with concurrent physical and cognitive restrictions. However, the economic value of physical exercise interventions among elderly populations has been primarily determined within fall prevention programs, conducted in community-dwelling elderly without acute medical illness and CI [10]. Only a few economic analyses have been carried out with a clear focus on home-based exercise interventions, including high risk populations, such as multi-morbid geriatric patients post-discharge from ward-rehabilitation [11–13] and cognitively impaired samples [14, 15]. None of these studies included the highly vulnerable group of geriatric patients with simultaneous physical and cognitive impairment.

The methodology of economic evaluation studies across elderly populations varied widely in regard to the outcomes. The most frequently used outcome of cost-effectiveness was quality-adjusted life years (QALYs), referring to a broad conceptualization of cost-effectiveness of health care interventions, specifying cost-utility. The evidence on cost-utility of exercise in vulnerable patient groups is limited, as no intervention effects were found on health-related quality of life [11, 12, 14]. In contrast, the use of specific clinical outcomes as comparators of cost-effectiveness, such as physical performance (e.g., Short Physical Performance Battery total score) [11], frailty [12] or dementia-specific behavioral symptoms [15], demonstrated incremental cost-effectiveness related to the impact on these clinical outcomes measures.

In the present study a concurrent economic evaluation with data on costs and effectiveness outcomes, collected during a home-based exercise intervention trial to increase physical performance in patients with CI, was performed. As recent literature on economic evaluations in health care interventions suggests the use of clinical variables related to the study's primary objective [16] the primary aim was to determine cost-effectiveness of a home-based exercise program with respect to changes of physical performance. Secondary aim was to estimate cost-utility concerning gains of QALYs. According to recommendations for economic evaluations [17] the present economic evaluation was conducted from a societal perspective, including costs incurred by informal care.

Methods

Participants and Setting

The home-based exercise intervention was a double-blinded, randomized, placebo-controlled intervention trial (RCT), including cognitively impaired geriatric patients after discharge from ward-rehabilitation (<http://www.isrctn.com/ISRCTN82378327>). The study was conducted in accordance with the principles stated in the Declaration of Helsinki and was approved by the ethics committee of the Medical Department of the University of Heidelberg (S-252/2015). Participants were recruited from a Geriatric Rehabilitation Center during ward-rehabilitation. Inclusion criteria were: age ≥ 65 years; a score of 17-26 on the Mini-Mental State Examination (MMSE); living in the community or in assisted living (no residential care); residence within 30 km of the study center, able to walk 4 m independently with a walking aid; no terminal disease; no delirium; German-speaking and written informed consent given by the participant or a legalized guardian.

Intervention and Control

All participants had normal access to routine healthcare additional to study program. Routine healthcare comprises inpatient and outpatient medical treatment, outpatient non-physician services (e.g. physiotherapy, logopedics), formal inpatient and outpatient care as well as informal care by proxies. However, currently no specified physical rehabilitation programs in home environment are implemented in routine healthcare.

After baseline measurement (T1) participants were randomly allocated either to intervention group (IG), or to control group (CG). Assessors were blinded to randomization status. Participants in IG received a 12-week, home-based individually tailored physical training, including balance, strength and walking. The program was based on a motivational approach to promote adherence to autonomously performed physical training and regular PA. The motivational approach incorporated: implementation of a daily training routine, activity-related goal-setting, self-monitoring by pedometers, the implementation of an individualized walking

path adjusted to each participant's home environment, and dementia-specific communication strategies (supported by a brief manual and a large poster). Five home visits and weekly phone calls were administered by graduated sport scientists (Master's Degree or equivalent) to provide ongoing supervision during intervention. Participants in CG received unspecific flexibility training in a sitting position (placebo control) and were also supervised by the study staff within five home visits and weekly phone calls, but did not receive motivational support and individually tailored training. The flexibility program did not aim to enhance physical performance, but served as a control for psychosocial effects. As this flexibility program is not part of routine healthcare and to avoid a potential overestimation of cost-effectiveness, we did not calculate costs for implementing the CG program. Detailed information about design, recruitment and the intervention has been published elsewhere [18].

Measures

Outcome Measures

The primary outcome measures for the original RCT were physical performance using the Short Physical Performance Battery (SPPB) and PA measured by two ambulatory sensor systems. Assessments were carried out in participants' homes after discharge from ward-rehabilitation (T1), after the 12-week intervention period (T2) and following a 12-week follow-up period after completion of the program (T3).

The SPPB includes subtests of key motor features such as static balance (side-by-side, semi-tandem, tandem), walking, and sit-to-stand performance which are summed to a total score (0-12) [19]. Health-related quality of life was assessed by participants using the EuroQol EQ - 5D - 3L, which captures the following five health-related domains: 'mobility', 'self-care', 'usual activities', 'pain/ discomfort', 'anxiety/depression' [20]. Response categories were: no problems (1), some or moderate problems (2) and severe or extreme problems (3). The five scores for each dimension were converted to the single EQ-5D-3L index score based on preferences of a representative sample of the German general population [21]. The EQ-5D-3L index score has a range between -.207 (severe problems in all domains) and 1 (no problems

in all domains), with 0 representing death and 1.0 representing full health; values below 0 indicate health states worse than death.

Sociodemographic and clinical measurements

To describe sample characteristics at baseline in more detail, sociodemographic (age, sex, living status, educational level, care status) clinical parameters (number of diseases, number of medications, history of falls during last 12 months) and cognitive function (MMSE) [22] were assessed via interview. Clinical parameters were taken from patient charts.

Health care service use

Health care service use was assessed by using the questionnaire for the use of medical and non-medical services in old age (*Fragebogen zur Erhebung von Gesundheitsleistungen im Alter* [FIMA]) [23]. The FIMA uses a 3-month retrospective time horizon and covers inpatient treatment (acute hospital, intensive care unit, ward-rehabilitation), outpatient treatment including outpatient surgery (e.g. general practitioner, orthopedist, urologist), and outpatient therapies (physical therapist, occupational therapist, logopedics, podiatrist), assistive devices (e.g. walking aids, bath lift), inpatient and outpatient care (body care, household, 24-hour care) and informal care. To take account of recall bias, lists of possible services were represented (e.g., every outpatient service was addressed specifically in the questionnaire). If the patient was not able to give reliable information about service use, interviews were conducted by caregivers/proxies (e.g. family members).

Data Analysis

Descriptive data are based on original data and presented as means and standard deviations (SDs) and were conducted using the software package SPSS 25.0 (IBM, Chicago, IL, USA). Cost-effectiveness analyses were performed using R (R Core Team, Vienna, Austria) and missing data were imputed. The level of significance was set $\alpha = 0.05$.

Calculation of Costs

We conducted the study from a societal perspective. Costs were not discounted, as the time horizon of the present economic evaluation covers 24 weeks. Therefore, direct costs and costs of informal care were included. Indirect costs due to productivity losses were regarded as irrelevant in the present sample of retired geriatric patients. Standardized unit costs within the German health care system were used for monetary valuation of the utilized health care sources [24]. Standardized unit costs were not used for informal care. The valuation of informal care was based on the wage for the care of elderly persons, derived from the registry of the German Federal Statistical Office [25]. All costs incurred were inflated to price levels of 2016 by a factor of 1.053 obtained from the national consumer price index of the German Federal Statistical Office [26].

Mean costs to deliver the individually tailored exercise program, were calculated using data on intervention costs for each participant, including variable and fixed cost categories. Variable costs were derived from the frequency and duration of home visits, travel times, travel distances as well as frequency and duration of phone calls, which were documented by trainers. To estimate intervention costs reimbursed for staff, total duration of the respective categories (e.g. duration of home visits) was multiplied by unit costs (e.g., costs per hour of contact for trainer) which were derived from the German public services wage agreement (*Tarifvertrag für den Öffentlichen Dienst; TVÖD*) [27]. As the exercise program is intended to be implemented within real-life conditions the estimation of staff costs was based on the employment of physiotherapists (TVÖD 9b/2). Employee on-costs including insurance costs and taxes were estimated at a level of 28% of wage costs and added to wage. Travel costs were calculated based on the number of kilometers travelled multiplied by the German tax-deductible rate (€0.30/kilometer). Fixed costs were summed up by reimbursement for pedometers, posters and manuals.

We did not calculate overhead costs, as neither additional rooms were rented nor additional workforce was utilized for program coordination. We excluded the use of medication from further analyses due to a high amount of invalid information.

Calculation of QALYs

Effects on health-related quality of life were assessed using QALYs which are based on the changes in the EQ-5D-3L index score. QALYs were calculated using the area-under-the curve method [28]. We weighted each time interval (before T1; T1-T2; T2-T3) by the individual's utility score during this period.

Missing Values

Multiple imputation by chained equations (MICE) with predictive mean matching was performed to impute missing data for costs and effect outcomes (EQ-5D index score, SPPB total score), taking into account the covariates of age, sex, treatment allocation, living status, care level, fall status, SPPB baseline scores, and EQ-5D baseline scores. We performed the imputation 20 times, roughly reflecting the number of cases with missing data. Standard errors for the health and cost analyses, cost-effectiveness analyses, and cost-utility analyses were computed according to the "Rubin's rule" [29].

When participants died, they were allocated zero costs, zero EQ-5D utility score and zero SPPB total score and were not classified as missing. In the case of dropout due to institutionalization, we estimated long-term care costs for the time period after the date of institutionalization until study end. Health care service use (e.g. inpatient and outpatient physician services) during the period of institutionalization was treated as missing and was imputed as described above.

Health and Cost Analysis

Differences on health-related outcomes at T2 and T3 between IG and CG were tested using linear regression models, adjusted for baseline values (T1). Costs were calculated per category and summed as total costs. Differences on costs at T2 and T3 between IG and CG were tested using a generalized linear model with a gamma distribution and log-link, as we did not assume normal distribution for cost data. We did not adjust for baseline costs as they did not differ between groups.

Cost-effectiveness and Cost-utility Analyses

The present economic evaluation comprises a) cost-effectiveness analyses (change of physical performance) and b) cost utility analyses (change of health-related quality of life) of the 12-week exercise intervention compared to the control condition.

SPPB total score was included as comparator of cost-effectiveness related to the objective of the study. Based on previous literature conducted among older adults an increase of one point on the SPPB total score was defined as a substantially meaningful change [30]. Total costs, including the intervention and health care costs, were used to calculate incremental cost-effectiveness. The net-monetary benefit (NMB) approach was used to estimate incremental cost-effectiveness [31]. NMB values for cost-effectiveness and cost-utility were calculated by the formulas:

$$NMB_i = SPPB_{i\Delta T3-T1} \times WTP - C_i \text{ and } NMB_i = QALY_i \times WTP - C_i.$$

$QALY_i$ and $SPPB_{i\Delta T3-T1}$ represent the effects for each participant, C_i represents costs for each participant, and WTP is the health care provider's willingness to pay for an additional QALY or one point on the SPPB score. So, NMB expresses the added value of the intervention in monetary terms minus the costs given the WTP for an improvement of one point on the SPPB or on a QALY. The intervention alternative (IG or CG) with the highest NMB value is assumed to be the most cost-effective given a healthcare payers' WTP, specified as the incremental NMB (IG minus CG). WTP thresholds represent hypothesized values, as there are no established WTP thresholds in Germany, because it is not compatible with German law.

Sensitivity Analyses

As economic analyses underlie different uncertainties, cost-effectiveness acceptability curves (CEACs) were generated to plot the probabilities of cost-effectiveness, as indicated by positive incremental NMB, of the exercise intervention for different WTP thresholds. A linear regression method to calculate p -values was used instead of bootstrapping, as this method combined with multiple imputation appears to be a robust alternative with sufficient statistical performance [32]. The p -values were used to calculate the according probabilities of cost-effectiveness by the formula: $1-(p/2)$ [33]. Further sensitivity analyses were performed. First, economic analyses

were repeated using a complete-case-scenario, including participants with complete health care use data after follow-up. Second, as cost outliers have potential impact on cost-effectiveness, outliers (≥ 3 SD above total mean costs) were removed from the cost-effectiveness analyses. Third, a prespecified subgroup examined the cost-effectiveness of the intervention stratified by cognitive status (MMSE score: ≤ 24), as we expect that our intervention may have more impact on individuals with a low cognitive status.

Results

Sample Characteristics

Out of 1981 patients screened for eligibility, 118 individuals were enrolled to the RCT according to predefined inclusion criteria (Figure 1). Primary causes for exclusion were cognitive status ($n = 553$), residence >30 km from study center ($n = 241$), and medical contraindications ($n = 217$) (Figure 1).

insert **Fig. 1**

The present sample consisted of multi-morbid and physically restricted older adults with CI. Age (IG: $M = 82.2$, $SD = 5.8$; CG: $M = 82.4$, $SD = 6.2$), cognitive status (IG: $M = 23.3$, $SD = 2.7$; CG: $M = 23.3$, $SD = 2.1$) and the degree of multi-morbidity in terms of number medications (IG: $M = 9.4$, $SD = 3.5$; CG: $M = 9.6$, $SD = 3.9$) and diseases (IG: $M = 11.3$, $SD = 3.6$; CG: $M = 11.4$, $SD = 5.3$) were similar in both groups. Physical performance was slightly better in intervention participants than in control participants (IG: $M = 5.4$, $SD = 2.1$; CG: $M = 5.0$, $SD = 2.4$).

The usage of health care services was based on proxy-report in $n = 41$ (35%) at T1, 49 (48%) at T2 and $n = 54$ (61%) at T3. Health care service costs at baseline were high in both groups, as indicated by mean health care service use costs per capita of €14,456 ($SD = 10,284$) in IG and €13,800 ($SD = 11,695$) in CG during the 3 months before start of intervention (Table 1).

Resource use and respective unit costs are presented in Table 2.

insert **Table 1**

insert **Table 2**

Health-related outcomes

The between-group difference at 12 weeks following the intervention period on the primary outcome was 1.8 points (95% CI = 1.0 to 2.6; $p < 0.001$) on the SPPB total score in favour of the IG. This positive intervention effect on physical performance remained significant at 24 weeks with an estimate of 1.3 points (95% CI = 0.5 to 2.2; $p = 0.003$). By calculating the area under the curve (AUC), the probability that the effect over the 24 weeks is substantial meaningful (>1.0 point) was found to be 76%. For health-related quality of life, the group differences were non-significant both at 12 weeks (mean difference = 0.07; 95% CI = -0.04 to 0.18; $p = 0.203$) and 24 weeks (mean difference: 0.08; 95% CI = -0.05 to 0.21; $p = 0.218$) for the EQ-5D-3L index score. In consequence, the gain of health-related quality of life, as indicated by QALY, was not significantly different between the groups (mean difference: 0.04; 95% CI = -0.02, 0.07; $p = 0.259$) (Table 3).

insert **Table 3.**

Costs

Mean costs per patient to deliver the intervention program are €284, with home visits representing the major investment (72%, €204) (Table 4). Mean total costs per capita, including health care service use costs and intervention costs, are €1,533 lower in the exercise group compared to CG (95% CI = -4,447 to 1,381; $p = 0.295$).

insert **Table 4.**

Cost-effectiveness and cost-utility

Incremental cost-effectiveness with respect to effects on the SPPB total score demonstrated higher NMB values at every WTP threshold in the range between 0 and €5,000 in IG than in

CG and a significant incremental NMB is shown above a WTP of €2000 (Table 5). In consequence, the probability of cost-effectiveness was 92% given a decision maker's WTP of €500 per one-point gain on the SPPB total score and reached a level of 99% at a WTP of €2000 (Figure 2).

In regard to QALYs, although NMB values were higher in IG than in CG, no significant incremental NMB was found in favour of the exercise intervention (Table 4). Subsequently the probability of cost-utility was 85% given a WTP of €5,000 per QALY and leveled off at 90% given WTP above €20,000 (Figure 3).

insert **Table 5**

insert **Figure 2.**

insert **Figure 3.**

Sensitivity Analyses

Analyses of complete cases (n = 89) demonstrated a probability of cost-effectiveness of 90% with respect to improvement of physical performance and QALYs, given a WTP of €0. This is higher than the values found within our primary analysis including dropouts (Figure 2 and 3). After removal of two cost outliers (≥ 3 SD above mean total costs; 2 CG participants), the probability of cost-effectiveness with respect to physical performance also reached a level of 100%, but at a higher WTP compared to primary analyses (Figure 2). The probability of cost-effectiveness in regard to QALYs for outlier analysis was lower across different WTP and reached a lower ceiling value (Figure 3). Cost-effectiveness analyses with respect to cognitive status showed, that the effect sizes were (not significantly) higher in participants with lower cognitive status (MMSE ≤ 24) than in the total sample (data not shown).

Discussion

To the best of our knowledge, we present the first economic evaluation of an individually tailored exercise intervention in the vulnerable group of cognitively impaired geriatric patients post-discharge from ward-rehabilitation. The present results demonstrate a high probability that the 12-week home exercise program is cost-effective with respect to improved physical performance, as indicated by incremental net monetary health benefits in the IG compared to the CG. Cost-utility cannot be assumed as the exercise intervention did not achieve gains in quality-adjusted life years compared to control condition.

Our individually tailored home-based exercise intervention represents a low-cost program with mean costs of €284 per participant, as the value of money reimbursed for material and staff was low in comparison with other home-based exercise programs in mobility-impaired older adults [11, 12]. For example, a previous multifactorial intervention for mobility impaired elderly required higher expenditures for multidisciplinary staff (including the employment of dietitians and psychiatrists), resulting in mean delivery costs of A\$1529 per capita (€1028, based on the exchange rate of January 1, 2016) [12]. In contrast to this multifactorial intervention approach, an economic study, investigating the costs of 3-month exercise-based rehabilitation program for hip-fracture patients, described delivery costs of £231 (€272, based on the exchange rate of January 1, 2016) similar to the present program (€284) [13]. Like in the study by Williams et al. (2016), the exercise programs only involved the use of physiotherapists to deliver the individually tailored exercise as well as the motivational approach. This allows for the integration of exercise into daily routines, leading to high adherence to autonomously performed exercise and PA [34]. The autonomous performance of exercise in the home-environment might reduce costs in comparison to continuously supervised exercise programs, requiring transport and staff costs.

With respect to the clinical outcome, a significant impact on physical performance was revealed at 24 weeks by the 12-week home-based physical training (1.3 points on the SPPB total score), representing a substantial meaningful change according to the established

cut-off point of 1.0 points [30]. The difference of 0.5 points on the lower bound of the 95% CI interval, found in the present results, also indicates at least a minimal meaningful change of physical performance [30]. In consequence, the improved physical performance as well as slight reductions of costs in the intervention group resulted in incremental NMB values in favour of the home-based physical training group, indicating high probability of cost-effectiveness. This is in line with prior economic evaluations in home-based exercise interventions in older adults with mobility restrictions [11, 12] and CI [15], using clinical parameters as study outcomes of cost-effectiveness. For example, the results of Farag et al. (2015) [11] indicated a probability of 80% that the exercise intervention was cost effective at a WTP threshold of A\$48,000 (€32,272, based on the exchange rate of January 1, 2016) per person showing a mobility improvement on the SPPB compared to routine healthcare. In the present study the probability of cost-effectiveness was even higher, exceeding a probability of 92% at WTP of only €500.

In contrast to improved physical performance, no significant positive impact was found for health-related quality within our study, supporting results made in previous exercise interventions in geriatric patients after discharge from ward-rehabilitation [12, 13]. The lack of significant intervention effects on the EQ-5D-3L might be related to low sensitivity to change of generic measures of health-related quality of life in old age [35]. Although the present results did not show any impact of the exercise intervention in health-related quality of life, the probability of cost-utility was about 90% at WTP thresholds above €20,000 per additional QALY. This was mainly caused by lower health care costs in the IG. Improved physical performance may have led to a decreased risk of hospitalization, emergency visits [36] and outpatient services [37]. Nonetheless NMB values of €20,000 per additional QALY might exceed the decision makers' maximum WTP for multi-morbid older adults with a relatively short life expectancy. In consequence, utility-based measures might be discriminative against older adults.

The inclusion of clinical instruments is potentially more suitable for the valuation of cost-effectiveness of a specific exercise intervention to increase physical performance in the group

of elderly with physical constraints, as they are sensitive to changes related to the intervention. The SPPB as objective measure of physical performance is associated with life-space, representing an indicator of the person's autonomy [38], and predicts the risk of re-hospitalization and mortality [19, 30].

The present study extends empirical findings on the economic value of exercise in the high-risk population of elderly with CI who are often excluded from physical rehabilitation programs. The positive results regarding the clinical effectiveness as well as cost-effectiveness emphasize the importance of rehabilitation strategies, which are easy of access and tailored to the needs of cognitively impaired individuals post-discharge from ward-rehabilitation. One economic study conducted among cognitively impaired samples demonstrated cost-effectiveness of a structured walking intervention referring to a reduction of CI-specific behavioral symptoms [15], while no previous study supplied evidence for cost-effectiveness of individually tailored exercise to improve physical performance in a sample of individuals with CI. We also allow for the challenges arising from the self-report measurement of resource use in this specific study population. When participants were not able to give reliable information on resource use, caregivers/proxies were included.

The varying probabilities of cost-effectiveness found between previous economic analyses of exercise intervention trials and the present study also refer to the utilization of different statistical methods to calculate cost-effectiveness. The use of an aggregated value of cost-effectiveness, such as the incremental cost-effectiveness ratio (ICER) or NMB is necessary to determine cost-effectiveness in case of non-significant differences of costs or/and health-related outcomes between the groups. In contrast to previous studies, using ICERs to determine incremental cost-effectiveness [11, 12], we used the NMB approach. As the present cost-effectiveness analysis showed positive effects on health-related outcomes and non-significant cost savings in favour of the IG, the ICER would have been negative, resulting in limited interpretability [31].

The sensitivity analyses proved the robustness of the primary cost-effectiveness analyses with respect to physical performance, representing a major strength of our study. The probabilities

of cost-effectiveness across different WTP was not substantially curtailed by the exclusion of cost outliers, as incremental NMB values were mainly driven by the intervention impact on physical performance and only to a little extent by the variation of costs. The exercise intervention was even more likely to be cost-effective in study completers compared to the primary analysis also including dropouts. The subgroup-analysis of individuals with lower cognitive status indicate higher clinical and economic benefits, contradicting previous studies [11, 12] and confirm that our program was suitable to the target population. The data analysis was based on multiple imputation which constitutes the method the most accurate to handle missing data in economic evaluations [39], also strengthening the present findings.

We also note for the limitations of the study. We did not include travel costs of patients and caregivers, not allowing to estimate all societal costs. The present analyses did not involve the expenditures on medication which constitute a frequently used health care source in multi-morbid persons [40]. Further, patients' travel times and distances for the usage of health care resources were not captured by the FIMA, so that not all relevant societal costs could be estimated. We used patient- and proxy-reports to assess resource use, potentially leading to differential recall bias. As the participants in the placebo control group also received an unspecified flexibility training within home visits, we were not able to eliminate potential impact of social contact between the participants and trainers on health-related quality of life. In consequence, the impact of the individually tailored exercise intervention on health-related quality of life might be underestimated in the present study as a substantial decline of health-related quality of life can be assumed without any additional social support. The short time horizon of this study may have limited the effects on quality of life. However, the intervention program on which the cost estimation is based on, focused on improvement of physical performance with quality of life only representing a secondary outcome, leading to restricted effects on quality of life. The estimation of QALYs was based on self-reported quality of life, which is shown to be higher as compared to proxy ratings [41]. This limits the external validity of QALYs reported in this study, however, it does not influence the results of our cost-utility

analysis. The costs to educate physiotherapists for program delivery are not estimated in the present study, which is needed for further implementation in real-life conditions.

Conclusion

The home-based exercise intervention demonstrated high probability of cost-effectiveness with respect to the improvement of physical function, representing a major and well-established objective of rehabilitation, in a vulnerable group of cognitively and physically impaired geriatric patients post-discharge from ward-rehabilitation. Economic benefits in terms of QALYs, representing a rather generic objective for rehabilitation not specifically targeted in this intervention program, seem to be more unlikely, as the exercise intervention did not reveal significant impact on health-related quality of life.

Acknowledgements

We would like to thank the Social and Private Long-Term Care Insurance (and the Municipal Association for Youth and Social Affairs in Baden-Württemberg for financial support of the study and Anne Gartz for participant screening and recruitment.

Statement of Ethics

The study conforms to the latest version of the Helsinki Declaration and was approved by the Ethics Committee of the Medical Department at the University of Heidelberg. All participants or their legalized guardians have given their written informed consent.

Disclosure Statement

The authors have no conflicts of interest to declare.

Funding Sources

This work was funded by the Social and Private Long-Term Care Insurance (Soziale und Private Pflegeversicherung) and the Municipal Association for Youth and Social Affairs in Baden-Württemberg (Kommunalverband für Jugend und Soziales Baden-Württemberg) (Grant no: 80221-208-009-01-01). Funders had no role in study concept and design, data collection, analysis and interpretation, and preparation of the manuscript.

Author Contributions

T.E.: acquisition of participants, conducting the exercise program, study management, data analysis, interpretation of data, preparation of the manuscript. P.W.: trial economist, selection of methods, statistical design, interpretation of data, M.B.: assessment of data. P.U.: acquisition of participants, conducting the exercise program. R.K.: assessment of data. M.W.: trial economist, end control of the manuscript, J.K.: statistical design and data analysis. K.H.: study concept, design, and management, supervision of data collection, end control of the manuscript. All authors contributed to interpretation of data, drafting the article, and final approval of the version to be published.

References

- 1 Reinhardt UE: Does the aging of the population really drive the demand for health care? *Health affairs (Project Hope)* 2003;22:27–39.
- 2 Bickel H, Hendlmeier I, Heßler JB, Junge MN, Leonhardt-Achilles S, Weber J, Schäufele M: The Prevalence of Dementia and Cognitive Impairment in Hospitals. *Deutsches Arzteblatt international* 2018;115:733–740.
- 3 Vassallo M, Poynter L, Kwan J, Sharma JC, Allen SC: A prospective observational study of outcomes from rehabilitation of elderly patients with moderate to severe cognitive impairment. *Clinical rehabilitation* 2016;30:901–908.
- 4 Tarazona-Santabalbina FJ, Belenguer-Varea Á, Rovira Daudi E, Salcedo Mahiques E, Cuesta Peredó D, Doménech-Pascual JR, Gac Espínola H, Avellana Zaragoza JA: Severity of cognitive impairment as a prognostic factor for mortality and functional recovery of geriatric patients with hip fracture. *Geriatrics & gerontology international* 2015;15:289–295.
- 5 Hajek A, Brettschneider C, van den Bussche H, Kaduszkiewicz H, Oey A, Wiese B, Weyerer S, Werle J, Fuchs A, Pentzek M: Longitudinal analysis of outpatient physician visits in the oldest old: results of the AgeQualiDe prospective cohort study. *The journal of nutrition, health & aging* 2018;22:689–694.
- 6 Brettschneider C, Hajek A, Stein J, Luck T, Mamone S, Wiese B, Mösch E, Weeg D, Fuchs A, Pentzek M: Informelle Pflege bei Demenz nach Leistungsarten. *Der Nervenarzt* 2018;89:509–515.
- 7 Michalowsky B, Thyrian JR, Eichler T, Hertel J, Wucherer D, Flessa S, Hoffmann W: Economic Analysis of Formal Care, Informal Care, and Productivity Losses in Primary Care Patients who Screened Positive for Dementia in Germany. *Journal of Alzheimer's Disease* 2016;50:47–59. <https://content.iospress.com:443/download/journal-of-alzheimers-disease/jad150600?id=journal-of-alzheimers-disease%2Fjad150600>.
- 8 Forbes D, Forbes SC, Blake CM, Thiessen EJ, Forbes S: Exercise programs for people with dementia. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2015.

- 9 Hauer K, Ullrich P, Dutzi I, Beurskens R, Kern S, Bauer J, Schwenk M: Effects of Standardized Home Training in Patients with Cognitive Impairment following Geriatric Rehabilitation: A Randomized Controlled Pilot Study. *Gerontology* 2017;63:495–506.
- 10 Davis JC, Robertson MC, Ashe MC, Liu-Ambrose T, Khan KM, Marra CA: Does a home-based strength and balance programme in people aged or =80 years provide the best value for money to prevent falls? A systematic review of economic evaluations of falls prevention interventions. *British journal of sports medicine* 2010;44:80–89.
- 11 Farag I, Howard K, Hayes AJ, Ferreira ML, Lord SR, Close JT, Vogler C, Dean CM, Cumming RG, Sherrington C: Cost-effectiveness of a Home-Exercise Program Among Older People After Hospitalization. *Journal of the American Medical Directors Association* 2015;16:490–496.
- 12 Fairhall N, Sherrington C, Kurrle SE, Lord SR, Lockwood K, Howard K, Hayes A, Monaghan N, Langron C, Aggar C, Cameron ID: Economic evaluation of a multifactorial, interdisciplinary intervention versus usual care to reduce frailty in frail older people. *Journal of the American Medical Directors Association* 2015;16:41–48.
- 13 Williams NH, Roberts JL, Din NU, Totton N, Charles JM, Hawkes CA, Morrison V, Hoare Z, Williams M, Pritchard AW, Alexander S, Lemmey A, Woods RT, Sackley C, Logan P, Edwards RT, Wilkinson C: Fracture in the Elderly Multidisciplinary Rehabilitation (FEMuR): a phase II randomised feasibility study of a multidisciplinary rehabilitation package following hip fracture. *BMJ open* 2016;6:e012422.
- 14 Khan I, Petrou S, Khan K, Mistry D, Lall R, Sheehan B, Lamb S: Does Structured Exercise Improve Cognitive Impairment in People with Mild to Moderate Dementia? A Cost-Effectiveness Analysis from a Confirmatory Randomised Controlled Trial: The Dementia and Physical Activity (DAPA) Trial. *Pharmacoecon Open* 2019;3:215–227.
- 15 D'Amico F, Rehill A, Knapp M, Lowery D, Cerga-Pashoja A, Griffin M, Iliffe S, Warner J: Cost-effectiveness of exercise as a therapy for behavioural and psychological symptoms of dementia within the EVIDEM-E randomised controlled trial. *Int J Geriatr Psychiatry* 2016;31:656–665.

- 16 Ramsey SD, Willke RJ, Glick H, Reed SD, Augustovski F, Jonsson B, Briggs A, Sullivan SD: Cost-effectiveness analysis alongside clinical trials II-An ISPOR Good Research Practices Task Force report. *Value in health the journal of the International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research* 2015;18:161–172.
- 17 Drummond MF, Sculpher MJ, Torrance GW, O'Brien BJ, Stoddart GL: *Methods for the economic evaluation of health care programmes*, Oxford: Oxford university press, 2005.
- 18 Bongartz M, Kiss R, Ullrich P, Eckert T, Bauer J, Hauer K: Development of a home-based training program for post-ward geriatric rehabilitation patients with cognitive impairment: study protocol of a randomized-controlled trial. *BMC Geriatr* 2017;17:214.
- 19 Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF, Blazer DG, Scherr PA, Wallace RB: A Short Physical Performance Battery Assessing Lower Extremity Function: Association With Self-Reported Disability and Prediction of Mortality and Nursing Home Admission. *Journal of Gerontology* 1994;49:M85-M94.
- 20 EuroQol--a new facility for the measurement of health-related quality of life. *Health Policy* 1990;16:199–208.
- 21 Greiner W, Claes C, Busschbach JJV, Graf von der Schulenburg J-M: Validating the EQ-5D with time trade off for the German population. *Eur J Health Econ* 2005;6:124–130.
- 22 Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR: "Mini-mental state". *Journal of Psychiatric Research* 1975;12:189–198.
- 23 Seidl H, Bowles D, Bock J-O, Brettschneider C, Greiner W, König H-H, Holle R: FIMA--Fragebogen zur Erhebung von Gesundheitsleistungen im Alter: Entwicklung und Pilotstudie. *Gesundheitswesen* 2015;77:46–52.
- 24 Bock J-O, Brettschneider C, Seidl H, Bowles D, Holle R, Greiner W, König HH: Ermittlung standardisierter Bewertungssätze aus gesellschaftlicher Perspektive für die gesundheitsökonomische Evaluation. *Das Gesundheitswesen* 2015;77:53–61.
- 25 © Statistisches Bundesamt: Statistisches Bundesamt Deutschland - GENESIS-Online, © Statistisches Bundesamt (Destatis),, 2019. <https://www->

- genesis.destatis.de/genesis/online/logon?language=de&sequenz=tabelleErgebnis&selectionname=61111-0001&startjahr=1991 (accessed June 18, 2019).
- 26 Statistisches Bundesamt: Verbraucherpreisindex für Deutschland. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Verbraucherpreisindex/Publikationen/Downloads-Verbraucherpreise/verbraucherpreisindex-lange-reihen-pdf-5611103.html> (accessed January 28, 2020).
- 27 Entgelttabellen Öffentlicher Dienst 2015. <https://oeffentlicherdienst.info/c/t/rechner/tvoed/bund/a/2015?id=tvoed-bund-2015&matrix=1> (accessed June 18, 2019).
- 28 Manca A, Hawkins N, Sculpher MJ: Estimating mean QALYs in trial-based cost-effectiveness analysis: the importance of controlling for baseline utility. *Health Econ* 2005;14:487–496.
- 29 Rubin DB: Multiple Imputation for nonresponse in surveys. *Wiley series in probability and mathematical statistics Applied probability and statistics*. New York, NY, Wiley, 1987.
- 30 Perera S, Mody SH, Woodman RC, Studenski SA: Meaningful change and responsiveness in common physical performance measures in older adults. *J Am Geriatr Soc* 2006;54:743–749.
- 31 Briggs AH, O'Brien BJ, Blackhouse G: Thinking outside the box: recent advances in the analysis and presentation of uncertainty in cost-effectiveness studies. *Annu Rev Public Health* 2002;23:377–401.
- 32 Brand J, van Buuren S, Le Cessie S, van den Hout W: Combining multiple imputation and bootstrap in the analysis of cost-effectiveness trial data. *Stat Med* 2019;38:210–220.
- 33 Hoch JS, Briggs AH, Willan AR: Something old, something new, something borrowed, something blue: a framework for the marriage of health econometrics and cost-effectiveness analysis. *Health Econ* 2002;11:415–430.
- 34 Eckert T, Bongartz M, Ullrich P, Abel B, Christian W, Kiss R, Hauer K: Promoting physical activity in geriatric patients with cognitive impairment after discharge from ward-rehabilitation: a feasibility study. *Eur J Ageing* 2020;27:379.

- 35 Hickey A, Barker M, McGee H, O'Boyle C: Measuring health-related quality of life in older patient populations: a review of current approaches. *Pharmacoeconomics* 2005;23:971–993.
- 36 O'Hoski S, Bean JF, Ma J, So HY, Kuspinar A, Richardson J, Wald J, Beauchamp MK: Physical Function and Frailty for Predicting Adverse Outcomes in Older Primary Care Patients. *Archives of physical medicine and rehabilitation* DOI: 10.1016/j.apmr.2019.11.013.
- 37 Denking MD, Lukas A, Herbolzheimer F, Peter R, Nikolaus T: Physical activity and other health-related factors predict health care utilisation in older adults: the ActiFE Ulm study. *Z Gerontol Geriatr* 2012;45:290–297.
- 38 Ullrich P, Eckert T, Bongartz M, Werner C, Kiss R, Bauer JM, Hauer K: Life-space mobility in older persons with cognitive impairment after discharge from geriatric rehabilitation. *Arch Gerontol Geriatr* 2019;81:192–200.
- 39 Enders CK: Multiple imputation as a flexible tool for missing data handling in clinical research. *Behav Res Ther* 2017;98:4–18.
- 40 Heider D, Matschinger H, Müller H, Saum K-U, Quinzler R, Haefeli WE, Wild B, Lehnert T, Brenner H, König H-H: Health care costs in the elderly in Germany: an analysis applying Andersen's behavioral model of health care utilization. *BMC Health Serv Res* 2014;14:71.
- 41 Martin A, Meads D, Griffiths AW, Surr CA: How Should We Capture Health State Utility in Dementia? Comparisons of DEMQOL-Proxy-U and of Self- and Proxy-Completed EQ-5D-5L. *Value Health* 2019;22:1417–1426.

Figure Legends

- Fig. 1.** Flowchart of patient recruitment. Presented is the recruitment and randomization process (between 08/2015 and 04/2017) and the course of observation.
- Fig. 2.** Cost-Effectiveness Acceptability Curves (CEAC) for improvement of physical performance among the total sample (solid line), complete-case analysis (dotted line) and analysis without outliers (grey line).
- Fig. 3.** Cost-Effectiveness Acceptability Curves (CEAC) for quality-adjusted life years (QALYs) among the total sample (solid line), complete-case analysis (dotted line) and analysis without outliers (grey line).

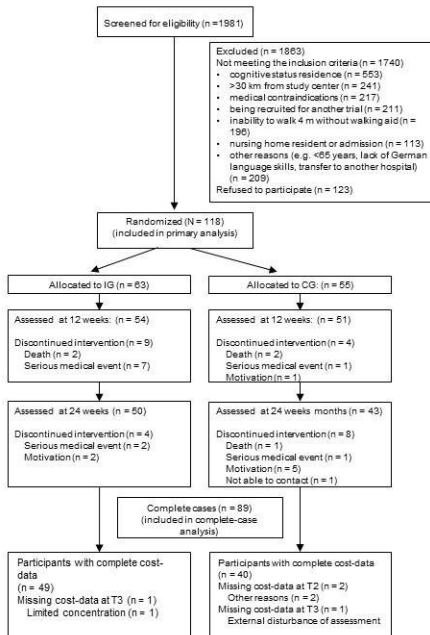


Table 1. Sample characteristics at baseline (N = 118)

	IG, n = 63	CG, n = 55
Sociodemographic Variables		
Age in years, mean (SD)	82.2 (5.8)	82.4 (6.2)
Females, n (%)	48 (76)	42 (76)
Living alone, n (%)	35 (56)	25 (46)
Educational level, n (%)		
High	12 (19)	10 (18)
Middle	30 (48)	29 (53)
High	21 (33)	16 (29)
Care Level, n yes (%)	20 (37) ^a	27 (53) ^b
Clinical Parameters		
Number of diseases, mean (SD)	11.3 (3.6)	11.4 (5.3)
Number of medications, mean (SD)	9.4 (3.5)	9.6 (3.9)
Falls within previous year, n (%)		
non-faller	18 (29)	21 (38)
faller (1 fall)	19 (30)	12 (22)
multiple faller (>2 falls)	26 (41)	22 (55)
Cognition		
MMSE score (0-30), mean (SD)	23.3 (2.7)	23.3 (2.1)
Physical function		
SPPB total score (0-12), mean (SD)	5.4 (2.1)	5.0 (2.4)
Health-related quality of life		
EQ-5D-3L index score (0-1), mean (SD)	0.64 (0.28)	0.64 (0.37)
EQ-5D-3L VAS score (0-100), mean (SD)	56.9 (17.2)	53.5 (14.0)
Health care service use costs, €, mean (SD)*	14,456 (10,284)	13,800 (11,695)

Presented are participants' characteristics at baseline including sociodemographic, clinical parameters, cognition, physical function, health-related quality of life and health care service use costs in intervention group and control group. Notes: ^a n = 54 with valid information about care level, ^b n=51 with valid information about care level; MMSE = Mini Mental State Examination, SPPB = Short Physical Performance Battery, EQ-5D VAS score = EQ-5D Visual Analogue Scale score, IG = Intervention Group, CG = Control Group, * health care service use costs before intervention start comprised a 3-month time horizon

Table 2. Resource use in intervention group (IG) and control group (CG) with respective cost units (week:0-24).

Cost category	Resource use				Cost units
	Number of users (%)	IG (n=63) Average Occasions per Participant, mean (SD)	Number of users (%)	CG (n=55) Average Occasions per Participant, mean (SD)	
Intervention delivery					
Travel	63 (100)	116.1 (80.3) km			0.30 € / km ^a
Home visits ^b	63 (100)	8.4 (1.8) hours	-		23.57 € / hour ^c
Phone calls	56 (89)	43.8 (27.9) minutes			23.57 € / hour ^c
Material	63 (100)	-			22.12 €/pedometer; 5€ / poster and manual
Healthcare service use					
Inpatient treatment	16 (25)	3.0 (6.6) days	13 (24)	4.8 (13.2) days	49.15 – 1408.62 € / day ^d
Outpatient medical treatment	51 (81)	10.1 (8.0) contacts	48 (87)	11.6 (9.9) contacts	21.12 - 82.22 € / contact ^d
Outpatient therapy	43 (68)	9.0 (10.0) contacts	42 (76)	14.2 (22.8) contacts	17.29 – 40.64 € / contact ^d
Assistive devices	32 (51)	1.0 (1.2)	11 (20)	0.7 (0.8)	54.23 – 1019.04 € / unit ^e
Inpatient care	3 (5)	1.6 (8.1) days	4 (7)	5.5 (25.4) days	48.60 – 74.55 € / day ^f
Outpatient Care ^g	37 (59)	49.6 (71.2) hours	41 (75)	53.4 (69.1) hours	0.29 - 0.51€ / minute ⁱ ; 5.01€ / contact
Informal care	49 (78)	116.2 (139.9) hours	52 (95)	251.6 (201.4) hours	18.49 € / hour

Notes: Resource use is based on original data. ^a. based on the German tax-deductible rate; ^b home visits include time spent during home visits, preparation time (10 minutes) and travel time; ^c including 28% of employee on-costs; ^d cost units erived from Bock et al. (2015); ^e. Assignment of cost units by Bock et al. (2015) according to the classification system of the statutory health insurance except for expenditures on dentures, which were based on cost units derived from a report of a statutory health insurance (Barmer Zahnreport); ^f based on weighted means of cost units accross care levels according to Bock et al. (2015); ^g including resource use of 24-hour assistance, cost unit for 24-hour assistance was derived from the average wage for “care of older adults” (coding Q821) as informal care; ⁱ services for assistance on basic activities of daily living are based on 0.51€ / minute, services for assistance on household were based on 0.29€ / minute.

Table 3. Effect of Intervention for main health-related outcomes

	IG, mean	CG, mean	Mean difference IG minus CG, adjusted for baseline value (95% CI)	<i>P</i>
<i>SPPB total score (0-12)</i>				
Week 0	5.4	5.0		
Week 12	6.7	4.9	1.8 (1.0 to 2.6)	<0.001
Week 24	5.9	4.6	1.3 (0.5 to 2.2)	0.003
<i>EQ-5D-3L index score (0-1)</i>				
Week 0	0.64	0.64		
Week 12	0.69	0.62	0.07 (-0.04 to 0.18)	0.203
Week 24	0.63	0.54	0.08 (-0.05 to 0.21)	0.218
<i>QALY (0-1)</i>				
0-24 weeks	0.30	0.26	0.04 (-0.02 to 0.05)	0.259

Presented are effects of intervention including mean difference between groups for health-related outcomes, adjusted for baseline values (T1). Abbreviations: SPPB = Short Physical Performance Battery, QALY = quality adjusted life year, CI = Confidence Interval, IG = Intervention Group, CG = Control Group.

Table 4. Comparison of intervention costs and aggregated health care service use costs (week: 0-24)

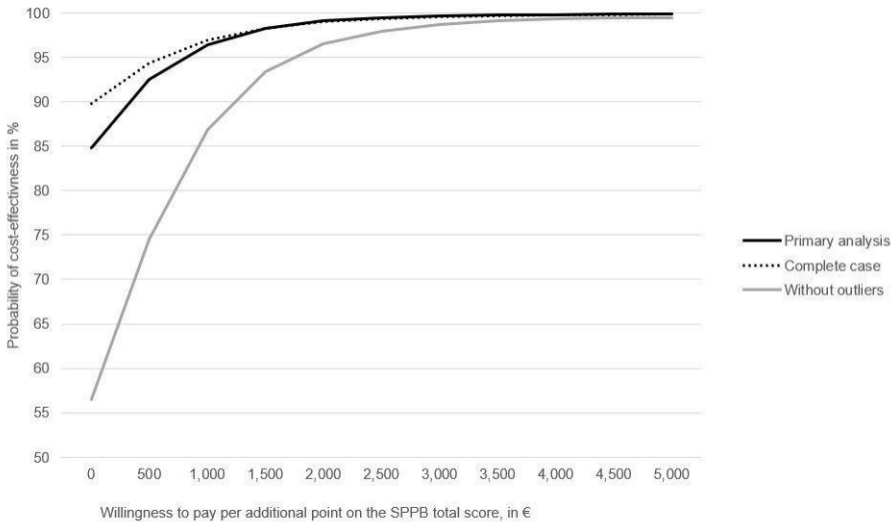
	IG, mean	CG, mean	Mean Difference, IG minusCG (95% CI)	<i>P</i>
Intervention Costs, €				
Travel Costs	34			
Home Visits	204			
Phone Costs	18	0.00	-	
Material Costs	27			
Total Intervention Costs	284			
Health Care Service Costs, €				
Inpatient Treatment	1,940	2,873	-932 (-2,854 to 989)	0.990
Outpatient Treatment	302	373	-71 (-192 to 50)	0.239
Outpatient Therapy	180	282	-103 (-354 to 149)	0.408
Assistive Devices	262	157	104 (-26 to 235)	0.111
Inpatient Care	108	186	-78 (-257 to 101)	0.860
Outpatient Care	2,332	2,325	7 (-1,073 to 1,086)	0.991
Informal Care	2,536	3,279	-743 (-2,264 to 777)	0.331
Total Health Care Service Costs	7,658	9,475	-1,817 (-4,729 to 1096)	0.213
Total Costs, €	7,942	9,475	-1,533 (-4,447 to 1381)	0.295

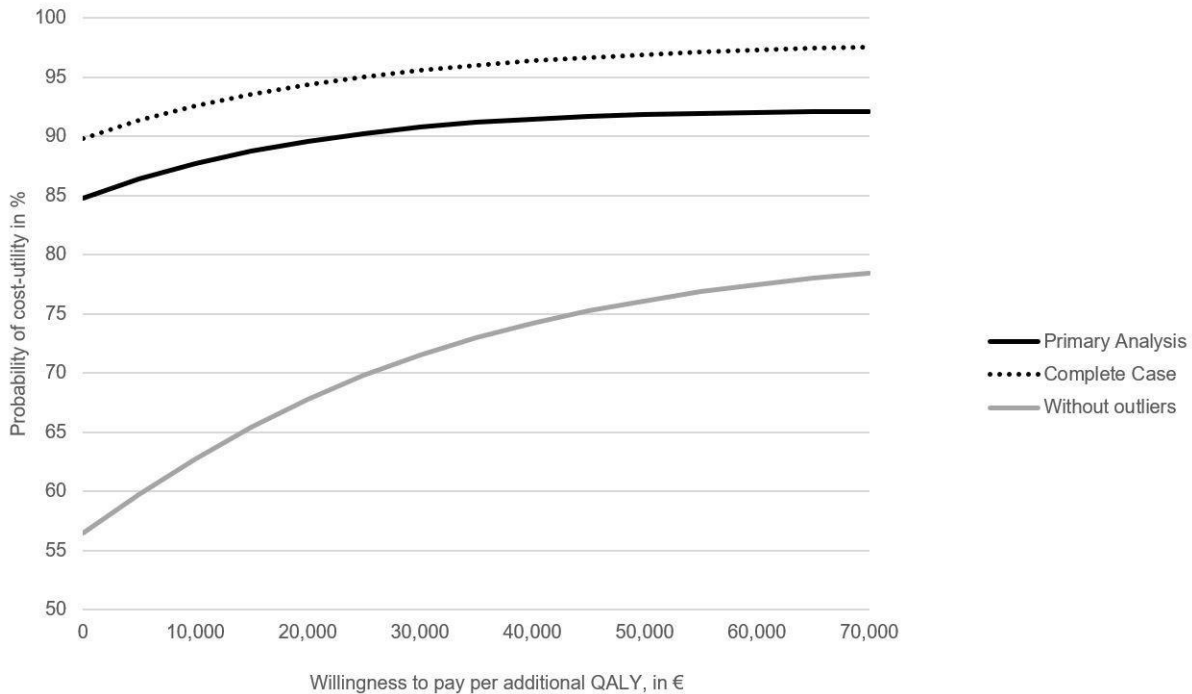
Presented is the comparisons of Intervention Costs and aggregated health care service use costs over 24 weeks between the intervention group and control group, using differences were tested by use of generalized linear modeling with a gamma distribution and log-link, unadjusted for baseline costs. Notes: CI = Confidence Interval, IG = Intervention Group, CG = Control Group

Table 5. Net monetary benefit (NMB) in IG and CG and incremental net monetary benefit of the exercise intervention (IG minus CG)

WTP threshold per additional SPPB value in €	Net monetary benefit (NMB)		Incremental NMB, IG minus CG, mean (95% CI)	<i>P</i>
	IG, mean, (95% CI)	CG, mean (95% CI)		
0	-7,941 (-9,999 to -5,883)	-9,476 (-11,650 to -7,302)	1,534 (-1,381 to 4,449)	0.305
500	-7,615 (-9,68 to -5,541)	-9,781 (-11,955 to -7,607)	2,165 (-767 to 5,097)	0.151
1,000	-7,289 (-9,425 to -5,153)	-10,087 (-12,310 to -7,864)	2,798 (-211 to 5,807)	0.071
2,000	-6,636 (-9,019 to -4,253)	-10,699 (-13,157 to -8,241)	4,063 (745 to 7,381)	0.018
3,000	-5,982 (-8,736 to -3,228)	-11,310 (-14,144 to -8,476)	5,328 (1,537 to 9,119)	0.007
5,000	-4,676 (-8,380 to -972)	-12,534 (-16,366 to -8,702)	7,858 (2,829 to 2,887)	0.003
WTP threshold per additional QALY in €	Net monetary benefit (NMB)		Incremental NMB, IG minus CG, mean (95% CI)	<i>P</i>
	IG, mean (95% CI)	CG, mean (95% CI)		
0	-7,942 (-10,000 to -5,884)	-9,475 (-11,649 to -7,301)	1,533 (-1,382 to 4,448)	0.305
2,000	-7,280 (-9,350 to -5,210)	-8,866 (-11,053 to -6,679)	1,586 (-1,344,2 to 4,516)	0.291
5,000	-6,288 (-8,377 to -4,199)	-7,953 (-10,164 to -5,742)	1,666 (-1,296 to 4,628)	0.273
10,000	-4,633 (-6,767 to -2,499)	-6,432 (-8,690 to -4,174)	1,798 (-1,226 to 4,822)	0.246
20,000	-1,325 (-3,579 to 929)	-3,388 (-5,773 to -1,003)	2,063 (-1,132 to 5,258)	0.208
30,000	1,984 (-425 – 4,393)	-345 (-2,897 to 2,207)	2,328 (-1,092 to 5,748)	0.185
50,000	8,601 (5,796 to 11,406)	5,742 (2,775 – 8,709)	2,859 (-1,134 to 6,852)	0.163

Presented are NMB values for IG and CG and incremental NMB, expressed as the difference of NMB values between IG and CG. NMB values and CI are based on linear regression models, *P*-value is based on a generalized linear model with Gamma distribution and log-link. Notes: QALY = quality adjusted life year, SPPB = Short Physical Performance Battery, WTP = willingness to pay, CI = Confidence Interval





Anhang B – Zusätzliche Analysen

Manuskript V – Tabellen Kosteneffektivität und Kosten-Nutz-Wert

Tabelle 1: Übersicht zu p -Werten und Wahrscheinlichkeitskoeffizienten für den Kosten-Nutz-Wert in Relation zu Zahlungsbereitschaft pro Punkt auf Short Physical Performance Battery (SPPB) für primäre Analysen und zusätzliche Sensitivitätsanalysen (Studien-Completer, ohne Ausreißer, kognitiver Status mit Mini-Mental-State Examination [MMSE] – Gesamtwert).

Zahlungsbereitschaft pro Punkt SPPB, in €	P value				Wahrscheinlichkeit in %			
	Primäre Analysen	Studien- Completer	ohne Ausreißer	MMSE ≤ 24	Primäre Analysen	Studien- Completer	ohne Ausreißer	MMSE ≤ 24
0	0.30	0.20	0.87	0.35	85%	90%	56%	82%
500	0.15	0.11	0.51	0.24	92%	94%	75%	88%
1.000	0.07	0.06	0.26	0.17	96%	97%	87%	92%
1.500	0.03	0.03	0.13	0.12	98%	98%	93%	94%
2.000	0.02	0.02	0.07	0.08	99%	99%	97%	96%
2.500	0.01	0.01	0.04	0.06	99%	99%	98%	97%
3.000	0.01	0.01	0.03	0.05	100%	100%	99%	97%
3.500	0.01	0.01	0.02	0.04	100%	100%	99%	98%
4.000	0.00	0.00	0.01	0.04	100%	100%	99%	98%
4.500	0.00	0.00	0.01	0.03	100%	100%	99%	98%
5.000	0.00	0.00	0.01	0.03	100%	100%	100%	98%

Tabelle 2: Übersicht zu *p*-Werten und Wahrscheinlichkeitskoeffizienten für den Kosten-Nutz-Wert in Relation zu Zahlungsbereitschaft pro QALY für primäre Analysen und zusätzliche Sensitivitätsanalysen (Studien-Completer, ohne Ausreißer, kognitiver Status mit Mini-Mental-State Examination [MMSE] – Gesamtwert ≤ 24)

Zahlungsbereitschaft pro QALY, in €	<i>P</i> -Wert				Wahrscheinlichkeit in %			
	Primäre Analysen	Studien- Completer	ohne Ausreißer	MMSE ≤ 24	Primäre Analysen	Studien- Completer	ohne Ausreißer	MMSE ≤ 24
0	0.30	0.20	0.87	0.36	85%	90%	56%	82%
5.000	0.27	0.17	0.81	0.34	86%	91%	60%	83%
10.000	0.25	0.15	0.75	0.32	88%	93%	63%	84%
15.000	0.23	0.13	0.69	0.31	89%	94%	65%	85%
20.000	0.21	0.11	0.65	0.30	90%	94%	68%	85%
25.000	0.20	0.10	0.60	0.29	90%	95%	70%	85%
30.000	0.18	0.09	0.57	0.29	91%	96%	72%	86%
35.000	0.18	0.08	0.54	0.28	91%	96%	73%	86%
40.000	0.17	0.07	0.52	0.28	91%	96%	74%	86%
45.000	0.17	0.07	0.50	0.28	92%	97%	75%	86%
50.000	0.16	0.06	0.48	0.28	92%	97%	76%	86%
55.000	0.16	0.06	0.46	0.28	92%	97%	77%	86%
60.000	0.16	0.05	0.45	0.28	92%	97%	77%	86%

Anhang C – Übersicht zum Beitrag der einzelnen Publikationen

Publikation	Aufgaben in den Projekten und bei Erstellung der Publikationen
Manuskript I	<ul style="list-style-type: none"> - Konzeption der Fragestellung - Datenanalyse - Interpretation der Ergebnisse - Erstellung des Manuskripts
Manuskript II	<ul style="list-style-type: none"> - Datenerhebung und -dokumentation - Beratende Funktion bei der Datenanalyse (Regressionsanalysen), Interpretation der Ergebnisse und Literaturrecherche - Kontrolle des Manuskripts
Manuskript III	<ul style="list-style-type: none"> - Beratende Funktion bei der Datenanalyse (Regressionsanalysen), Interpretation der Ergebnisse, Literaturrecherche - Kontrolle des Manuskripts
Manuskript IV	<ul style="list-style-type: none"> - Durchführung sowie Vor- und Nachbereitung des heimbasierten Trainings - Dokumentation der Trainingsdaten - Datenverarbeitung (z. B. Auswertung der Trainingstagebücher) und -analyse (z. B. Kalkulation von Adhärenzraten) - Konzeption der Fragestellung - Erstellung des Manuskripts
Manuskript V	<ul style="list-style-type: none"> - Durchführung sowie Vor- und Nachbereitung des heimbasierten Trainings - Dokumentation des interventionsbezogenen Ressourcenverbrauchs (Fahrzeiten, Hausbesuche) - Konzeption der Fragestellung - Datenverarbeitung (z. B. Umrechnung von Ressourcenverbrauch in monetäre Einheiten) und -analyse - Projektkoordination und -management in Kooperation mit der <i>Abteilung Allgemeinmedizin und Versorgungsforschung der Universitätskliniken Heidelberg</i> - Erstellung des Manuskripts