

---

**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  
*Evaluation der Methoden und Effekte eines motorisch-kognitiven Dual-  
Task Trainings bei Menschen mit leichter bis mittelgradiger Demenz -  
eine randomisierte kontrollierte Studie*

vorgelegt von  
Nele Christin Lemke

Jahr der Einreichung  
2018

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

---



# Inhaltsverzeichnis

I.	LISTE DER WISSENSCHAFTLICHEN VERÖFFENTLICHUNGEN ZUR PUBLIKATIONSBASIERTEN DISSERTATION .....	VI
II.	VORBEMERKUNG .....	VII
III.	INHALTLICHE KURZDARSTELLUNG UND ABSTRACT .....	XI
<b>1.</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Theoretischer Hintergrund Demenz.....</b>	<b>3</b>
2.1	Epidemiologie und Formen von Demenzen .....	3
2.2	Symptomatik und Diagnostik der Demenzen .....	5
2.3	Demenz und Motorik.....	8
2.3.1	<i>Zusammenhang von Motorik und Kognition .....</i>	<i>9</i>
2.3.2	<i>Motorische Defizite bei Demenz.....</i>	<i>9</i>
2.4	Der Einfluss körperlicher Aktivität auf Menschen mit Demenz .....	12
2.4.1	<i>Wirksamkeit körperlichen Trainings auf Motorik und Funktion.....</i>	<i>13</i>
2.4.2	<i>Einfluss körperlicher Aktivität auf die Psyche [Schrift 1 und 2] .....</i>	<i>15</i>
2.4.3	<i>Einfluss körperlicher Aktivität auf die Kognition [Schrift 3].....</i>	<i>19</i>
<b>3.</b>	<b>Motorisch-kognitive Leistungen bei Demenz .....</b>	<b>24</b>
3.1	Dual-Tasking bei Menschen mit Demenz .....	24
3.2	Modelle zur Erklärung der Dual-Task Kosten .....	26
3.3	Effektivität motorisch-kognitiven Dual-Task Trainings .....	27
3.4	Wirksamkeit motorisch-kognitiver Trainingsansätze auf aufmerksamkeitsabhängige Leistungen.....	28
<b>4.</b>	<b>Assessmentverfahren zur Erhebung motorisch-kognitiver Leistungen im Alter und bei Menschen mit Demenz .....</b>	<b>29</b>
4.1	Testverfahren zur Erhebung von Dual-Task Leistungen.....	31
4.2	Erhebung motorisch-kognitiver Leistungen durch interaktive Bewegungsspiele ( <i>exergames</i> ) .....	32
4.3	Testverfahren zur Erhebung von Transferleistungen (Sitzen-Stehen-Transfer) .....	34

<b>5. Ziele und Fragestellungen der Forschungsarbeit .....</b>	<b>35</b>
5.1 Fragestellungen und Ziele des primären Forschungsschwerpunktes .....	36
5.2 Fragestellungen und Ziele der sekundären Forschungsschwerpunkte .....	37
<b>6. Methodik.....</b>	<b>38</b>
6.1 Interventionsprogramm .....	38
6.1.1 <i>Gangbasiertes Dual-Task Training</i> .....	39
6.1.2 <i>Physiomat®-Training</i> .....	39
6.1.3 <i>Lernprogramm zur Verbesserung eines kompensatorischen STS-Transfers</i> .....	40
6.2 Messmethoden.....	41
6.2.1 <i>Messung der motorisch-kognitiven Dual-Task Leistung</i> .....	41
6.2.2 <i>Physiomat®-Assessment</i> .....	43
6.2.3 <i>Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers in People with Dementia (ACSID)</i> .....	45
<b>7. Evaluation der Methoden und Effekte eines motorisch-kognitiven Trainings bei Menschen mit Demenz .....</b>	<b>46</b>
7.1 Ergebnisse der primären Forschungsschwerpunkte .....	46
7.1.1 <i>Validierung motorisch-kognitiver Dual-Task Assessmentstrategien bei Menschen mit Demenz [Schrift 4]</i> .....	46
7.1.2 <i>Direkte und nachhaltige Effekte eines gangbasierten motorisch-kognitiven Dual-Task Trainings bei Menschen mit Demenz [Schrift 5]</i> .....	48
7.2 Ergebnisse der sekundären Forschungsschwerpunkte der Arbeit.....	50
7.2.1 <i>Validierung des computergestützten Physiomat®-Assessments [Schrift 6]</i> .....	50
7.2.2 <i>Effekte des Physiomat®-Trainings auf kognitiv-motorische Leistungen bei Menschen mit Demenz [Schrift 7]</i> .....	52
7.2.3 <i>Validierung des Beobachtungsinstrumentes ACSID zur Beurteilung des Sitzen-Stehen-Transfers bei Menschen mit Demenz [Schrift 8]</i> .....	54
7.2.4 <i>Effekte eines standardisierten kognitiv-motorischen Lernprogramms zur Verbesserung des Sitzen-Stehen-Transfers bei Menschen mit Demenz [Schrift 9]</i> .....	55
<b>8. Einordnung der Studienergebnisse in den Forschungszusammenhang .....</b>	<b>56</b>

<b>9. Schlussfolgerung und Ausblick .....</b>	<b>61</b>
LITERATURVERZEICHNIS.....	63
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	81
TABELLENVERZEICHNIS.....	81
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	82
CURRICULUM VITAE .....	83
WEITERE KONGRESSBEITRÄGE, LEHRTÄTIGKEITEN UND VORTRÄGE AUF FACHVERANSTALTUNGEN ....	85
DANKSAGUNG .....	88
ANHANG A: ERKLÄRUNG GEMÄß § 8 (1) C) UND D) DER PROMOTIONSORDNUNG DER FAKULTÄT FÜR VERHALTENS- UND EMPIRISCHE KULTURWISSENSCHAFTEN.....	90
ANHANG B: MANUSKRIPTE ZUR PUBLIKATIONSBASIERTEN DISSERTATION .....	92

## I. Liste der wissenschaftlichen Veröffentlichungen zur publikationsbasierten Dissertation

### I. Schrift

Gogulla S, **Lemke N**, & Hauer K (2012). Effekte körperlicher Aktivität und körperlichen Trainings auf den psychischen Status bei älteren Menschen mit und ohne kognitive Schädigung. *Z Gerontol Geriatr*, 45, 279-289. (geteilte Erst-Autorenschaft)

### II. Schrift

Gogulla S, **Lemke NC**, & Hauer K (2014). Effekte eines körperlichen Trainings bei älteren Menschen und bei Menschen mit Demenz auf die Psyche. In: Therapie bei Demenz – Körperliches Training bei Menschen mit Demenz, Baden-Württemberg Stiftung gGmbH (Hrsg.), Stuttgart, 126-168.

### III. Schrift

**Lemke NC**, Gogulla S, & Hauer K (2014). Effekte körperlicher Aktivität auf die Kognition im Alter und bei Demenz. In: Therapie bei Demenz – Körperliches Training bei Menschen mit Demenz, Baden-Württemberg Stiftung gGmbH (Hrsg.), Stuttgart, 98-123.

### IV. Schrift

**Lemke NC**, Wiloth S, Werner C, & Hauer K (2017). Validity, test-retest reliability, sensitivity to change and feasibility of motor-cognitive dual task assessments in patients with dementia. *Arch Gerontol Geriatr*, 70, 169-179.

### V. Schrift

**Lemke NC**, Werner C, Wiloth S, Oster P, Bauer J, & Hauer K (submitted). Transferability and Sustainability of Motor-Cognitive Dual-Task Training in Patients with Dementia: A Randomized Controlled Trial. *Submitted in Gerontology am 22.12.2017*.

### VI. Schrift

Wiloth S, **Lemke N**, Werner C, & Hauer K (2016). Validation of a computerized, game-based assessment strategy to measure training effects on motor-cognitive functions in people with dementia. *JMIR Serious Games*, 4(2), e12.

### VII. Schrift

Wiloth S, Werner C, **Lemke NC**, Bauer J, & Hauer K (2017). Motor-cognitive effects of a computerized game-based training method in people with dementia: a randomized controlled trial. *Ag-ing Ment Health*, 6, 12. Doi: 10.1080/13607863.2017.1348472.

### VIII. Schrift

Werner C, Wiloth S, **Lemke NC**, Kronbach F, & Hauer K (2016). Development and Validation of a Novel Motor-Cognitive Assessment Strategy of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers in People With Dementia. *J Geriatr Phys Ther*, 00, 1-12. Doi: 10.1519/JPT.0000000000000116.

### VIII. Schrift

Werner C, Wiloth S, **Lemke NC**, Kronbach F, Jansen C-P, Oster P, Bauer JM, & Hauer K (2017). People with Dementia Can Learn Compensatory Movement Maneuvers for the Sit-to-Stand Task: A Randomized Controlled Trial. *J Alzheimers Dis*, 60, 107-120. Doi: 10.3233/JAD-170258.

## II. Vorbemerkung

Die vorliegende, kumulative Dissertation ist dem Schnittstellenbereich der Sportwissenschaften, der Gerontopsychiatrie und der Geriatrie (Altersmedizin) zuzuordnen. Die Publikationen (Buchkapitel, Veröffentlichungen in internationalen Fachjournals) wurden im Rahmen einer großen randomisierten, kontrollierten Interventionsstudie zum motorisch-kognitiven Training bei Menschen mit leichter bis mittelgradiger Demenz (Laufzeit 2011 – 2014) und daran angegliederten Studien zur Validierung von Assessmentstrategien zur Erfassung motorisch-kognitiver Leistungen verfasst. Die Durchführung der Studie erfolgte am AGAPLESION Bethanien Krankenhaus / Geriatriisches Zentrum am Klinikum der Universität Heidelberg unter Leitung von Prof. Dr. Klaus Hauer. Das Projekt wurde gefördert durch die Robert Bosch Stiftung, die Dietmar Hopp Stiftung und das Netzwerk AlternsfoRschung (NAR) an der Universität Heidelberg. Die Verfasserin der Arbeit war Mitglied des Graduiertenkollegs Demenz des NAR im Rahmen eines Stipendiums der Robert Bosch Stiftung (Oktober 2010 – Dezember 2014). Das Graduiertenkolleg Demenz zielte, unter der wissenschaftlichen Leitung von Prof. Dr. Andreas Kruse und Prof. Dr. Konrad Beyreuther, auf die interdisziplinäre Bearbeitung des Themas Demenz ab und leistete einen wichtigen Beitrag zur Einarbeitung von Wissensbeständen, die zu einem besseren Umgang mit Demenz, zu adäquaten, der Krankheit angepassten Therapieangeboten und Versorgungsstrukturen führen.

Derzeit existieren keine kausal wirksamen Therapieansätze, die eine Demenz heilen könnten. Trotz aufwendiger und kostenintensiver Forschung zeigen die verfügbaren medikamentösen Therapieprogramme nur einen geringen Wirkungsgrad auf die Minderung der Symptomatik. Vor diesem Hintergrund werden seit einigen Jahren nicht-pharmakologische Ansätze nach wissenschaftlichen Kriterien entwickelt und auf ihre Effektivität hin untersucht. Es zeigte sich, dass nicht-pharmakologische Therapien ein weites Wirkungsspektrum aufweisen und nachweislich die Kognition, das Verhalten, die Stimmung (z. B. Depression), das körperliche Wohlbefinden, die Alltagsaktivitäten und somit insgesamt die Lebensqualität von Menschen mit Demenz verbessern können [Olazarán et al. 2010].

Eine besondere Bedeutung kommt dabei, aufgrund positiver epidemiologischer Forschungsergebnisse über den Zusammenhang von körperlicher Aktivität und einem verminderten Demenzrisiko, dem Bereich der Bewegung und körperlichen Trainings zu. Zu Beginn der Promotion galt es deshalb, sich einen Überblick über die Wirksamkeit von körperlicher Aktivität und körperlichem Training auf demenzielle Erkrankungen, zu verschaffen. Neben den bereits relativ gut untersuchten Effekten von körperlicher Aktivität und Training auf Mobilität, Kraft, Ausdauer und funktionelle Leistungen [z. B. Potter et al. 2011; Hauer et al. 2012; Pitkälä et al. 2013; Heyn et al. 2008; Blankevoort et al. 2010], zeigte sich, dass der Einfluss auf den psychischen und kognitiven Status noch unzureichend untersucht war. Vor diesem Hintergrund wurde in einem ersten Schritt eine

Übersichtsarbeit verfasst, die den Einfluss von körperlicher Aktivität und körperlichem Training auf den psychischen Status zusammenfasste [*Schrift 1*]. Dabei standen die mit Demenz eng in Verbindung stehenden psychischen Störungen der Depression und der Sturzangst im Fokus. Die Verfasserin der vorliegenden Arbeit war gleichberechtigt mit einer weiteren Doktorandin an der Literaturanalyse und Erstellung der Übersichtsarbeit beteiligt (geteilte Erst-Autorenschaft). Dabei übernahm Frau Nele Lemke federführend die Analyse, Auswertung und Zusammenfassung der Ergebnisse zum Thema Sturzangst, Frau Stefanie Wiloth (geb. Gogulla) zum Thema Depression. Um die wissenschaftlichen Erkenntnisse der Übersichtsarbeit in die Praxis zu implementieren und damit einem breiten Lesepublikum zur Verfügung zugänglich zu machen, erstellte die Verfasserin der Arbeit gemeinsam mit den Kollegen und Kolleginnen der Forschungsabteilung des AGAPLESION Bethanien Krankenhauses das Buch „Therapie bei Demenz – Körperliches Training bei Menschen mit Demenz“ (veröffentlicht in der Schriftenreihe der Baden-Württemberg Stiftung). Frau Lemke war innerhalb des Buchprojekts für das Kapitel „Effekte eines körperlichen Trainings bei älteren Menschen und bei Menschen mit Demenz auf die Psyche“ [*Schrift 2*] als Co-Autorin und in dem Kapitel „Effekte körperlicher Aktivität auf die Kognition im Alter und bei Demenz“ [*Schrift 3*] als Erstautorin verantwortlich.

Die, der Dissertation zugrunde liegende, randomisierte kontrollierte Interventionsstudie zur Verbesserung motorisch-kognitiver Funktionen bei Menschen mit Demenz, baut auf dem demenzspezifischen körperlichen Trainingsansatz von [Schwenk und Kollegen \[2008, 2010\]](#) auf und zielt auf dessen Weiterentwicklung ab. Die Forschungsstudie enthält drei zentrale Bausteine, die sich darauf fokussieren, motorisch-kognitive Funktionen von Menschen mit leichter bis mittelgradiger Demenz zu verbessern:

- Training von motorisch-kognitiven Komplexeleistungen (gangbasiertes Dual-Task Training)
- Training eines standardisierten Lernprogramms zur Verbesserung eines kompensatorischen Bewegungsmanövers beim Sitzen-Stehen-Transfer
- Ein computergestütztes Training zur Verbesserung der motorisch-kognitiven Funktionen mit dem spiele-basierten Trainingsgerät Physiomat®

Die Verfasserin der Arbeit war gemeinsam mit zwei weiteren Doktoranden (Frau Stefanie Wiloth, Herrn Christian Werner) jeweils für die Evaluation eines Bausteins hauptverantwortlich. Frau Stefanie Wiloth war dabei für die Überprüfung des computergestützten Trainings zur Verbesserung der motorisch-kognitiven Funktionen (Training mit dem spiele-basierten Physiomat®) zuständig. Herr Christian Werner untersuchte das standardisierte motorische Lernprogramm zur Verbesserung des Sitzen-Stehen-Transfers. Der Verfasserin der vorliegenden Arbeit kam die Evaluation des Trainings der Mehrfachhandlungen (Dual-Task Leistungen) zu, die auch den Schwer-



punkt der Dissertation darstellt. Theoretische Hintergründe, die in der Arbeit beschrieben werden, beruhen daher überwiegend auf der Thematik der Dual-Task Leistungen bei Menschen mit Demenz.

Da zum Zeitpunkt der Studiendurchführung keine validen Assessmentstrategien zur Erfassung der Trainingsinhalte für Menschen mit Demenz vorlagen, mussten für die Evaluation des Trainings spezifische Testverfahren entwickelt und validiert werden, um die Trainingseffekte abbilden zu können. Frau Lemke übernahm dabei die Literaturrecherche zu bestehenden Erhebungsmethoden von Dual-Task Leistungen bei älteren Menschen und war bei der Konzeptionierung sowie Pilotierung der Testverfahren zur Erfassung von motorisch-kognitiven Mehrfachhandlungen (Dual-Task- und Physiomat®-Assessment) beteiligt. Herr Christian Werner war mitverantwortlich für die Entwicklung und Pilotierung des Beobachtungsinstruments zur quantitativen Bestimmung des Sitzen-Stehen Transfers.

Frau Nele Lemke war maßgeblich in die Konzeptionierung und Erstellung des Messprotokolls involviert. Aufgrund des geblindeten Studiendesigns übernahm ausschließlich die Verfasserin der vorliegenden Arbeit die Datenerfassung aller Trainingsinhalte sowie die Dokumentation und Einpflege der erhobenen Daten. Ziel der Studie war die Untersuchung der Trainingsbausteine hinsichtlich ihrer Messmethoden und Wirksamkeit, die der jeweils hauptverantwortliche Doktorand durchführte. Frau Lemke untersuchte dabei die Validierung des motorisch-kognitiven Dual-Task Assessments sowie die anschließende Überprüfung der Effekte eines spezifischen motorisch-kognitiven Trainings auf trainierte und untrainierte Dual-Task Leistungen. Den maßgeblichen Beitrag von Frau Nele Lemke im Gesamtprojekt stellte somit die zugrundeliegende Analyse des aktuellen Forschungsstandes, die statistische Datendokumentation und –analyse, die Interpretation der Studienergebnisse und die daraus folgende Erstellung der Manuskripte in Erst-Autorenschaft zur Validierung des Dual-Task Assessment [*Schrift 4*] sowie der Überprüfung der Effekte [*Schrift 5*] dar. Innerhalb der weiteren Untersuchungen zur Validierung des computergestützten Physiomat®-Assessments [*Schrift 6*], der Effekte des computergestützten Spiele-basierten Physiomats® [*Schrift 7*], der Validierung eines kognitiv-motorischen Assessmentverfahrens zur Beurteilung des Sitzen-Stehen-Transfers [*Schrift 8*] sowie den Effekten des motorischen Lernprogramms auf den Sitzen-Stehen Transfer bei Menschen mit Demenz [*Schrift 9*] war Frau Nele Lemke als Co-Autorin unterstützend bei der Erstellung und finalen Bearbeitung der Manuskripte beteiligt. Die hohe Qualität der Studienergebnisse und der Dissertationsarbeit zeigt sich darin, dass, mit Ausnahme der Buchkapitel, alle Manuskripte in internationalen Journals mit einem Peer-Review-Verfahren veröffentlicht wurden bzw. eingereicht sind. Die Ergebnisse zur Validierung von Dual-Task Assessmentverfahren bei Menschen mit Demenz, sowie erste Ergebnisse zur Effektivität des spezifischen Dual-Task Trainings wurden durch die Teilnahme an wissenschaftlichen Kongressen

einem breiten Fachpublikum vor- und zur Diskussion gestellt. Eine besondere Bedeutung kommt der Übersetzung von wissenschaftlichen Erkenntnissen in ein praxisbezogenes Umfeld zu. Um diesen Wissenschafts-Praxis-Transfer zu befördern, war Frau Nele Lemke über die gesamte Laufzeit des Projekts als Referentin zum Thema „Körperliche Aktivität und körperliches Training bei Menschen mit Demenz“ innerhalb von Fort- und Weiterbildungsseminare für anerkannte Institutionen tätig (► Weitere Kongressbeiträge, Lehrtätigkeiten und Vorträge auf Fachveranstaltungen). Die Zielgruppe der Fortbildungsangebote war breit gefächert und umfasste neben Pflegekräften, Sport- und Gymnastiklehrern, Physio- und Ergotherapeuten auch Mitarbeitende eines Ministeriums.

### ***Anmerkung***

---

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Dissertationsschrift bei Personenbezeichnungen ausschließlich Ausdrucksformen des männlichen Geschlechts, wie Patient oder Studienteilnehmer, verwendet. Die Angaben beziehen sich selbstverständlich immer auf beide Geschlechter.

### III. Inhaltliche Kurzdarstellung und Abstract

Derzeit existieren keine kausal wirksamen Therapieansätze, die eine Demenz heilen können. Aufgrund des geringen Wirkungsgrads medikamentöser Therapien, rücken nicht-pharmakologische Ansätze in den Fokus des Forschungsinteresses. Dabei zeigt sich insbesondere die körperliche Aktivität als vielversprechender Ansatz, um demenzspezifische Symptome positiv zu beeinflussen. Vor diesem Hintergrund war es ein erstes Ziel der vorliegenden Dissertationsarbeit, einen Überblick des aktuellen Forschungsstandes zum Einfluss körperlicher Aktivität und körperlichen Trainings auf Menschen mit Demenz zu erhalten, wobei die bisher wenig untersuchten Bereiche des psychischen Status (insbesondere Depressionen und Sturzangst) und der kognitive Status im Fokus standen. *Schrift 1*, in Form einer Übersichtsarbeit sowie *Schrift 2 und 3*, in Form von detaillierten Buchbeiträgen, zeigen, dass Menschen mit Demenz in hohem Maße von körperlicher Aktivität profitieren können. Allerdings ist die Evidenzlage aufgrund der geringen Anzahl qualitativ hochwertiger randomisierter, kontrollierter Studien, die kausale Wirkmechanismen des Trainings auf Depressionen, Sturzangst und die kognitiven Leistungen nachweisen könnten, bei Menschen mit Demenz limitiert. Im Hinblick auf die Reduktion kognitiver Defizite stellen motorisch-kognitive Trainingsansätze eine vielversprechende Interventionsstrategie zum Erhalt und Verbesserung der aufmerksamkeitsabhängigen Dual-Task Leistungen (Doppelaufgaben) dar, die bei einer Demenz bereits im frühen Stadium erhebliche Defizite aufweisen und direkte Auswirkungen auf die mobilitätsabhängige Selbstständigkeit haben. Übergeordnetes Thema der vorliegenden Arbeit war daher die Weiterentwicklung und Evaluierung eines demenzspezifischen, motorisch-kognitiven Trainingsansatzes bei Menschen mit leichter bis mittelgradiger Demenz, wobei der Schwerpunkt der Dissertation auf den motorisch-kognitiven Dual-Task Leistungen lag.

Zur Überprüfung der motorisch-kognitiven Trainingsinhalte werden spezifische Assessmentverfahren benötigt. Auch wenn teilweise geeignete Testverfahren zur Erfassung dieser kombinierten motorischen und kognitiven Leistungen vorliegen, sind diese hinsichtlich ihrer psychometrischen Testgütekriterien nur unzureichend oder nicht für Menschen mit Demenz untersucht. Zudem bedarf es der Entwicklung neuartiger, motorisch-kognitiver Assessmentverfahren, um die Vielzahl motorisch-kognitiver Leistungen abbilden zu können. Vor diesem Hintergrund wurden im ersten Teilprojekt der vorliegenden Forschungsarbeit geeignete Assessmentverfahren für Menschen mit Demenz entwickelt und umfassend validiert, mit denen im zweiten Teilprojekt die Evaluation der Wirksamkeit der motorisch-kognitiven Trainingsbausteine erfolgte. *Schrift 4* umfasst die Validierung unterschiedlicher motorisch-kognitiver Testverfahren zur Erfassung der Dual-Task Leistung bei Menschen mit Demenz. Die Ergebnisse bestätigen moderate bis exzellente psychometrische Eigenschaften für die konvergente und Konstruktvalidität, die Test-Retest Reliabilität, die Veränderungssensitivität und die Durchführbarkeit. Die Validierungsergebnisse bestätigen damit die

Eignung der Dual-Task Testverfahren für den Einsatz als diagnostisches oder deskriptives Instrument zur Quantifizierung motorisch-kognitiver Leistungen genauso wie für die Anwendung als Studienendpunkt bei Interventionsstudien bei Menschen mit Demenz.

*Schrift 5* umfasst die Evaluation der Transfer- und Langzeiteffekte des motorisch-kognitiven Dual-Task Trainings. Die Interventionsgruppe zeigte signifikante Verbesserungen der trainierten Dual-Task Leistungen ( $p \leq 0.001-0.047$ ;  $\eta_p^2 = 0.044-0.249$ ). Signifikante Transfereffekte zeigten sich teilweise unter den semi-trainierten Dual-Task Bedingungen ( $p \leq 0.001-0.041$ ;  $\eta_p^2 = 0.049-0.150$ ), aber nicht bei den komplett untrainierten Dual-Tasks. Nach einer 3-monatigen Follow-up Phase zeigten sich signifikant erhaltene Effekte für die meisten der Outcomes unter der trainierten Dual-Tasks Anforderung ( $p \leq 0.001-0.038$ ;  $\eta_p^2 = 0.058-0.187$ ), aber nicht für die semi-trainierte Dual-Task Leistung. Insgesamt nahm mit ansteigender Distanz zwischen der trainierten und der untrainierten Dual-Task Anforderung die Übertragbarkeit der Trainingseffekte ab.

*Schrift 6* stellt die Validierungsergebnisse einer innovativen, computergestützten Assessmentstrategie dar, die direkt in das Bewegungsspiel Physiomat® zur Erfassung trainingsbezogener, motorisch-kognitiver Leistungen integriert wurde. Das Physiomat®-Assessment zeigt gute bis exzellente Testgütekriterien (Konstruktvalidität, Test-Retest Reliabilität, Veränderungssensitivität und Durchführbarkeit) bei Menschen mit Demenz und erfasst die motorisch-kognitiven Leistungen direkt während des Spielverlaufs.

*Schrift 7* umfasst die Überprüfung der Effekte des computergestützten, Spiele-basierten Physiomat®-Trainings auf motorisch-kognitive Leistungen, den Transfer der Trainingseffekte auf untrainierte Aufgaben sowie die Nachhaltigkeit der Trainingszugewinne bei Menschen mit Demenz. Das Physiomat®-Training erzielte in fast allen Komplexitätsniveaus eine signifikant Steigerung der Schnelligkeit und Genauigkeit innerhalb der trainierten ( $p \leq 0.001-0.047$ ,  $\eta_p^2 = 0.065-0.589$ ) und der untrainierten ( $p < 0.001-0.005$ ,  $\eta_p^2 = 0.073-0.459$ ) Physiomat®-Aufgaben sowie eine Zunahme an erfolgreich durchgeführten Aufgaben ( $p < 0.001$ ,  $\eta_p^2 = 0.184-0.211$ ). Der Trainingszugewinn blieb zum Teil auch nach dem Follow-up erhalten.

*Schrift 8* stellt die Entwicklung eines Beobachtungsinstruments zur Erfassung qualitativer Aspekte eines kompensatorischen Sitzen-Stehen-Transfers unter Berücksichtigung motorischer und kognitiver Aspekte (*Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers in People With Dementia [ACSID]*) sowie seine Validierung dar. Die Ergebnisse weisen gute bis sehr gute psychometrische Eigenschaften (konkurrente Validität, Intra- und Interrater-Reliabilität, Veränderungssensitivität und Durchführbarkeit) auf und belegen dadurch die Eignung der Anwendbarkeit des ACSID bei Menschen mit Demenz im klinischen Kontext.

*Schrift 9* umfasst die Überprüfung, ob ein demenzspezifisches motorisches Lernprogramm Menschen mit Demenz befähigt, eine kompensatorische Sitzen-Stehen Transferstrategie (Sit-to-Stand

[STS]) zu erlernen, die häufig in der geriatrischen Rehabilitation genutzt wird, um die STS Fähigkeit der Patienten zu verbessern. Für die methodische Bewertung des Bewegungsablaufs wurde der ACSID angewendet. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Interventionsgruppe in allen ACSID-Scores gegenüber der Kontrollgruppe signifikant verbesserte ( $p < 0.001$ ). Die erlernten motorisch-kognitiven Fähigkeiten blieben auch während der Follow-up Phase für die meisten Outcomes erhalten.

Die Ergebnisse der vorliegenden Forschungsarbeit sind hochrelevant für den Einsatz geeigneter Assessmentverfahren zur Quantifizierung alltagsrelevanter, motorisch-kognitiver Leistungen sowie für die Konzipierung von Interventionsmaßnahmen zur Verbesserung motorisch-kognitiver Leistungen bei Menschen mit Demenz. Die Resultate bekräftigen sowohl die Notwendigkeit als auch den Nutzen, motorisch-kognitive Testverfahren in das bestehende geriatrische Assessment aufzunehmen sowie bestehende Rehabilitationsansätze dahingehend zu prüfen, die Inhalte um den Baustein des motorisch-kognitiven Trainings zu erweitern.

## Abstract

There is at present no cure for dementia. Due to the low efficiency of drug therapies research focusses on non-pharmacological approaches. It has been found that particularly physical activity might be a promising therapy approach to have a positive impact on dementia-specific symptoms. Therefore the initial aim of the doctoral thesis was to review the current research on the effectiveness of physical activity in people with dementia, focusing on psychological aspects (depression and fear of falling) and the cognitive status. *Manuscript 1* (in form of a mini-review) as well as *manuscript 2* and *3* (in form of detailed book chapters) demonstrated that physical activity and physical training might be highly beneficial for people with dementia. However, evidence on the effectiveness of physical training is limited due to a small number of high-quality studies (randomized, controlled trials [RCT]) that could verify a causal link between physical activity and symptoms such as fear of falling and depression or cognitive performances. With regard to the reduction of cognitive deficits, combined motor-cognitive training approaches seem to be a promising intervention strategy to maintain and improve attention-related dual-task performances which are already impaired at an early stage of dementia and show a direct impact on activities of daily living. Therefore, the aim of this paper-based doctoral thesis was the enhancement and evaluation of a dementia-specific, motor-cognitive training approach in people with mild to moderate-stage dementia whereat the main focus of the current dissertation was on the motor-cognitive dual-task performances.

There is a need of specific assessment methods to evaluate the motor-cognitive training concept. Even though there is a broad range of test methods which are possibly appropriate to measure training-related motor-cognitive performances, common assessment strategies in older adults are insufficiently or not at all evaluated for comprehensive psychometric quality especially lacking in people with dementia. Additionally, there is a need of innovative motor-cognitive assessment strategies to quantify the variety of motor-cognitive performances. Therefore, the first partial project of the present thesis included the development and comprehensive validation of appropriate motor-cognitive assessment methods in people with dementia by which, within the second partial project, the efficacy of the motor-cognitive training elements was evaluated.

*Manuscript 4* includes the validation of different motor-cognitive dual-task assessment methods in patients with dementia. Results showed moderate to excellent psychometric qualities for convergent and construct validity, test-retest reliability, sensitivity to change and feasibility. Validation results confirmed that the examined dual-task test are suitable as a diagnostic or descriptive tool for cognitive decline as well as study endpoints for intervention studies. *Manuscript 5* examines transfer effects and the sustainability of specific dual-task training in people with dementia. The intervention group significantly improved their dual-task performances in the trained condition ( $p$

$\leq 0.001-0.047$ ;  $\eta_p^2 = 0.044-0.249$ ). Significant transfer effects were partly found in the semi-trained dual-task condition ( $p \leq 0.001-0.041$ ;  $\eta_p^2 = 0.049-0.150$ ). No significant transfer effects were found in the untrained dual-task condition. Three months after training cessation, dual-task performance in the trained condition was still elevated for most of the outcomes ( $p \leq 0.001-0.038$ ;  $\eta_p^2 = 0.058-0.187$ ), but not for the semi-trained condition. With increasing distance between trained and untrained DTs, transferability of training effects decreased.

*Manuscript 6* presents validation results of an innovative computerized assessment strategy which is directly incorporated into the game-based training method Physiomat® assessing training-related, motor-cognitive abilities. Physiomat®-assessment demonstrated good to excellent psychometric properties (construct validity, test-retest reliability, sensitivity to change, and feasibility) in people with dementia and recorded motor-cognitive functions during game-play. *Manuscript 7* examined the effects of a computerized, game-based training on motor-cognitive performances, the transfer of training effects on untrained tasks, and the sustainability of training gains in people with dementia. Physiomat®-training significantly improved the duration and accuracy at almost all complexity levels of trained ( $p \leq 0.001-0.047$ ,  $\eta_p^2 = 0.065-0.589$ ) and untrained ( $p < 0.001-0.005$ ,  $\eta_p^2 = 0.073-0.459$ ) Physiomat®-tasks as well as for the Physiomat®-tasks score ( $p < 0.001$ ,  $\eta_p^2 = 0.184-0.211$ ). Training gains were partly sustained at follow-up. *Manuscript 8* includes the development and validation of an observation instrument assessing motor and cognitive aspects of a compensatory sit-to-stand maneuver (*Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers in People with Dementia* [ACSID]). Results proved good to excellent psychometric qualities for concurrent validity, inter- and intra-rater reliability, sensitivity to change, and feasibility, indicating that ACSID is an appropriate assessment method for the use in people with dementia in the clinical context. *Manuscript 9* addresses the determination whether a dementia-specific motor learning exercise program enables people with dementia to learn compensatory Sit-to-Stand (STS) maneuvers commonly taught in geriatric rehabilitation therapy to enhance patients' STS ability. Outcomes were scores of the ACSID. The intervention group significantly improved in all ACSID scores compared to the CG ( $p < 0.001$ ). Learning gains were sustained during follow-up for most outcomes.

Overall, results of the presented doctoral thesis are highly relevant for the use of appropriate assessment methods to quantify motor-cognitive performances and for designing specific intervention strategies to enhance motor-cognitive abilities in people with mild to moderate-stage dementia. Results support the immediate need as well as the benefit for including motor-cognitive assessment methods in the geriatric assessment and to verify existing rehabilitation approaches regarding to the extension by the training elements of motor-cognitive performances.

## 1. Einleitung

Weltweit zählen Demenzen zu den häufigsten Erkrankungen im höheren Alter (Mahlberg & Gutzmann 2005) und stellen dadurch eine zunehmende Herausforderung für die Daseinsfürsorge und die nationalen Gesundheitssysteme dar, die mit hohen finanziellen Belastungen verbunden sind (Bickel 2012; Reitz & Mayeux 2014; Winblad et al. 2016). In Deutschland leben derzeit etwa 1,6 Millionen Menschen mit einer Demenz (Deutsche Alzheimer Gesellschaft e.V. Selbsthilfe Demenz 2016). Aufgrund der demografischen Alterung wird erwartet, dass die Anzahl der Demenzen sowie der leichten kognitiven Beeinträchtigungen (*mild cognitive impairment* [MCI]) weiter ansteigt (WHO & Alzheimer's Disease International 2012) und sich bis zum Jahr 2050 auf etwa 3 Millionen fast verdoppelt (Bickel 2000, 2001). Durch den progredienten Verlauf der Erkrankung kommt es zu schwerwiegenden gesundheitlichen und psycho-sozialen Folgen für den betroffenen Menschen wie auch für sein gesamtes Umfeld. Neben kognitiven Leistungsverlusten, gehen vor allem psychische und motorisch-funktionelle Veränderungen mit dem Verlauf einer Demenz einher. Dabei stellen die zunehmende kognitive Verschlechterung, die Beeinträchtigung alltagsrelevanter Basisleistungen (Gehen oder von einem Stuhl aufstehen, z. B. Auyeung et al. 2008) und die erhöhte Sturzhäufigkeit (z. B. Campbell et al. 2005; Rösler et al. 2009) die Hauptursachen für den Verlust der Selbstständigkeit bei Menschen mit Demenz dar (van Halteren-van Tilborg et al. 2007). Bisher existieren allerdings keine kausal wirksamen Therapieansätze, die eine Demenz heilen könnten. Medikamentöse Therapien zeigen bislang nur eine geringe Wirksamkeit auf die Verzögerung des kognitiven Abbauprozesses und die Linderung der Symptomatik (Ballard et al. 2011).

Vor diesem Hintergrund rückten in den vergangenen Jahren die nicht-pharmakologischen Therapieansätze in den Fokus der Aufmerksamkeit. Eine besondere Bedeutung kommt dabei, aufgrund ermutigender epidemiologischer Untersuchungen, die einen positiven Zusammenhang von hoher körperlicher Aktivität mit einem verringerten Demenzrisiko zeigen konnten (z.B. Angevaren et al. 2007; Barnes et al. 2003; Middleton et al. 2008; Schuit et al. 2001; van Gelder et al. 2004; Weuve et al. 2004; Yaffe et al. 2001) dem Bereich der Bewegung und des körperlichen Trainings zu. Es zeigte sich, dass bewegungsbasierte Therapieansätze positive Effekte auf Kognition, Verhalten, Stimmung sowie Alltagsaktivitäten haben und in Folge auch die Lebensqualität von Menschen mit Demenz sowie deren Angehörigen deutlich verbessern können (z. B. Olazarán et al. 2010). Besonders dem Training motorisch-kognitiver Leistungen (Dual-Tasks) kommt dabei eine große Bedeutung zu. Bereits zu Beginn einer demenziellen Erkrankung sind die motorischen, aufmerksamkeitsabhängigen Leistungen beeinträchtigt (z. B. Perry & Hodges 1999; Schwenk et al. 2010), was einen negativen Einfluss auf die Ausführung alltagsrelevanter Leistungen, wie Gehen oder von einem Stuhl aufstehen, haben kann. Zudem sind Defizite in motorisch-kognitiven Dual-Task



Leistungen mit einem erhöhten Sturzrisiko verbunden und stellen dadurch wahrscheinlich das kausale Bindeglied für das höhere Sturzrisiko von Menschen mit Demenz dar (Lundin-Olsson et al. 1998). Daraus ergibt sich die dringende Forderung nach evidenzbasierten, demenzspezifischen, motorisch-kognitiven Trainingsansätzen. Einige Übersichtsarbeiten (z. B. Fritz et al. 2015; Law et al. 2014) unterstreichen die Wirksamkeit von kombinierten motorischen und kognitiven Trainingsansätzen auf den kognitiven und funktionellen Status von Menschen mit und ohne kognitive Beeinträchtigung. Allerdings ist die Evidenzlage aufgrund einer geringen Anzahl qualitativ hochwertiger Studien, die kausale Wirkmechanismen nachweisen könnten sowie einem Mangel an validierten Messmethoden zur Erhebung motorisch-kognitiven Leistungen bei Menschen mit Demenz stark limitiert. Dadurch war es bislang noch nicht möglich konkrete Trainingsempfehlungen für Menschen mit Demenz auszusprechen.

Vor diesem Hintergrund war das übergeordnete Ziel der Dissertationsarbeit die Weiterentwicklung eines demenzspezifischen, körperlichen Trainingsansatzes (vgl. Schwenk et al. 2008, 2010) hinsichtlich des Trainings motorisch-kognitiver Komplexleistungen. Dabei wurde der Trainingsbaustein, neben dem bereits bestehenden gangbasierten motorisch-kognitiven Dual Task Training, um die Inhalte eines standardisierten motorischen Lernprogramms zur Verbesserung des Sitzen-Stehen-Transfers (Sit-to-Stand [STS]), aufgrund des stark erhöhten Sturzrisikos bei dieser Transferbewegung bei Menschen mit Demenz (Rapp 2009) und um ein computergestütztes Bewegungsspiel (Physiomat®), zur Überprüfung der Steigerung trainingsbezogener, motorisch-kognitiver Leistungen, ergänzt. Alle Bausteine des motorisch-kognitiven Trainingsansatzes sind bislang noch unzureichend für Menschen mit Demenz untersucht, sind aber aufgrund ihrer Alltagsrelevanz von besonderer Bedeutung. Um die Wirksamkeit der Trainingsinhalte zu überprüfen, war ein weiteres Ziel der Arbeit die Entwicklung und umfassende Validierung motorisch-kognitiver Assessmentverfahren für Menschen mit leichter bis mittelgradiger Demenz, die bislang nicht oder nur mangelhaft untersucht wurden (► Kapitel 4).

Die Arbeit ist wie folgt gegliedert: Im folgenden Kapitel werden neben epidemiologischen, symptomatischen und diagnostischen Aspekten demenzieller Erkrankungen, im Besonderen auf den Zusammenhang von Motorik und Demenz eingegangen, wobei insbesondere demenzspezifische, motorische Defizite beleuchtet werden. Im Anschluss wird der aktuelle Stand der Forschung zum Einfluss von körperlicher Aktivität und körperlichen Trainings auf Motorik und Funktion, auf den psychischen Status und die Kognition dargestellt (*Schriften 1-3*). In Kapitel 3 wird vertiefend auf das Dual-Task Paradigma, dessen Bedeutung für den Alltag und die Trainierbarkeit motorisch-kognitiver Leistungen bei Menschen mit Demenz, anhand des bisherigen Forschungsstandes eingegangen. Nachfolgend werden geriatrische Assessmentverfahren sowie deren Limitierungen aufgezeigt, die der Erfassung motorisch-kognitiver Leistungen im Alter und bei Demenz dienen

(► Kapitel 4). Anschließend folgt die Formulierung der Ziele und Fragestellungen der Arbeit (► Kapitel 5), die übersichtshalber durch die Methodik der randomisierten, kontrollierten Studie, die für diese Dissertation Ausgangspunkt war, ergänzt werden (► Kapitel 6). Im weiteren Verlauf werden Zusammenfassungen der, für die publikationsbasierten Dissertation relevanten, Publikationen und Manuskripte dargestellt (► Kapitel 7), die die umfassende Validierung der spezifischen Messmethoden zur Erfassung motorisch-kognitiver Leistungen bei Menschen mit Demenz (*Schriften 4, 6, 8*) sowie die Evaluierung der Effektivität der einzelnen Trainingsbausteine (*Schriften 5, 7, 9*) beinhalten. Der Fokus liegt dabei auf den motorisch-kognitiven Assessmentstrategien zur Erfassung von Dual-Task Leistungen und auf den (Transfer-) Effekten des gangbasierten, motorisch-kognitiven Dual-Task Trainings bei Menschen mit Demenz. Abschließend werden die gewonnenen Studienergebnisse in den Forschungszusammenhang eingeordnet (► Kapitel 8) und ein Ausblick gegeben (► Kapitel 9).

## 2. Theoretischer Hintergrund Demenz

### 2.1 Epidemiologie und Formen von Demenzen

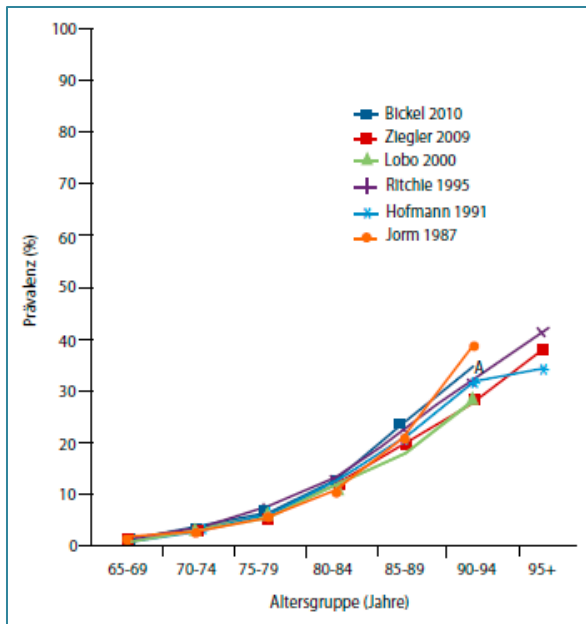
Demenzen sind weltweit die führende Ursache von Unselbstständigkeit und Behinderungen im höheren Alter (Sousa et al. 2010). Für das Jahr 2010 wurde die Anzahl an Menschen mit Demenz weltweit auf 35,6 Millionen geschätzt (WHO 2012). Die Zahl der Neuerkrankungen liegt etwa bei 7,7 Millionen pro Jahr (Werner et al. 2014). Prognosen zufolge wird sich die Anzahl der Menschen, die von einer Demenz betroffen sind, zwischen dem Jahr 2020 (42 Millionen) bis zum Jahr 2040 (81 Millionen) verdoppeln (Ferri et al. 2005). In Deutschland waren Ende des Jahres 2014 etwa 1,6 Millionen Menschen an einer Demenz erkrankt (Deutsche Alzheimer Gesellschaft e.V. Selbsthilfe Demenz 2016). Die Zahl der Neuerkrankungen beläuft sich hierzulande auf jährlich ca. 300.000. Vor dem Hintergrund des demografischen Wandels wird dadurch die Anzahl an Menschen mit Demenz in den kommenden Jahren weiter zunehmen, da die Prävalenz der Erkrankung mit dem Alter ansteigt (Zieschang & Bauer 2017) und sich bis zum Jahr 2050 auf rund 3 Millionen erhöhen (Bickel 2012a; Werner et al. 2014).

Studien hinsichtlich der Gesamtprävalenz der Demenz zeigten, dass große Unterschiede zwischen verschiedenen Ländern bestehen, die auf kulturelle und sozio-ökonomische Faktoren zurückzuführen sind (Suh & Shah 2001). Die Gesamtprävalenz von Demenzerkrankungen in der Bevölkerung der über 65-Jährigen in den westlichen Industrieländern wird auf 5 bis 9% geschätzt (Doblhammer 2012; EuroCoDe 2011; Förstl 2008; Weyerer & Bickel, 2007). Die Prävalenzrate der Demenzen ist maßgeblich altersabhängig und steigt mit zunehmendem Alter stark an (Doblhammer 2012, EuroCoDe 2011) Auf der Basis von Metaanalysen konnte dabei gezeigt werden, dass

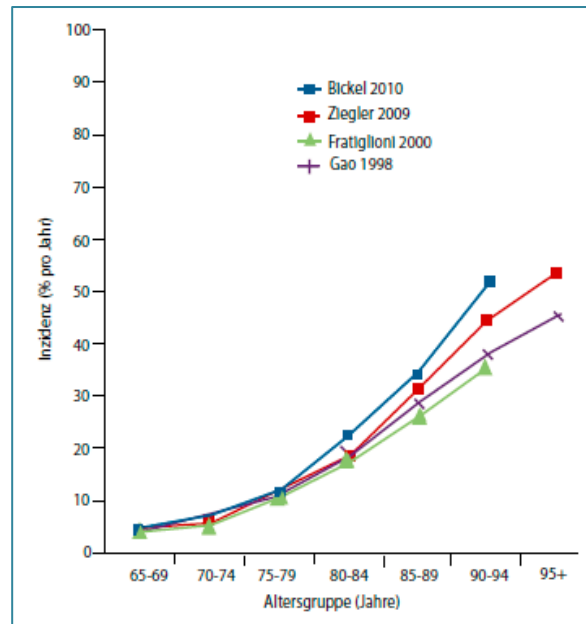
die altersspezifische Prävalenz von etwa 1 bis 1,6% bei der Altersgruppe der 65- bis 69-Jährigen auf Werte zwischen 30 bis 40% in der Altersgruppe der über 90-Jährigen ansteigt (► Abb. 1) (Bickel 2010; Busch 2011; Werner et al. 2014; Weyerer & Bickel 2007). Dabei zeigen Frauen in den hauptsächlich betroffenen hohen Altersgruppen eine deutlich höhere Wahrscheinlichkeit eine Demenz zu entwickeln (Weyerer 2005; WHO 2002). Eine mögliche Erklärung ist die höhere Lebenserwartung von Frauen in den höchsten Altersgruppen, in denen das Demenzrisiko deutlich zunimmt (Bickel 2012b; Rizzi et al. 2014) sowie die Fähigkeit länger mit der Erkrankung überleben zu können (Weyerer & Bickel 2007).

Die Inzidenz der Demenzen in der Bevölkerung der über 65-Jährigen in westlichen Nationen wird auf insgesamt 1,4 bis 2,4% pro Jahr geschätzt (Bickel 2000; Busch 2011; Gao 1998; Jorm & Jolley 1998). Dabei steigt, ähnlich wie bei der Prävalenzrate, die Inzidenzrate im Altersgang exponentiell, ausgehend von einem jährlichen Erkrankungsrisiko von etwa 0,4 bis 0,5% bei den 65- bis 69-Jährigen auf über 10% bei den über 90-Jährigen (► Abb. 2, Bickel 2010; Busch 2011; Werner et al. 2014; Weyerer & Bickel 2007; Ziegler & Doblhammer 2009). Davon ausgehend ist zu erwarten, dass bei der derzeitigen Lebenserwartung, etwa jede 2. bis 3. Frau sowie jeder 3. bis 4. Mann über 65 Jahren eine Demenz entwickelt (Werner et al. 2014).

Bei den Formen der Demenzen unterscheidet man nach ihrer Ätiologie zwischen primären Demenzen, die auf hirnorganische Schädigungen zurückzuführen sind (z. B. Morbus Alzheimer, vaskulär bedingte Demenzen wie Morbus Binswanger und Mischformen) und sekundären Demenzen, deren Auslöser nicht primär im Gehirn liegen (z. B. Mangelzustände [Vitamindefizit], psychischer Erkrankungen [z. B. Depressionen] oder ein Normaldruckhydrozephalus) (vertiefend: Deutsche Alzheimer Gesellschaft 2009; Gasser & Maetzler, 2012; Werner et al., 2014). Die häufigste Ursache einer Demenz ist mit 50 bis 75% die Alzheimer-Krankheit (*Alzheimer's Disease* [AD], Alzheimer Europe 2010; Dubios 2009), deren Anteil mit zunehmendem Alter gegenüber den anderen Demenzformen stärker ansteigt. Gefolgt wird die AD in den westlichen Industrieländern von der, durch Durchblutungsstörungen im Gehirn bedingten, vaskulären Demenz (15 bis 30%) (Gorelick 2011; Skoog 2004; Stevens 2002) und mit etwa 15 bis 25% der Lewy-Körperchen-assoziierten Demenz (McKeith 2005).



**Abbildung 1: Prävalenz demenzieller Erkrankungen (Busch 2011)**



**Abbildung 2: Inzidenz demenzieller Erkrankungen (Busch 2011)**

Abschließend sei an dieser Stelle allerdings auch darauf hingewiesen, dass aktuelle epidemiologische Studien (Langa et al. 2016; Matthews et al. 2013) darauf hindeuten, dass das altersbedingte Demenzrisiko im Laufe der letzten Jahrzehnte zurückgegangen ist. Ungeklärt ist aber, welche Faktoren diesen Rückgang ausgelöst haben. Mögliche Gründe könnten die höhere Bildung in der Bevölkerung und eine verbesserte Behandlung der kardiovaskulären Risikofaktoren sein (Zieschang & Bauer 2017).

## 2.2 Symptomatik und Diagnostik der Demenzen

Eine Demenz (lat. *dementia*: ohne Verstand, ohne Geist) ist ein psychiatrisches Syndrom, das laut der Definition nach ICD-10<sup>1</sup> als Folge einer meist chronischen oder progredient verlaufenden Krankheit des Gehirns auftritt. Demenzen sind gekennzeichnet durch Defizite in kognitiven Fähigkeiten und das Auftreten von psychischen und Verhaltenssymptomen (Cummings 1996; Savva 2009) sowie Verlusten der motorisch-funktionellen Leistungen (vertiefend ► Kapitel 2.3) (Njegovan 2001). Das Leitsymptom der Gedächtnisstörungen wird ferner von Beeinträchtigungen des Denkvermögens, der zeitlich-räumlichen Orientierung, der Lernfähigkeit, der Sprache, des Urteilsvermögens und der Exekutivfunktionen begleitet (Weyerer 2005). Neben den intellektuellen Defiziten treten häufig auch Veränderungen und Störungen in nicht-kognitiven Bereichen, wie der emotionalen Kontrolle, der Motivation oder dem Sozialverhalten auf (Förstl 2008; Weyerer 2005), die beispielsweise zu Apathie, Reizbarkeit und oftmals auftretenden psychischen Auffäl-

<sup>1</sup> ICD-10-WHO: Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 10. Revision, Version 2016

lichkeiten (z. B. Depressionen, Angst, Unruhe oder Schlafstörungen) führen (Aalten 2007, Hock 2000, Ivemeyer & Zerfaß 2005).

Für die Diagnose einer Demenz nach ICD-10 muss neben dem Verlust von Gedächtnisleistungen mindestens eine weitere kognitive Funktion beeinträchtigt sein (z. B. Orientierung oder Urteilsvermögen). Zur gleichen Zeit darf keine Bewusstseinstörung vorliegen, wodurch die Demenz von einem Delir abzugrenzen ist (Förstl et al. 2005). Zudem muss eine Einschränkung in den alltagspraktischen Fertigkeiten (*activities of daily living* [ADL]), wie beispielweise das Anziehen, das Essen oder die persönliche Hygiene, vorliegen (Förstl 2008; Weyerer 2005). Die charakteristische Symptomatik muss mindestens über einen Zeitraum von 6 Monaten bestehen (Förstl 2005; Weyerer 2005). Zur Diagnostik und ätiologischen Zuordnung einer Demenz gibt es einen zweistufigen Entscheidungsprozess, der in einem ersten Schritt das demenzielle Syndrom sichern soll, um in einem zweiten Schritt die zugrunde liegenden Ursachen zu ermitteln (z. B. ICD-10 Klassifikation der WHO 2006, ► Abb. 3).

Die erste Stufe „Identifikation des Demenzsyndroms“ umfasst folgende Maßnahmen:

**Eigen- und Fremdanamnese:** Besonderer Wert sollte hier auf die Fremdanamnese durch Angehörige oder andere Bezugspersonen gelegt werden (McGlone et al. 1990), da durch die kognitiven Defizite und das „Nicht-Wahrhaben-Wollen“ der Beeinträchtigung die Eigenanamnese nicht aussagekräftig oder fehlerhaft sein kann. Die Fremdanamnese erlaubt einen Vergleich des aktuellen Verhaltens- und Funktionsstatus mit der früheren Verfassung und eine Beurteilung der Progression Zeit (DGPPN & DGN 2010; Wallesch & Förstl 2012). Die Anamnese beinhaltet u.a. die Erfassung von Funktionsbeeinträchtigungen, der Entstehungsgeschichte, des Zusammenhangs mit vorbestehenden somatischen und psychischen Krankheiten und von Medikamenten.

**Psychopathologische Untersuchungen** sind unter besonderer Beachtung von Gedächtnis, Affektivität, psychotischen Symptomen, Antriebsstörungen und Orientierung zu erfassen und dienen der möglichst frühzeitigen Abgrenzung einer Demenz von psychischen Erkrankungen und Störungen, wie z. B. Depressionen, Delir oder Schizophrenie (Reding et al. 1985, Reifler et al 1986). Zudem werden innerhalb des psychopathologischen Befunds psychische Verhaltensänderungen erfasst, die häufig mit einer Demenz einhergehen und ausschlaggebend für die weitere Behandlung sind (DGPPN & DGN 2010).

**Kognitives Screening und neuropsychologische Untersuchung:** Standardisierte Tests können die kognitiven Hauptmerkmale demenzieller Erkrankungen feststellen. Dabei sind Screening-Instrumente von neuropsychologischen Diagnoseverfahren abzugrenzen. Screening-Instrumente (z. B. Mini-Mental-Status Test [MMST, Folstein et al. 1975], Demenz Detections Test [DemTect, Kessler et al. 2000], Test zur Früherkennung von Demenz mit Depressionsabgrenzung [TFDD, Ihl et al. 2000]) unterscheiden zwischen potentiell kognitiv eingeschränkten und gesunden Patienten

(Peterson et al. 2001, Stoppe et al. 2007) und sind keine neuropsychologischen Diagnoseinstrumente. Der im Rahmen dieser Arbeit angewendete Screening-Test MMST ist der meist benutzte Kurztest zur Beurteilung des Schweregrades einer kognitiven Beeinträchtigung im deutschsprachigen Raum. Der standardisierte Test prüft die Aufmerksamkeit, das Gedächtnis, die Orientierung, die Sprache, das Lesen, das Befolgen von Anweisungen, das Schreiben und die konstruktive Praxis. Bei einem MMST-Gesamtscore von 30 Punkten entsprechen <10 Punkte einer schweren, 10-19 Punkte einer mittelgradigen und 20-26 Punkte einer leichten kognitiven Beeinträchtigung (DGPP & DGN 2010). Zur weiteren klinischen Differentialdiagnostik müssen spezifische neuropsychologische Testverfahren, wie z. B. das *Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease* (CERAD, Morris et al. 1988), angewendet werden. Der CERAD gilt als valides und reliables neuropsychologisches Testverfahren (Morris et a. 1989, 1993). Die Testbatterie besteht aus acht Einzeltests (vgl. Aebi 2002), welche die Bereiche Gedächtnis, Sprache, Orientierung und konstruktive Praxis prüfen. Der CERAD plus ergänzt den CERAD um Tests der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit und der Exekutivfunktionen (Zahlenverbindungstest [ZVT, Oswald & Fleischmann 1995]) sowie der phonetischen Wortflüssigkeit (Isaacs & Kennie 1973).

Die zweite Stufe (Ätiologie des Demenzsyndroms) umfasst folgende Schritte:

**Ausführliche körperliche Untersuchung:** Die ausführliche internistische und neurologische Untersuchung (z. B. über Blutdruckmessung, Lungenfunktionsmessung, Elektrokardiogramm) gilt einerseits der Symptombestimmung, welche auf Krankheiten hindeuten, die als Primärursache für die Entwicklung einer Demenz gelten, andererseits dient sie der Erkennung möglicher sekundärer Ursachen einer demenziellen Erkrankung, die durch nicht-hirnorganische Schädigungen hervorgerufen werden (z. B. Multiple Sklerose oder Normaldruckhydrozephalus) (DGPP & DGN 2010, Hofmann et al. 2012).

**Laboruntersuchungen:** Weiterhin müssen laborchemische Blutparameter bestimmt werden, da diese mögliche reversible sekundäre Demenzen aufzeigen (z. B. Vergiftungen oder Stoffwechselerkrankungen) und somit von hoher klinischer Relevanz sind (DGPP & DGN 2010, Werner et al. 2014). Fakultativ wird eine Liquoruntersuchung empfohlen.

**Zerebrale Bildgebung:** Von entscheidender Relevanz für den Ausschluss anderer Erkrankungen, wie Tumoren oder einer subduralen Blutung, ist die Durchführung bildgebender Verfahren. Dabei zeigen Magnetresonanztomographien oder Computertomographien Strukturveränderungen des Gehirns auf, welche die Lokalisation und das Ausmaß von Atrophien darstellen.

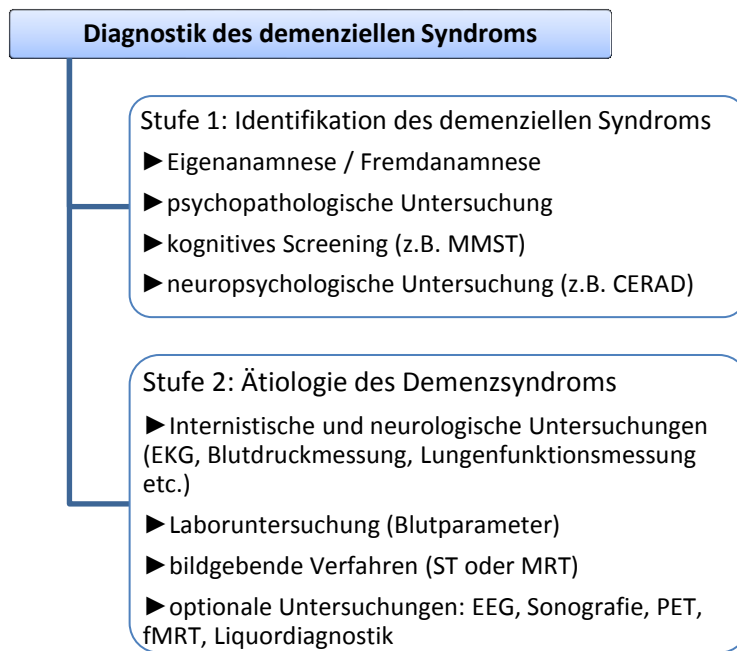


Abbildung 3: Diagnostische Verfahren bei demenziellen Erkrankungen (nach Werner et al. 2014)

### 2.3 Demenz und Motorik

Demenzen werden neben kognitiven Beeinträchtigungen und auftretenden Verhaltensauffälligkeiten von motorischen und funktionellen Leistungsverlusten geprägt (Njegovan et al. 2001; Tinetti et al. 1988, van Iersel et al. 2004). Der dadurch bedingte Selbstständigkeitsverlust hat negative Auswirkungen auf die mobilitätsabhängige Lebensqualität (Mhaoláin et al. 2012). Zudem weisen Menschen mit Demenz ein 2 bis 4-mal höheres Sturzrisiko im Vergleich zu Gleichaltrigen ohne kognitive Beeinträchtigungen auf (Eriksson et al. 2009; Hauer et al. 2003; Tinetti et al. 1988) und haben eine deutlich höhere Wahrscheinlichkeit, sich beim Stürzen schwer zu verletzen (Buchner & Larson 1987; Weyerer 2005) und infolge zu versterben (Shaw 2007).

Die Mobilität, die auf motorische und funktionelle Leistungen zurückzuführen ist, erwies sich als primärer Prädiktor für Beeinträchtigungen der ADLs, wie An-/Auskleiden, Medikamenteneinnahme oder Transferleistungen vom Liegen zum Sitzen zum Stehen, verglichen zu kognitiven Leistungen (Gedächtnis) (Perrig-Chiello et al. 2006). Verluste innerhalb dieser basalen ADLs stellen eine größere Belastung für das Umfeld des Betroffenen dar, als die kognitiven Beeinträchtigungen selbst (Boersma et al. 1999). Weiterhin sind Defizite der Motorik bei einer Demenz der häufigste Grund für Pflegebedürftigkeit und Institutionalisierung (Hampel et al. 2008, Leicht et al. 2011).

Vor dem Hintergrund der hohen klinischen Relevanz sind motorische Leistungen dringend in spezifischen Assessmentverfahren zur Erhebung des motorischen Status, wie auch in demenzspezifische Trainingsansätze zu verankern. Im Folgenden wird der gegenseitige Einfluss von Motorik

und Kognition genauer beleuchtet sowie auf die bereits ansatzweise beschriebenen motorischen Defizite bei demenziellen Erkrankungen detailliert eingegangen.

### 2.3.1 Zusammenhang von Motorik und Kognition

Epidemiologische Studien, die den Zusammenhang von Kognition und Motorik im Längs- und Querschnittsdesign untersuchten, zeigten eine positive Beziehung zwischen einem hohen körperlichen Aktivitätslevel und der kognitiven Leistungen (z. B. Angevaren et al. 2007; Barnes et al. 2003, 2007; Middleton et al. 2008; van Gelder et al. 2004; Verghese et al. 2003; Weuve et al. 2004; Yaffe et al. 2001) und einem geringeren Risiko im Alter demenzielle Veränderungen, v. a. eine AD, zu entwickeln (Abbott et al. 2004; Buchman et al. 2012; Larson et al. 2006; Laurin et al. 2001; Rovio et al. 2005; Scarmeas et al. 2011). Positive Assoziationen von körperlicher Aktivität und einer verbesserten Kognition konnten vor allem für die Bereiche des verbalen Gedächtnisses (Weuve et al. 2004), der exekutiven Funktionen (Barnes et al. 2008), der Aufmerksamkeit (Barnes et al. 2007) und globalen kognitiven Funktionen (Middleton et al. 2008; Weuve et al. 2004) bestätigt werden. Motorische Defizite sind Prädiktoren für den Verlust kognitiver Leistungen (Bridenbaugh & Kressig 2015; Marquis et al. 2002; Verghese et al. 2002a). Prospektive Studien belegten, dass ältere Menschen mit Gangdefiziten ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung kognitiver Störungen und Demenz (v. a. einer vaskulären Demenz) haben (Marquis et al. 2002; Verghese et al. 2007). Kognitive Beeinträchtigungen wiederum sind mit einer Verschlechterung des Gangbildes (Bridenbaugh & Kressig 2015; Ganz et al. 2007), einer erhöhten Sturzhäufigkeit (Montero-Odasso et al. 2009a) sowie allgemein mit einer Abnahme der motorisch-funktionellen Leistungen (Bridenbaugh 2015) assoziiert. Weiterhin konnten Zusammenhänge spezifischer kognitiver Funktionen (Exekutivfunktionen, Gedächtnis, Aufmerksamkeit) mit motorischen Leistungen nachweisen werden (Perry & Hodges 1999; Redfern et al. 2001; Teri et al. 1989). Besonders deutlich wird die Beziehung zwischen Motorik und Kognition bei den aufmerksamkeitsabhängigen, motorischen Leistungen (Dual-Tasks), auf die in Kapitel 3 ausführlicher eingegangen wird.

### 2.3.2 Motorische Defizite bei Demenz

Kognitive Abbauprozesse führen im Verlauf einer Demenz zu zunehmenden Verschlechterungen in den ADLs (Feldman et al. 2005; Gaugler et al. 2007; Perry & Hodges 2000). Im frühen Krankheitsstadium kommt es zu einem Rückgang der komplexeren, instrumentellen ADLs (*instrumental activities of daily living* [IADL], z. B. Medikamenteneinnahme, Geldhaushalt oder Einkaufen; Auyeung et al. 2008), die zum Teil auch außerhalb der Wohnräume durchgeführt werden und damit relevant den Aktionsradius einer Person mitbestimmen (Dapp 2008). Mit Progression der Demenz sind auch die einfacheren Basisleistungen des alltäglichen Lebens (BADLs, z. B. Kör-



perpflege, An-/Auskleiden, Sitzen-Stehen-Transfers, Geh- und Stehfähigkeit, Treppensteigen) betroffen (Förstl 2008; Njegovan et al. 2001; Zaudig et al. 2001). Die Beeinträchtigung der ADLs ist vor allem kognitiven Defiziten innerhalb der Bereiche zeitliche und räumliche Orientierung, semantisches Gedächtnis, Aufmerksamkeit und Exekutivfunktionen zuzuschreiben (Ble et al. 2005; Forte 2013; Perry & Hodges 1999; Redfern 2001; Teri 1989). Defizite der ADLs führen in Konsequenz zu einem stetigen Verlust der Selbstständigkeit (Iavarone et al. 2007) und stellen daraus folgend einen wichtigen Grund für Institutionalisierungen dar (Galasko et al. 2004; Gaugler et al. 2007). Der Rückgang der BADLs setzt vor allem im mittleren Stadium einer Demenz ein (Feldman et al. 2006), so dass es von besonderer Bedeutung ist, diese Leistungen zu erhalten und zu verbessern. Anhand des *International Classification of Functioning, Disability and Health Models* (Abb. 4, WHO 2001) können die Konsequenzen einer Demenz beschrieben werden, die vermeintlich zum Verlust der BADLs und zum Verlust der Selbstständigkeit führen. Dabei hat die demenzielle Erkrankung (*health condition*) einen negativen Einfluss auf die Mobilität, die Ausdauer, die Kraft der unteren Extremitäten und die Gleichgewichtsfähigkeit (*body functions and body structures*), die zur Ausführung der BADLs essentiell sind (*activity*). Abhängig von der Qualität der Alltagsleistungen, sind Menschen mit Demenz mehr oder weniger in ihrer Partizipation (*participation*) eingeschränkt (Blankevoort et al. 2010).

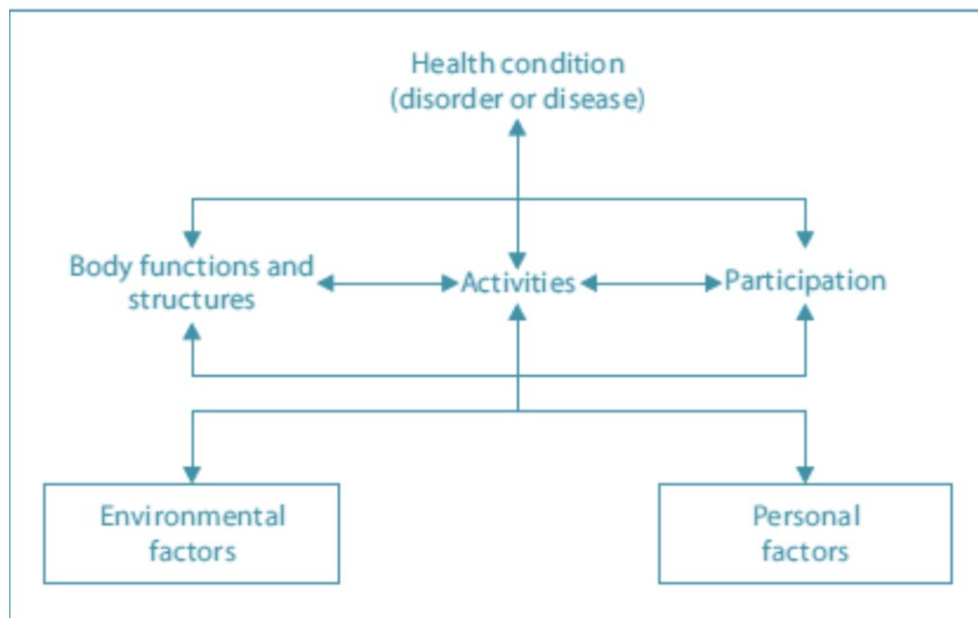


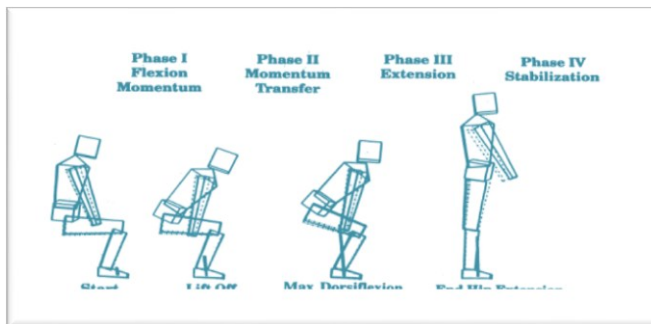
Abbildung 4: International Classification of Functioning, Disability and Health Model (WHO 2001)

Neben dem Rückgang der ADLs sind Demenzen durch eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für motorische Fehlleistungen wie Stürze gekennzeichnet (Buchner & Larson 1987; Sauvaget et al. 2002). Die demenzspezifischen, motorischen Leistungseinbußen sind von besonderer Relevanz für das Gleichgewicht und die motorischen Schlüsselqualifikationen (Gehen und Transferleistungen)

(Allan et al. 2005; Manckoundia et al. 2006; van Iersel et al. 2004; Verghese et al. 2007). Im Hinblick auf die Transferbewegungen ist eine Veränderung der Bewegungsplanung und –kontrolle, infolge einer gestörten zerebralen Integration und Verarbeitung der sensorischen Informationen, charakteristisch (sogenannte *higher level motor disorders*, Elble 2007). Betroffen ist dabei vor allem die Interaktion zwischen Kortex, Basalganglien und Thalamus, die notwendig ist, um korrekte Bewegungsabläufe zu erstellen (Karnath et al. 2005; van Iersel et al. 2004). Dabei können einzelne Bewegungssequenzen noch ausgeführt werden, allerdings treten Störungen in der räumlich-zeitlichen Bewegungskoordination auf, die keinem physiologischen Bewegungsablauf mehr erlauben (van Iersel et al. 2004; Waite et al. 2000). Offensichtlich wird die fehlerhafte Bewegungsausführung beim STS-Transfer: die Rumpfvorneigung ist vermindert, wodurch der Körperschwerpunkt nur unzureichend über die Unterstützungsfläche verlagert wird und die vertikale Aufwärtsbewegung wird zu früh initiiert (Manckoundia et al. 2006; Scarborough et al. 2007, ► Abb. 5). In Konsequenz ist die Bewegungsökonomie beeinträchtigt, was zur Folge hat, dass ein wesentlich höherer Kraftaufwand der Oberschenkel erforderlich ist, um die Bewegung korrekt durchzuführen. Als Resultat werden die Bewegungen abgebrochen und gehen mit einer erhöhten Gefahr für Stürze einher (Tinetti et al. 1989).

Neben den defizitären Transferleistungen treten häufig auch Beeinträchtigungen der Gang- und Gleichgewichtsfähigkeit auf (Allan et al. 2005). Gangstörungen sind für alle Formen der Demenz typisch, variieren aber in Abhängigkeit von Form und Schweregrad der Demenz (Waite et al. 2000). Charakteristische Auffälligkeiten sind die Verlangsamung der Geschwindigkeit, eine verkürzte Schrittlänge, eine größere Schrittlängenvariabilität, eine längere Verweildauer der Füße auf dem Boden, eine reduzierte Schrittfrequenz (van Iersel et al. 2004; Visser 1983; Waite et al. 2000) sowie eine verminderte Gleichgewichtsfähigkeit während des Gehens (Hauer et al. 2003, Visser 1983). Demenzspezifische motorische Defizite in alltäglichen Bewegungsabläufen sind die Hauptrisikofaktoren für das zwei- bis dreifach erhöhte Sturzrisiko bei Menschen mit Demenz (American Geriatrics Society 2001; Buchner & Larson 1987). Dabei ist die Wahrscheinlichkeit schwerer Verletzungen und der Mortalität um das drei- bis vierfache erhöht (Lord et al. 2001).

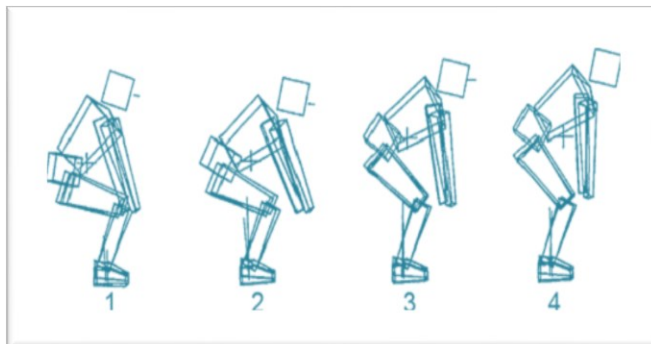
Die demenzspezifischen motorischen Defizite sind nicht nur Folgen des Krankheitsverlaufs, sondern gehen mit einem allgemein verminderten Aktivitätslevel einher (Buchner & Larson 1987). Zudem treten demenzielle Erkrankungen gehäuft im hohen bis sehr hohen Lebensalter auf, so dass neben den spezifischen Defiziten auch die altersassoziierten motorischen Leistungseinbußen (z. B. verminderte Muskelmasse und –kraft oder verminderte Gleichgewichtsfähigkeit) zum Tragen kommen. Menschen mit Demenz sind im Hinblick auf motorische Leistungen also mehrfach betroffen.



### **Momentum Transfer**

(physiologischer Transfer)

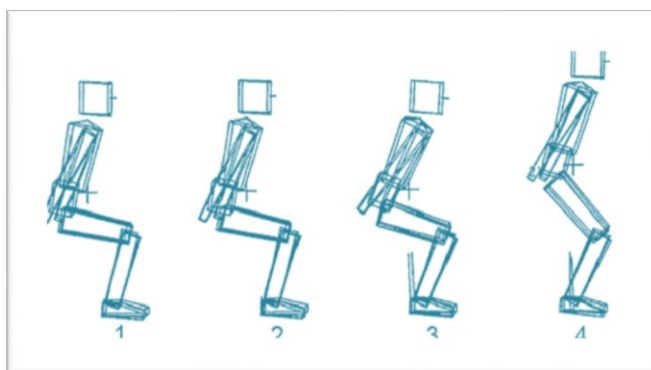
- Flüssige, fortlaufende Rumpfflexion
- Körperschwerpunkt beim Lift-off optimal über der Unterstützungsfläche
- Flüssiger Übergang der Rumpfflexion in Knie- und Rückenextension



### **Exaggerated Trunk Flexion**

(Kompensationsstrategie)

- Ausgeprägte Rumpfflexion vor Lift-off
- Körperschwerpunkt beim Lift-off über Füßen
- Verzögerte Rumpfextension am Bewegungsende, um Bewegungsökonomie zu steigern (geringere Kraftleistung nötig)



### **Dominant Vertical Rise**

(fehlerhafte Bewegungsausführung bei Demenz)

- Geringfügige Rumpfflexion
- Körperschwerpunkt beim Lift-off hinter Füßen
- Vertikale Aufstehbewegung mit schneller Knie-Hüftextension
- Hoher Kraftaufwand nötig → erhöhtes Sturzrisiko!

**Abbildung 5: Strategien zum Sitzen-Stehen-Transfer (nach Scarborough et al. 2007)**

Aufgrund der umfassenden Leistungsverluste zeigt sich mit dem Krankheitsverlauf ein erhöhter Hilfe- und Pflegebedarf, so dass motorische Störungen die primären Gründe für Pflegeheimweisungen sind (Weyerer & Bickel 2007; Chodosh et al. 2004).

## 2.4 Der Einfluss körperlicher Aktivität auf Menschen mit Demenz

Wie epidemiologische Studien bereits zeigten, wirkt eine höhere körperliche Aktivität präventiv auf das Risiko eine Demenz, v.a. eine Alzheimer-Demenz, zu entwickeln (► Kapitel 2.3.1). Kausale Zusammenhänge zwischen der körperlichen Aktivität und der Entstehung einer Demenz können jedoch nicht durch epidemiologische Assoziationen belegt werden (Schmidtke & Otto 2012). Um einen Nachweis über die Reduktion der Erkrankungsrate durch körperliche Aktivität zu er-

bringen und um zu verstehen, ob ein körperliches Training bei bereits erkrankten Patienten den Verlauf der Erkrankung sowie die Symptome modulieren kann, sind randomisierte kontrollierte Studien (*randomized controlled trials* [RCTs]) notwendig (Deutsche Alzheimer Gesellschaft 2009; Bickel 2012b). Bislang gibt es jedoch noch keine ausreichenden, durch qualitativ hochwertige RCTs erzielten, Belege, um evidenzbasierte Trainingsempfehlungen für die Prävention und für Menschen mit Demenz zu formulieren (DGNNP & DGN 2009; Bickel 2012b). Trotz dessen scheint der nicht-pharmakologische Therapieansatz der körperlichen Aktivität einer der vielversprechendsten zu sein und sollte daher als präventive und therapeutische Maßnahme unbedingt angewendet werden, um die alltagsrelevante motorischen und funktionellen Leistungen zu erhalten bzw. im Falle bereits bestehender Beeinträchtigungen mit rehabilitativen Maßnahmen wiederherzustellen und zu verbessern (► Abb. 6).



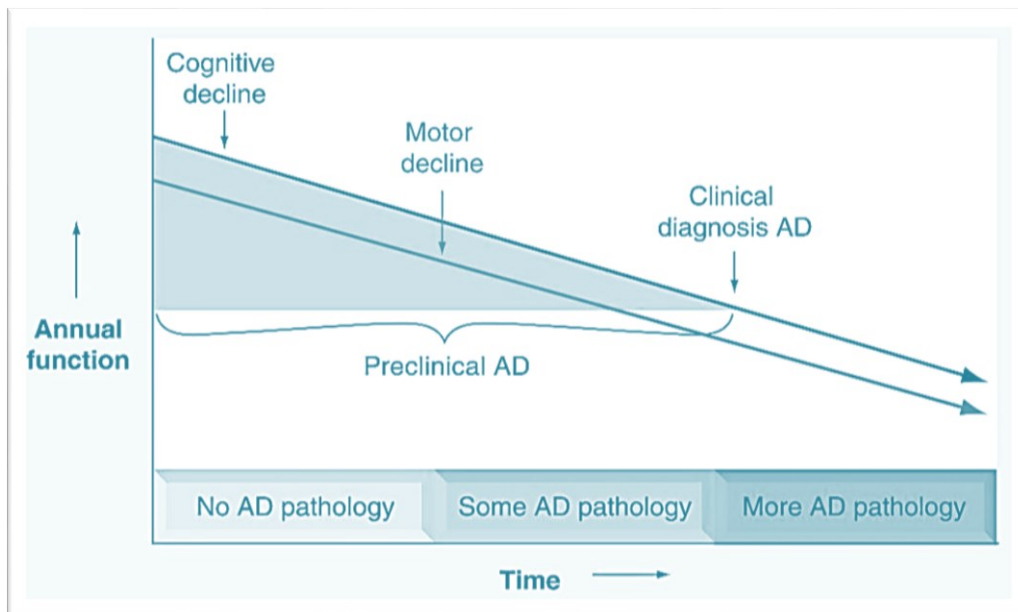
Abbildung 6: Präventiver und therapeutischer Bewegungsansatz bei Patienten mit kognitiven Beeinträchtigungen (Markser & Bär 2015)

Im Folgenden soll nun der aktuelle Stand der Forschung hinsichtlich der Wirksamkeit körperlicher Aktivität und körperlichen Trainings auf die motorisch-funktionellen Leistungen, auf den psychischen und kognitiven Status bei Menschen mit Demenz dargestellt werden.

#### 2.4.1 Wirksamkeit körperlichen Trainings auf Motorik und Funktion

Motorische Leistungsverluste sind kennzeichnend für das Alter und können mit einer Vielzahl an negativen gesundheitlichen Konsequenzen verbunden sein (Buchman et al. 2009; Delmonico et al. 2007; Onder 2005). Unter anderem wurde im Laufe des letzten Jahrzehnts, die Erkenntnis bekräf-

tigt, dass motorische Defizite signifikante Prädiktoren für den Verlust kognitiver Leistungen sind (► Kapitel 2.3.1, Abb. 7).



**Abbildung 7: Verlust kognitiver und motorischer Funktionen vor und nach der klinischen Diagnose einer Alzheimer-Demenz (Buchman & Bennett 2011)**

Nach der Diagnose werden Demenzen im weiteren Krankheitsverlauf von motorischen und funktionellen Veränderungen (wie Beeinträchtigungen der motorischen Schlüsselqualifikationen) begleitet, die die Selbstständigkeit und mobilitätsabhängige Lebensqualität negativ beeinflussen und Hauptrisikofaktoren für Stürze (American Geriatrics Society 2001) und sturzassoziierte Folgen (Buchner & Larson 1987; Lord et al. 2001; Morris et al. 1987) sind (► Kapitel 2.3).

Eine Vielzahl an Studien zur Trainierbarkeit von Motorik und Funktion bei hochbetagten, gebrechlichen Personen ohne kognitive Einschränkungen konnten bereits signifikante Verbesserungen von motorischen Schlüsselqualifikationen, der Maximalkraft, der Gleichgewichtsfähigkeit und ein reduziertes Sturzrisiko bei einer ausreichenden Trainingsbelastung nachweisen (Becker 2011; Beling 2009; Fiatarone 1994; Hauer 2001). Ob Menschen mit Demenz in gleichem Maße von einem körperlichen Training profitieren können, wurde lange Zeit kontrovers diskutiert. Einige Metaanalysen und Übersichtsarbeiten, die Studien zur Wirksamkeit körperlichen Trainings auf motorische und funktionelle Leistungen bei Demenz zusammenfassten, konnten zeigen, dass ein körperliches Training auch bei Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen genauso zu einer Verbesserung der Mobilität und der Funktion führt (Blankevoort et al. 2010; Forbes et al. 2015; Hauer et al. 2006; Heyn et al. 2008; Littbrand et al. 2011; Pitkälä et al. 2013; Potter et al. 2011). Im Detail konnten Verbesserungen in den Bereichen der Kraft der unteren Extremitäten, der Geh-

fähigkeit inklusive einer erhöhten Ganggeschwindigkeit, der posturalen Kontrolle und des dynamischen Gleichgewichts sowie der Transferleistungen (STS) erzielt werden. Zudem bewirkte ein körperliches Training eine gesteigerte Fähigkeit in der Ausführung von BADLs (Arcoverde et al. 2008; Forbes et al. 2015; Kwak et al. 2008; Rolland et al. 2007; Santana-Sosa et al. 2008). Die positiven Effekte zeigten sich sowohl bei Menschen mit einer leichten (Santana-Sosa et al. 2008), einer mittelgradigen (Kwak et al. 2008) als auch bei Patienten mit einer schweren Demenz (Rolland et al. 2007) und können aufgrund des *International Classification of Functioning, Disability and Health Models* (► Abb. 4) vermutet werden. So könnten die Verbesserungen der Körperfunktionen (*body functions*), wie funktionelle Mobilität oder Ganggeschwindigkeit, zu einer gesteigerten Fähigkeit in der Ausführung von BADLs führen, was wiederum zu einer gesteigerten Teilhabe am täglichen Leben führt (*participation*) (Blankevoort et al. 2010).

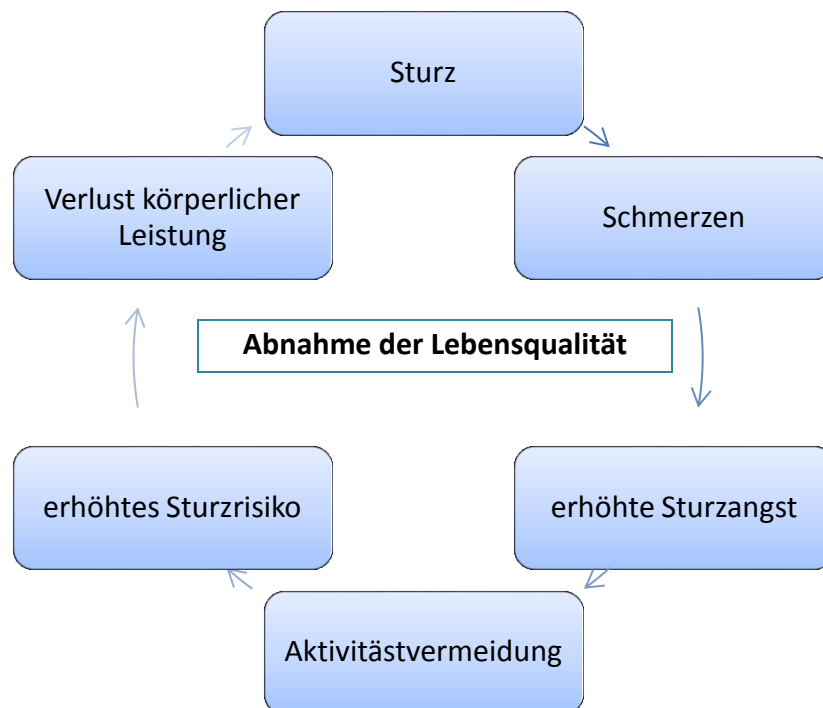
Allerdings weisen die Metaanalysen und Übersichtsarbeiten zum großen Teil auf methodische Einschränkungen der eingeschlossenen Studien (z. B. kleine Stichproben, fehlende Verblindung oder unspezifische, nicht für Menschen mit Demenz validierte Assessmentmethoden) sowie mangelhafte Informationen über Dauer, Intensität und Frequenz der Trainingsinhalte hin. Die RCT von Hauer et al. (2012), die diese methodischen Mängel umgeht, belegte jedoch eindrücklich, dass Patienten mit Demenz signifikant motorische und funktionelle Verbesserungen durch ein Kraft- und Funktionstraining erzielen können, vorausgesetzt dass die Inhalte und Umsetzung an die Beeinträchtigungen und verbliebenen Ressourcen angepasst sind.

#### 2.4.2 Einfluss körperlicher Aktivität auf die Psyche [Schrift 1 und 2]

Psychische und Verhaltenssymptomen sind eine häufige Begleiterscheinung bei Demenzen (Finkel et al. 1996; Rabins et al. 1997) und sind unter anderem mit Agitation, Apathie, Depressionen, Wahnvorstellungen, Halluzinationen, Angstzustände und Schlafstörungen assoziiert (Lyketsos et al. 2002). Diese können gebündelt zu spezifischen, demenz-assoziierten psychotischen Störungen (Jeste & Finkel 2000, Lyketsos et al. 2001) führen. Dadurch haben diese Symptome, wie Depressionen oder Angstzustände, schwerwiegende negative Folgen auf Menschen mit Demenz und deren Umgebung. Sie gehen einher mit einer zusätzlichen Verschlechterung der ADLs (Lyketsos et al. 1997), einem beschleunigten kognitiven Abbau (Stern et al. 1997), einer früheren Institutionalisierung (Steele et al. 1990; Brodaty et al. 2003), einer Verschlechterung der Lebensqualität (Gonzales-Salvador et al. 2000) sowie einem deutlich erhöhten Risiko einer Depression bei den betreuenden Personen (Gonzales-Salvador et al. 1999). Im Verlauf einer demenziellen Erkrankung sind etwa 50 bis 80% der Menschen mit Demenz von mindestens einem psychischen Symptom betroffen (Lyketsos et al. 1999; Rabins et al. 1999). Eine große Bedeutung kommt dabei den depressiven Symptomen zu, die besonders im frühen Stadium der Demenz auftreten (Wallesch &

Förstl 2005, S. 265ff.). Anteilig leidet etwa die Hälfte der Menschen mit einer beginnenden Demenz unter einer Depression (Ebert 2008). Die medikamentöse Behandlung von Depressionen bei Demenzen durch Antidepressiva sind nur in geringem Maße evidenzbasiert (Bains et al. 2002; Nelson & Devanand 2011). Vor diesem Hintergrund und dem Wissen, dass Menschen mit Demenz in hohem Maße von einem körperlichen Training profitieren können (z. B. Denkinger et al. 2012; Eggermont et al. 2006; Potter et al. 2011; Ströhle et al. 2009) werden zunehmend nicht-pharmakologische Therapieansätze zur Behandlung von Depressionen bei Menschen mit Demenz untersucht, die sich auf ein körperliches Training fokussieren. Repräsentative Querschnittsstudien mit der Zielgruppe ältere Menschen zeigen einen signifikanten Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und mentaler Gesundheit und Depressionen (Abu-Omar et al. 2004; Stephens 1988, Weyerer 1992), der auch in Längsschnittstudien bestätigt werden konnte (Farmer et al. 1988; Motl et al. 2004; Paffenbarger et al. 1994).

Neben den depressiven Symptomen kommt auch der Sturzangst, aufgrund des erhöhten Sturzrisikos bei Menschen mit Demenz, eine hohe Bedeutsamkeit zu. Sturzangst im Alter ist ein häufig auftretendes psychisches Symptom und kann ein Auslöser für einen Circulus vitiosus sein (z. B. Arfken et al. 1994; Friedman et al. 2002; Howland et al. 1998; Zijlstra et al. 2009), der zu weiteren Beeinträchtigungen der Lebensqualität, der Mobilität, den funktionellen Leistungen, einem nochmals steigendem Sturzrisiko, Distress und als Gesamtfolge zum Selbstständigkeitsverlust und Pflegebedürftigkeit führt (► Abb. 8).



**Abbildung 8: Möglicher Teufelskreis der Sturzangst infolge eines Sturzes**  
(eigene Darstellung nach Gogulla et al. 2014)

Trotz dessen, dass Menschen mit Demenz im Vergleich zu kognitiv gesunden Vergleichsgruppen deutlich häufiger stürzen, zeigen sie in einem geringeren Umfang sturzangstassoziierte Symptome (Fletcher 2004; Uemura 2012), was wahrscheinlich auf ihre veränderte Risikoeinschätzung bei Bewegungsausführungen zurückzuführen ist (Delbaere et al. 2011). Der Zusammenhang von körperlicher Aktivität und Sturzangst sowie die Wirksamkeit körperlichen Trainings im Alter und insbesondere bei Demenz sind nur mangelhaft untersucht. Allerdings lassen Beobachtungsstudien, die zeigten, dass ein gesteigertes Aktivitätsniveau bzw. ein spezifisches Trainingsprogramm das Sturzrisiko im Alter senken kann (Gillespie et al. 2003; Gregg et al. 2000), darauf hoffen, dass ähnliche Ergebnisse auch auf die Sturzangst zu erwarten sind, da Stürze und Sturzangst in Interaktion stehen (Friedman et al. 2002).

Vor dem Hintergrund, dass nur wenige Informationen über den Einfluss von körperlicher Aktivität und körperlichem Training auf psychische Symptome, wie Depressionen und Sturzangst bei Menschen mit Demenz vorliegen, war ein erstes Ziel der Dissertationsarbeit die Durchführung einer thematischen Literaturanalyse und der anschließenden Zusammenfassung der Ergebnisse in einer Übersichtsarbeit und einem Buchkapitel (*Schrift 1 und 2*). Im Folgenden ist eine Zusammenfassung beider Schriften dargestellt:

Gogulla S, Lemke N, & Hauer K (2012). Effekte körperlicher Aktivität und körperlichen Trainings auf den psychischen Status bei älteren Menschen mit und ohne kognitive Schädigung. *Zeitschrift für Geriatrie und Gerontologie*, 45, 279-289. (geteilte Erst-Autorenschaft) [Schrift 1] und

Gogulla S, Lemke NC, & Hauer K (2014). Effekte eines körperlichen Trainings bei älteren Menschen und bei Menschen mit Demenz auf die Psyche. In: *Therapie bei Demenz – Körperliches Training bei Demenz*, Baden-Württemberg Stiftung gGmbH (Hrsg.), Stuttgart, 126-168. [Schrift 2]

### **Hintergrund und Zielsetzung**

Neben motorisch-funktionellen Einschränkungen weisen ältere Menschen und im Besonderen Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen häufig auch psychische Störungen auf, die sich negativ auf die Lebensqualität auswirken. Somit ist dieses Kollektiv auf der einen Seite physisch als auf der anderen Seite auch psychisch betroffen, können aber von einem körperlichen Training in besonderem Maße profitieren (Denkinger et al. 2012; Eggermont & Scherder 2006; Potter et al. 2011; Sjösten & Kivelä 2008; Ströhle 2009). Bei den psychischen Störungen stehen die Sturzangst, aufgrund der im Alter erhöhten Sturzhäufigkeit, und Depressionen, aufgrund unzureichender medikamentöser und psychotherapeutischer Behandlung, im Vordergrund. Repräsentative Quer- und Längsschnittstudien weisen eine Assoziation zwischen körperlicher Aktivität mit einem verbesserten mentalen Gesundheitszustand nach. Dieser Zusammenhang gilt vor allem für Depressionen. Nachweise, die diesen Zusammenhang auch für die Sturzangst zeigen, sind bislang nur mangelhaft untersucht. Aufgrund dieser ersten ermutigenden Zusammenhänge sowie den po-



sitiven Effekten auf den motorisch-funktionellen Status, rückte die Wirkung eines körperlichen Trainings auf den psychischen Status bei älteren Menschen mit und ohne kognitive Einschränkung in den Fokus der geriatrischen Rehabilitation und klinischen Forschung. Ziel der beiden Schriften war es eine Übersicht über Studien zu geben, die den Einfluss von körperlichem Training auf Depressionen und Sturzangst bei älteren Menschen mit und ohne kognitive Beeinträchtigung untersuchen und einen Ausblick auf zukünftige Forschungsperspektiven zu geben. *Schrift 1* zielt dabei vorwiegend auf eine wissenschaftliche Leserschaft ab, während *Schrift 2* eine auch nicht-wissenschaftlichen Zielgruppe ansprechen soll. *Schrift 2* ergänzt die Ergebnisse mit praktischen Empfehlungen, die den Transfer der Theorie in die Praxis erleichtern sollen.

### **Methodik**

Die Literaturübersicht schloss randomisierte kontrollierte Studien (RCTs) der Evidenzklasse I und systematische Übersichtsarbeiten zum Einfluss körperlicher Aktivität und körperlichen Trainings auf den psychischen Status (depressive Symptome und Sturzangst) bei älteren Menschen mit und ohne kognitive Beeinträchtigung ein. Die Literatursuche erfolgte über Gerolit und PubMed mit den Suchbegriffen „*physical activity*“ oder „*physical exercise*“ in Kombination mit „*depression*“ oder „*depressive disorder*“ oder „*fear of falling*“ und „*elderly*“ oder „*older people*“. In einem zweiten Schritt erfolgte die Ergänzung der Suchbegriffe mit den Begriffen „*cognitive impairment*“ oder „*cognition disorders*“ oder „*dementia*“. Nach Sichtung der Abstracts der identifizierten Studien, erfolgte eine Volltextsuche. Zusätzlich wurde eine manuelle Suche über die Referenzlisten der identifizierten RCTs und Übersichtsarbeiten umgesetzt. Nur Artikel in deutscher und englischer Sprache wurden eingeschlossen, die bis zum Jahr 2011 publiziert wurden.

### **Wesentliche Ergebnisse**

#### *Körperliches Training und Depressionen*

Die Übersichtsarbeit zeigte, dass die Mehrzahl der identifizierten Studien eine signifikante Reduktion depressiver Symptome durch ein körperliches Training bei älteren Menschen bewirkt und sogar vorbeugend wirken kann. Die zugrunde liegenden Wirkmechanismen sind multifaktoriell, auf neurobiologischer und hormoneller Ebene, bestimmt. Eine besondere Wirksamkeit auf Depressionen bei älteren Menschen ohne kognitive Beeinträchtigung wurde einem intensiven Kraft- und Ausdauertraining nachgewiesen. Im Vergleich konnten nur wenige Arbeiten identifiziert werden, die die Effektivität eines körperlichen Trainings auf depressive Symptome bei Menschen mit Demenz untersuchten. Es gibt allerdings Hinweise, dass bei Menschen mit Demenz eher multifaktorielle Trainingsprogramme wirksam sind, die Angehörige und/oder betreuende Personen mit einschließen. Aufgrund fehlender Vergleichsstudien, kann eine Aussage zur Wirksamkeit eines körperlichen Trainings bei Menschen mit Demenz nicht abschließend beantwortet werden.

#### *Körperliches Training und Sturzangst*

Insgesamt wurden nur wenige Studien gefunden, die den Einfluss eines körperlichen Trainings auf die Sturzangst bei älteren Menschen darstellen. Die Studien belegten, dass vor allem kombinierte (z.B. eine Kombination aus Kraft-, Gleichgewichts-, Flexibilitäts- und Gehtraining) und multifaktorielle Trainingsprogramme, die zudem verhaltenstherapeutischen Aspekten beinhalten, eine positive Wirkung zeigten. Zudem konnte ein Tai Chi Training in einigen wissenschaftlichen Arbeiten die Sturzangst bei älteren, selbstständig lebenden Menschen signifikant reduzieren. Durch die körperliche Aktivität verbessern sich die motorischen Leistungen, was das Sturzrisiko verringert und dadurch wahrscheinlich auch einen positiven Einfluss auf die Sturzangst hat. Bei Menschen mit Demenz ist dieser Einfluss bisher noch nicht untersucht.

Insgesamt können aufgrund der geringen Anzahl an evidenzbasierten Studien nur eingeschränkte Empfehlungen zur Trainingssteuerung, wie Dauer, Umfang und Intensität für ein körperliches Training mit dem Ziel der Reduktion depressiver Symptome und Sturzangst gegeben werden.

### **Schlussfolgerung und Ausblick**

Mit Hinblick auf eine Depression, ist ein hohes Maß an körperlicher Aktivität mit einer geringeren Symptomatik verbunden. Zur Verringerung depressiver Symptome wirkt sich ein intensives Kraft- oder Ausdauertraining, zur Reduktion der Sturzangst ein multifaktorielles Training oder Tai-Chi am Effektivsten aus. Die Zahl der Studien zur Reduktion psychischer Störungen durch ein körperliches Trainingsprogramm ist für Menschen mit Demenz sehr beschränkt, wodurch die Frage nach spezifischen Trainingsansätzen zur Reduktion von Depressionen und Sturzangst in diesem Kollektiv offen bleibt. Allerdings sind Tendenzen zu erkennen, die einen positiven Einfluss der körperlichen Aktivität auch bei Menschen mit Demenz erkennen lassen, was insbesondere für ein Training in der Gruppe gilt.

### *2.4.3 Einfluss körperlicher Aktivität auf die Kognition [Schrift 3]*

Mit dem biologischen Alterungsprozess kommt es zu Verlusten in einigen kognitiven Funktionen wie z. B. den Exekutivfunktionen oder dem Gedächtnis, die mit strukturellen Veränderungen des Gehirns (Atrophie des Kortex und der subkortikalen Strukturen) einhergehen, was sich negativ auf das Befinden sowie auf kognitive und motorische Funktionen auswirken kann (Erickson & Hohmann 2013; Raz et al. 2005). Trotz der Annahme, dass der Rückgang kognitiver Fähigkeiten und Gehirnstrukturen als normaler, altersassoziierter Prozess angesehen wird, geht die Forschung zunehmend davon aus, dass die kognitiven Funktionsverluste nicht zwangsläufig unvermeidbar sind. Einige Studien der letzten Jahre konnten körperliche Aktivität als vielversprechende Methode identifizieren, die einerseits präventiv auf das Demenzrisiko wirkt und andererseits positive Effekte auf kognitive Funktionen erzielen kann (Erickson & Hohmann 2013).

Das Gehirn lässt sich in die drei Hauptbereiche Großhirn (Abrufen von Informationen/Erinnerungen, Problemlösen, Emotionen, Bewegungssteuerung), Kleinhirn (Koordinationsfähigkeit, Gleichgewicht) und den Hirnstamm (Verbindung Gehirn mit dem Rückenmark, wichtig für automatisierte Körperfunktionen) einteilen. Innerhalb dieser Gehirnstrukturen ist vor allem die Großhirnrinde (Kortex), die sich in Temporal-, Parietal-, Frontal-, Okzipitallappen sowie Insel- und Limbische Lappen einteilen lässt (Creutzfeldt 1983), von zentraler Bedeutung. Von der altersbedingten Atrophie des Gehirns sind strukturell besonders die Regionen des Frontal-, Parietal- und des obere Temporallappen betroffen, woraus Verluste in Gedächtnis und Exekutivfunktionen resultieren (Raz et al. 2005, Reuter et al. 2010). Tabelle 1 geht auf die wichtigsten Funktionen des Frontal-, Parietal- und Temporallappens ein. Die in Tabelle 1 beschriebenen Gehirnareale sind für wichtige kognitive Prozesse und Funktionen wie Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Orientierung, Gedächtnis, Konzentration und Exekutivfunktionen verantwortlich, wobei die exekutiven Funktionen, die v. a. im Frontallappen lokalisiert sind, für die Alltagsbewältigung und die Selbstständigkeit von zentraler Bedeutung sind. Sie beinhalten Impulskontrolle (Inhibition), Planung, zielgerichtete Handlungen (Planung, Koordination, Initiierung), die Beobachtung und Fehlerkorrektur von Ausführungen, die Willensbildung und die Prioritätensetzung (Duke & Kazniak 2000; Kessler & Kalbe 2000).

**Tabelle 1: Funktionsbereiche des Frontal-, Parietal- und Temporallappens (nach Lemke et al. 2014)**

Frontallappen (Stirnappen)	Parietallappen (Scheitellappen)	Temporallappen (Schläfenlappen)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Willkürmotorik (steuert &amp; kontrolliert Bewegungen)</li> <li>▶ motorisches Sprachzentrum (Broca-Areal)</li> <li>▶ Willensstärke vorausschauendes Handeln /Denken</li> <li>▶ Persönlichkeitswahrnehmung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ somatische Sensibilität</li> <li>▶ visuelle Steuerung von Bewegungen</li> <li>▶ Erkennung von Reizen im Raum</li> <li>▶ räumliches Denken</li> <li>▶ „quasi-räumliches“ Denken (rechnen/lesen)</li> <li>▶ Switchen zwischen zwei Reizen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ primäres Hörzentrum</li> <li>▶ sensorisches Sprachzentrum (Wernicke-Areal), Sprachverständnis</li> <li>▶ Gedächtnisbildung (über den Hippocampus)</li> <li>▶ Arbeitsgedächtnis</li> </ul>

Querschnittsstudien (Colcombe et al. 2003; Erickson et al. 2009; Kramer et al. 2004; Weinstein et al. 2012) sowie Studien, die den kausalen Zusammenhang zwischen einem aeroben körperlichen Training auf die Gehirnstrukturen älterer, gesunder Menschen untersuchten (Colcombe et al. 2006; Erickson et al. 2011), konnten bestätigen, dass körperliche Aktivität bzw. ein höheres aerobes Fitnesslevel ausschlaggebend das Volumen der grauen Gehirnmasse in den Arealen, die am stärksten von Alterungsprozessen betroffen sind (präfrontale Kortex und Hippocampus), positiv beeinflusst. Die Erhöhung des Gehirnvolumens wiederum stand in direktem Zusammenhang zu

verbesserten Gedächtnisleistungen und exekutiven Funktionen. Neben den positiven Effekten auf das Hirnvolumen, konnten auch Verbesserungen der Aktivierungsmuster im präfrontalen Kortex während Aufgaben, die eine selektive Aufmerksamkeit (Prakash et al. 2011), eine erhöhte Verarbeitungsgeschwindigkeit (Rosano et al. 2010) oder das semantische Gedächtnis (Smith et al. 2011) betreffen, nachgewiesen werden. Zudem führte das körperliche Training zu einer verbesserten Konnektivität zwischen präfrontalem und parietalen Kortex sowie dem Hippocampus, was eine Steigerung der Exekutivfunktionen zur Folge hatte (Voss et al. 2010a).

Die bisherigen Erkenntnisse zum Einfluss von körperlicher Aktivität auf die Kognition im Alter lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Gehirnareale, die am frühesten und am stärksten von altersassoziierten Prozessen betroffen sind, profitieren am meisten von körperlicher Aktivität und körperlichem Training (Erickson et al 2009; Erickson & Hohmann 2013; Kramer et al. 2004).
- Das Gehirn besitzt auch im fortgeschrittenen Alter eine hohe Plastizität, die durch körperliche Aktivität genutzt werden kann (Erickson & Hohmann 2013; Groot et al.2010). Dabei drückt sich die Plastizität anhand des Volumens (Erickson et al. 2011), der Funktion (Colcombe et al. 2004) und der Konnektivität (Voss et al. 2010b) aus. Innerhalb dieser Aspekte kann körperliche Aktivität altersbedingte Abbauprozessen und bereits entstandenen Leistungsminderungen entgegenwirken (Erickson & Hohmann 2013).

Allerdings sind noch einige Fragen offen: Über welchen Zeitraum und mit welcher Intensität muss eine körperliche Aktivität ausgeführt werden, um strukturelle und funktionelle Veränderungen des Gehirns im Alter zu erreichen? Wie verhält sich der Einfluss von körperlicher Aktivität auf das Gehirn und kognitive Leistungen bei Menschen, die bereits pathologische Verschlechterungen der Kognition aufweisen? Wie sind die genauen Mechanismen, die der protektiven Wirkung von körperlicher Aktivität auf die Entstehung kognitiver Beeinträchtigungen oder einer Demenz zugrunde liegen?

Bezüglich möglicher Wirkmechanismen beruhen bisherige Annahmen auf Tiermodellen, die zeigten, dass Bewegung über strukturelle und funktionelle Änderungen dazu beiträgt, die neuronale Plastizität zu verbessern (Kronberg et al. 2006; Uda et al. 2006). Die gesteigerte Plastizität wiederum führte zu einer erhöhten Hirndurchblutung und Hirnstoffwechsel, die die Vaskularisation (Neubildung kleiner Gefäße) sowie die Angiogenese (Wachstum von Gefäßen durch Sprossung) positiv beeinflusste (Cotman et al. 2002; Pereira et al. 2007; Van Praag et al. 1999). Weiterhin förderte die körperliche Aktivität Wachstumsfaktoren (z. B. *brain derived neurotrophic factor* = BDNF), die in Folge die Gefäßneubildung und das Nervenzellenwachstum (Neurogenese) im Gehirn beförderten (Van Praag 1999).

Um einen umfassenderen Überblick über den aktuellen Forschungsstand zu wirksamen, körperlichen Trainingsprogrammen auf die Kognition, insbesondere für Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen und Demenz, zu erhalten, Limitationen bisheriger Studien zu identifizieren sowie offene Fragen zu beantworten, war ein weiteres Ziel der vorliegenden Dissertation eine Literaturanalyse in diesem Themengebiet. Die Erkenntnisse wurden als eine Übersichtarbeit in Form eines Buchkapitels veröffentlicht, das im Folgenden zusammenfassend dargestellt wird.

**Lemke N, Gogulla S, & Hauer K (2014). Effekte körperlicher Aktivität auf die Kognition im Alter und bei Demenz. In: *Therapie bei Demenz – Körperliches Training bei Demenz*, Baden-Württemberg Stiftung gGmbH (Hrsg.), Stuttgart, 98-126. [Schrift 3]**

### **Hintergrund und Zielsetzung**

Strukturelle und funktionelle Veränderungen des Gehirns gehen mit dem biologischen Alterungsprozess einher. Dabei kommt es neben den alterstypischen Abbauprozessen häufig auch zu pathologischen Veränderungen, wie MCI oder Demenz. Diese über das altersentsprechende Maß hinausgehenden Veränderungen führen sowohl zu kognitiven, als auch funktionellen Leistungsverlusten, die einen starken Einfluss auf die Lebensqualität der Menschen haben. Bisherige pharmakologische Therapieansätze zur Reduktion demenzspezifischer, kognitiver Symptome wirken nur begrenzt und sind zudem mit Nebenwirkungen verbunden. Bei den nicht-pharmakologischen Ansätzen wurde die Wirksamkeit von körperlicher Aktivität bzw. Training bisher mit am häufigsten untersucht. Ziel des Buchkapitels war es daher, eine Übersicht zur Wirksamkeit von körperlichem Training und Aktivität auf die Kognition im normalen Alterungsprozess und bei bereits bestehenden kognitiven Beeinträchtigungen zu geben. Dabei werden die Effektivität der körperlichen Aktivität aus präventiver Sicht (epidemiologische Studien) sowie die kausalen Wirkmechanismen (RCTs) dargestellt. Abschließend werden praxisnahe Empfehlungen für ein körperliches Training zur Verbesserung der kognitiven Leistungen für Menschen mit Demenz gegeben.

### **Methodik**

Die Literaturanalyse schloss systematische Übersichtsarbeiten und Studien der Evidenzklasse I (randomisierte kontrollierte Studien) zur Wirksamkeit körperlichen Trainings auf die Kognition bei älteren Menschen mit und ohne kognitive Beeinträchtigungen bzw. Demenz ein. Die Literatursuche erfolgte über Gerolit und PubMed mit den Suchbegriffen „*physical activity*“, „*physical exercise*“, „*motor training*“, „*cognition*“, „*cognitive functions*“, „*cognitive impairment*“, „*cognition disorders*“, „*dementia*“, „*older adults*“, „*older people*“ und „*elderly*“. Zusätzlich wurde eine manuelle Suche über die Referenzlisten der identifizierten Studien durchgeführt. Nur Artikel in deutscher und englischer Sprache wurden eingeschlossen.

### **Wesentliche Ergebnisse**

Epidemiologische Studien zeigen eine starke positive Assoziation zwischen körperlicher Aktivität und kognitiven Leistungen im Alter bzw. dem Risiko an einer Demenz (v. a. eine Alzheimer-Demenz) zu erkranken (z. B. Rovio et al. 2005; Larson et al. 2006; Laurin et al. 2001, Abbott et al. 2004; Buchman et al. 2012; Scarmeas et al. 2011). Präventiv wirken dabei vor allem langfristige, moderat-intensive Aktivitäten. Im Hinblick auf Studien, die die kausale Wirksamkeit der körperlichen Aktivität bei älteren Menschen ohne kognitive Beeinträchtigung untersuchten, wurde vor allem der Effekt von Ausdauertraining (z. B. Colcombe & Kramer 2003), seltener von Krafttraining (z. B. Cassilhas et al. 2007) auf die kognitiven Leistungen untersucht. Dabei zeigte sich in einigen Studien eine Verbesserung der globalen Kognition (v. a. auf Exekutivfunktionen, Aufmerksamkeit, Verarbeitungsgeschwindigkeit, Gedächtnis und visuell-räumlichen Funktionen; vgl. Kramer et al. 2004). Für Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen bzw. Demenz wurden nur wenige Studien gefunden, wodurch der Nachweis der Effektivität von körperlichem Training auf die Kognition limitiert ist. Allerdings weisen diese Studien darauf hin, dass Menschen mit kognitiver Beeinträchtigung in vergleichbarem Maße wie gesunde Ältere von körperlichen Trainingsprogrammen (vor allem von Ausdauertraining oder kombinierten Programmen, die ein Ausdauer-, Kraft- und Balancetraining beinhalten) (z. B. Lautenschlager et al. 2008), profitieren können, die sich positiv auf unspezifische kognitive Verbesserungen auswirkten. Spezifische kognitive Verbesserungen konnten durch spezielle, defizitorientierte Trainingsansätze, wie ein motorisch-kognitives Dual-Task Training, erzielt werden, was von besonderer Relevanz für das alltägliche Leben ist (Schwenk et al. 2010).

### **Schlussfolgerung**

Präventiv kann körperliche Aktivität das Demenzrisiko deutlich reduzieren. Bei kognitiv gesunden älteren Menschen führt ein Ausdauer- und Krafttraining zu unspezifischen globalen Verbesserungen der Kognition. Für Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen und Demenz liegen nur wenige qualitativ hochwertige Studien vor, so dass eine kausale Wirksamkeit der körperlichen Aktivität nicht endgültig nachgewiesen werden kann, es gibt aber Hinweise, die zeigen, dass ein Benefit vor allem bei kombinierten Trainingsprogrammen und bei motorisch-kognitiven Dual-Task Trainingsansätzen zu erwarten ist. Um dies für Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen letztendlich zu bestätigen, benötigt es weiterer Forschung im Bereich der motorisch-kognitiven Trainingsansätze.

Nachdem dieses Kapitel ausführlich den Einfluss von körperlicher Aktivität und körperlichem Training auf den motorisch-funktionellen Status, die Psyche und die Kognition thematisierte, wird im Folgekapitel, aufgrund ihrer hohen Alltagsrelevanz und der starken Einschränkung, vor allem

bei Menschen mit Demenz, auf die motorisch-kognitiven Leistungen (Dual-Tasks) bei Menschen mit Demenz eingegangen und deren Trainierbarkeit dargestellt.

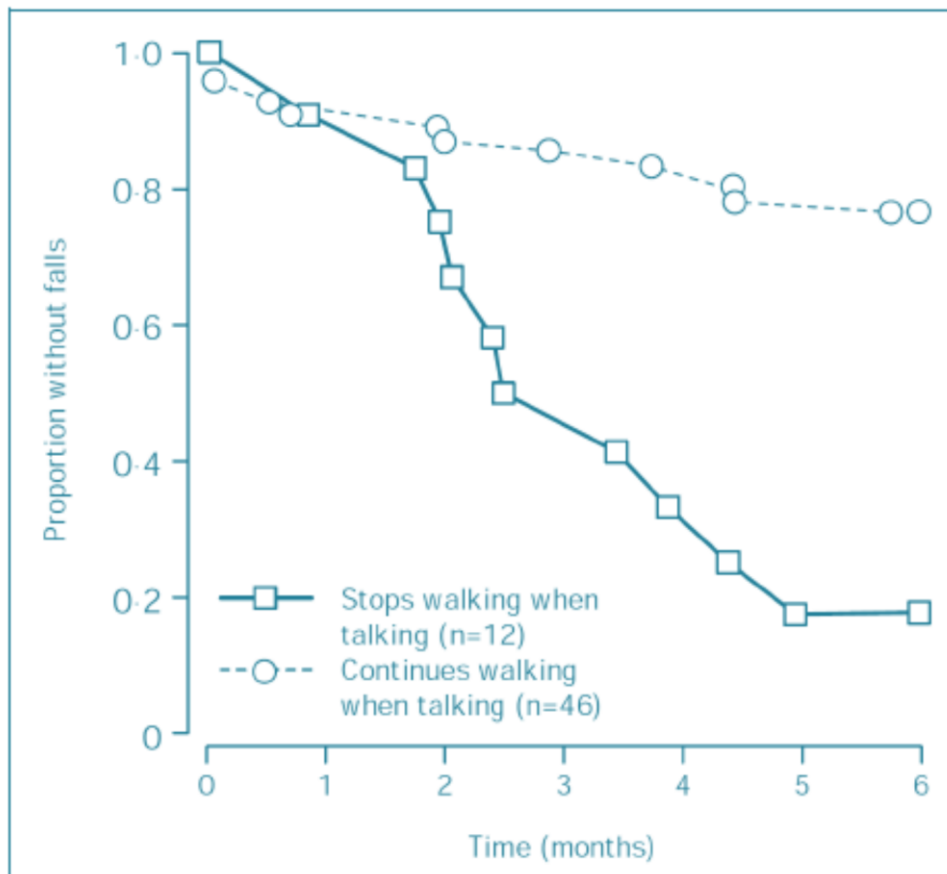
### 3. Motorisch-kognitive Leistungen bei Demenz

#### 3.1 Dual-Tasking bei Menschen mit Demenz

Der kognitive Bereich, in denen die Exekutivfunktionen verankert sind, beinhaltet die Aufmerksamkeit sowie das Arbeitsgedächtnis, das logische Denken und das Problemlösen (Bridenbaugh & Kressig 2015). Exekutivfunktionen sind verantwortlich für das Planen und Koordinieren komplexer Handlungen, die Platzierung von Aufgabenereignissen in der richtigen Reihenfolge und weisen jeder auszuführenden Aufgabe den notwendigen Aufmerksamkeitsanteil zu (Bridenbaugh & Kressig 2015; Kessler & Kalbe 2000). Somit sind die exekutiven Funktionen hochrelevant für Situationen, in denen zwei Aufgaben gleichzeitig koordiniert werden müssen, auch bekannt als Dual-Task Aufgaben (Doppelaufgaben). Dual-Task Situationen bestimmen einen Großteil des alltäglichen Lebens wie beispielsweise Gehen und Tragen des Einkaufskorbs oder Gehen und eine Unterhaltung führen. Verglichen zu älteren Menschen ohne kognitive Beeinträchtigung, weisen Menschen mit Demenz im Verlauf der Erkrankung einen überdurchschnittlich hohen Leistungsverlust bei den aufmerksamkeitsabhängigen Dual-Task Fähigkeiten auf (Baddeley et al. 2001; Logie et al. 2004; Perry & Hodges 1999). Die demenzspezifischen Dual-Task Defizite werden insbesondere in Situationen offensichtlich, in denen motorische und kognitive Anforderungen gleichzeitig geleistet werden müssen (Camicioli et al. 1997; Hauer et al. 2002, 2003; Perry & Hodges 1999). So zeigten klinische Untersuchungen, dass bereits einfache kognitive Anforderungen (z. B. in 1er-Schritten aufwärts zählen oder das Alphabet aufsagen) zu signifikanten Beeinträchtigungen des Gehens in Form einer reduzierten Ganggeschwindigkeit und einer erhöhten Gangvariabilität führten (Allali et al. 2006; Petterson et al. 2007; Schwenk et al. 2010; Sheridan et al. 2003). Diese Leistungseinbußen konnten auch bei anderen motorischen Leistungen unter Dual-Task Bedingungen wie der Gleichgewichtsfähigkeit und der Maximalkraft der unteren Extremitäten nachgewiesen werden (Hauer et al. 2002, 2003).

Dual-Task assoziierte Störungen der Gangleistung gehen mit einem deutlich erhöhten Sturzrisiko einher, was die klinische Relevanz der Defizite unterstreicht (Nakamura et al. 1996). Beobachtungsstudien, die zeigten, dass Patienten, die stehen blieben, wenn sie während des Gehens eine Unterhaltung führen sollten („Stops walking when talking“, ► Abb. 9), identifizierten Dual-Task Leistungen als eindeutigen Prädiktor für Stürze (Lundin-Olsson et al. 1997; Gulich & Zeitler 2000). Da Menschen mit Demenz überdurchschnittliche Defizite in Dual-Task Aufgaben zeigen, stellen diese beeinträchtigten Leistungen möglicherweise einen *missing link* bzw. ein kausales

Bindeglied für das erhöhte Sturzrisiko von Menschen mit Demenz dar (Lundin-Olsson et al. 1998).



**Abbildung 9: Stops walking when talking: Zusammenhang motorisch-kognitiver Dual-Task Leistungen und Sturzrisiko (Lundin-Olsson et al. 1997)**

Dual-Task Defizite bei Menschen mit Demenz sind auf eine übermäßige Beeinträchtigung der aufmerksamkeitsabhängigen Kontrolle der exekutiven Funktionen zurückzuführen (Perry & Hodges 1999) und stellen dabei keine globalen kognitiven Leistungsverlust dar, sondern sind eine demenzspezifische, kognitive Beeinträchtigung (Logie et al. 2004). Die progressive Verschlechterung der Dual-Task Leistungen weist im Vergleich zu funktionellen Basisleistungen bzw. Einzelaufgaben eine schnellere Verschlechterung auf (Baddeley et al. 1991, Sala & Logie 2001). Dies deutet an, dass Defizite in Dual-Task Leistungen sensitive und spezifische Indikatoren für kognitive Verluste sind, wodurch sie das Potenzial haben als diagnostisches Instrument und auch als spezifischer Trainingsinhalt für Menschen mit Demenz angewendet zu werden (Baddeley et al. 1991; Muir et al. 2012; Sala & Logie, 2001; Yogev-Seligman et al. 2008).



## 3.2 Modelle zur Erklärung der Dual-Task Kosten

Die genauen Mechanismen, die zu Interferenzen zwischen der motorischen und der gleichzeitig ausgeführten kognitiven Aufgabe führen, sind bislang noch unklar. Da mehrere Faktoren das Dual-Task Defizit beeinflussen, wird angenommen, dass eine Reihe verschiedener Mechanismen zur Entstehung dieser Defizite beiträgt. Zudem hat die Charakteristik der zusätzlichen Aufgabe, wie beispielsweise die Art der Aufgabe sowie deren Schwierigkeitsgrad, einen Einfluss auf die Mechanismen und die Ressourcen, die bei den Dual-Task Leistungen einbezogen werden (Kelly et al. 2012; Patel et al. 2014).

Um die Interferenzen der Informationsverarbeitung bei der Ausführung von Dual-Task Leistungen zu erklären, werden verschiedene neuropsychologische, theoretische Modelle herangezogen. Im Fokus der aktuellen Forschung stehen dabei die „Flaschenhals-Theorie“ (*bottleneck theory*, Kelly et al. 2012; Ruthruff et al. 2001; Yogeve-Seligman et al. 2008) und die „Kapazitätstheorie“ (*capacity theory*, Abernethy 1988; Fraizer & Mitra 2008; Kelly et al. 2012; Tombu & Jolicoeur 2003; Woolacott & Shumway-Cook 2002; Yogeve-Seligman et al. 2008).

Die Flaschenhals-Theorie nimmt an, dass die Ausführung von Dual-Task Leistungen eine fortlaufende (serielle) oder eine aufeinanderfolgende (sequentielle) Verarbeitung beider Aufgaben benötigt. Dual-Task Interferenzen treten dann auf, wenn beide Aufgaben um die gleiche Verarbeitungsressource konkurrieren, d. h. wenn beide Aufgaben von demselben neuronalen Operator oder Netzwerk verarbeitet werden, bildet sich bei der Informationsverarbeitung ein „Flaschenhals“. Dies hat zur Folge, dass zur Erfüllung einer Aufgabe, die Verarbeitung der zweiten Aufgabe vorübergehend verschoben wird, was zu einer Verringerung der Leistung der zweiten Aufgabe führt (Kelly et al. 2012; Yogeve-Seligman et al. 2008).

Das zweite allgemeine Modell zur Erklärung von Dual-Task Interferenzen ist die Kapazitätstheorie. Laut dieser Theorie ist die Informationsverarbeitung, die für Dual-Task Leistungen benötigt wird, eine flexible, aber limitierte Ressource (Abernethy 1988; Fraizer & Mitra 2008; Tombu & Jolicoeur 2003). Die Ausführung jeder beliebigen Aufgabe, wie z. B. Gehen, beansprucht dabei einen Teil dieser Kapazität. In dem Fall, dass zwei Aufgaben gleichzeitig auszuführen sind, konkurrieren die Aufgaben um die limitierte Ressource, was wiederum zu Dual-Task Interferenzen und Störungen in der Ausführung einer oder beider Aufgaben führt (Woolacott & Shumway-Cook 2002). Nach dieser Theorie kann die Informationsverarbeitungsressource, wie beispielsweise die Aufmerksamkeit, flexibel zwischen den Aufgaben zugeteilt werden. Demzufolge könnten Unterschiede in den Dual-Task Leistungen aus individuellen Differenzen in der „Gesamtkapazität“ resultieren. Schwankungen in den Dual-Task Leistungen einer Person könnten auf vorübergehende Abweichungen in der „effektiven Kapazität“, aufgrund von Faktoren wie Motivation, Erschöpfung oder Aufregung, zurückzuführen sein (Abernethy 1988).

Dual-Task Studien können nur schwer zwischen diesen beiden theoretischen Modellen unterscheiden. Allerdings können diese allgemeinen Mechanismen Einfluss auf methodische Entscheidungen und die nachfolgende Interpretation von Ergebnissen haben (Kelly et al. 2012).

### 3.3 Effektivität motorisch-kognitiven Dual-Task Trainings

Vor dem Hintergrund der beeinträchtigten Dual-Task Fähigkeit im Alter und der überdurchschnittlichen Defizite bei Menschen mit Demenz sowie deren Zusammenhang mit motorischen Dysfunktionen und Stürzen, ist das Training der motorisch-kognitiven Dual-Task Leistungen von zentraler Bedeutung. Einige Studien, die die Effektivität eines motorisch-kognitiven Dual-Task Trainings bei älteren Menschen untersuchten, zeigten Verbesserungen der motorischen Leistungen unter Single- und Dual-Task-Bedingungen (Übersichtsarbeiten: Fritz et al. 2015; Pichierra et al. 2011; Wollesen & Voelcker-Rehage 2013) und der kognitive Funktionen (Übersichtsarbeiten: Fritz et al. 2015; Lauenroth et al. 2016; Law et al. 2014; Wollesen & Voelcker-Rehage, 2013). Trotz des bekannten, überdurchschnittlichen Defizits in Dual-Task Leistungen bei demenziellen Erkrankungen, schlossen die meisten Studien Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen aus. Die wenigen Dual-Task Untersuchungen, die Menschen mit Demenz (Coehlo et al. 2013; de Andrade et al. 2013, Schwenk et al. 2010) oder MCI (Suzuki et al. 2012) einschlossen, zeigten signifikante Verbesserungen der kognitiven Funktionen (Coehlo et al. 2013; de Andrade et al. 2013; Suzuki et al. 2012), der Gleichgewichtsfähigkeit (de Andrade et al. 2013), der Gangleistung unter Single-Task-Bedingung (Coehlo et al. 2013) und der Dual-Task Leistungen, gemessen als reduzierte Dual-Task-Kosten (DTK) in motorischen und kombinierten motorisch-kognitiven Leistungen (Schwenk et al. 2010) oder verbesserten motorischen und kognitiven Leistungen unter Dual-Tasking (Coehlo et al. 2010). So zeigte beispielsweise die RCT von Schwenk et al. (2010), die die Effekte eines spezifischen, gangbasierten Dual-Task Trainings bei Patienten mit leichter bis mittelgradiger Demenz untersuchte, dass die Interventionsgruppe im Vergleich zu der Kontrollgruppe signifikant ihre Dual-Task Leistungen während der komplexen motorisch-kognitiven Anforderung „Gehen und 3er-Schritte rückwärts Rechnen“ verbessern bzw. ihre motorischen und kombinierten DTK reduzieren konnten.

Allerdings weisen die meisten dieser Studien methodische Mängel, aufgrund fehlender Randomisierung (Coehlo et al. 2013; de Andrade et al. 2013), kleinen Stichproben (Coehlo et al. 2013; de Andrade et al. 2013) und der Verwendung von Assessmentverfahren, die nicht für Menschen mit Demenz validiert waren (Coehlo et al. 2013; de Andrade et al. 2013; Schwenk et al. 2010; Suzuki et al. 2012), auf. Zudem bedarf es der Untersuchung von Langzeiteffekten und der Transferfähigkeit der erzielten Trainingszugewinne, um den tatsächlichen Nutzen und den praktischen Wert der Intervention widerzuspiegeln (Barnett & Ceci 2002). Von den identifizierten Studien, die Men-

schen mit Demenz einschlossen, untersuchte keine die Nachhaltigkeit der Effekte über einen Follow-up Zeitraum oder den Transfer der verbesserten Fähigkeiten auf neue, untrainierte Situationen.

### 3.4 Wirksamkeit motorisch-kognitiver Trainingsansätze auf aufmerksamkeitsabhängige Leistungen

Neben solchen „klassischen“ motorisch-kognitiven Dual-Task Trainingsprogrammen, wendet sich die Forschung seit einigen Jahren auch der Weiterentwicklung motorisch-kognitiver Trainingsansätze zu. Dabei lag der Fokus unter anderem auf motorisch-kognitive Trainingsmethoden, die durch den gezielten Einsatz computergestützter Trainingsgeräten bzw. Softwares charakterisiert sind. Ein vielversprechender Ansatz für das Training motorisch-kognitiver Leistungen bei Menschen mit Demenz stellen die computergestützten, Spiele-basierten sogenannten *exergames* (Wortkombination aus den Begriffen *exercise* und *game*) dar (Pichierri et al. 2011, Schoene et al. 2014). *Exergames* sind eine Untergruppe der *serious games*, die körperliche Bewegung mit kognitiver Stimulation kombinieren, um die körperliche Aktivität und körperliche Funktionen zu befördern. Aktuelle Übersichtsarbeiten und Interventionsstudien stellen positive Effekte durch Bewegungsspiele auf motorisch-funktionelle Leistungen, Kognition, motorisch-kognitive Leistungen und psychosoziale Aspekte bei gesunden, älteren Menschen ohne kognitive Beeinträchtigungen dar (z. B. Anderson-Hanley et al. 2012; Chao et al. 2015; Eggenberger et al. 2015; Lai et al. 2013; Laufer et al. 2014; Maillot et al. 2012; Miller et al. 2014; Molina et al. 2014; Schoene et al. 2013, 2014; Skjæret et al. 2016). Bei Menschen mit kognitiven Defiziten und Demenz sind Untersuchungen zur Wirksamkeit der *exergames* rar und zeigen in Bezug auf Methodik und Ergebnisse große Inkonsistenz. Einige Studien berichten von positiven Effekten durch die Anwendung von *exergames* auf motorisch-funktionelle Leistungen (Padala et al. 2012), die globale Kognition und kognitive Teilleistungen (Weybright et al. 2010, Yamaguchi et al. 2011) sowie auf motorisch-kognitive Fähigkeiten (Legouverneur et al. 2011), wohingegen andere Untersuchungen keine Effekte durch die Bewegungsspiele nachweisen konnten (Hughes et al. 2014, McEwen et al. 2014). Allerdings weist ein Großteil der Studien methodische Schwächen auf (Mangel an RCTs, die die kausalen Wirkmechanismen darlegen könnten; kleine Stichproben; Erfassung des kognitiven Status über Screening-Instrumente, ohne weitere neuropsychologische Diagnostik).

Neben solchen computergestützten Bewegungsspielen zur Verbesserung motorisch-kognitiver Leistungen, können auch motorische Lernprogramme zu den motorisch-kognitiven Trainingsansätzen gerechnet werden, die die Verbesserung aufmerksamkeitsabhängiger Schlüsselqualifikationen zum Ziel haben.

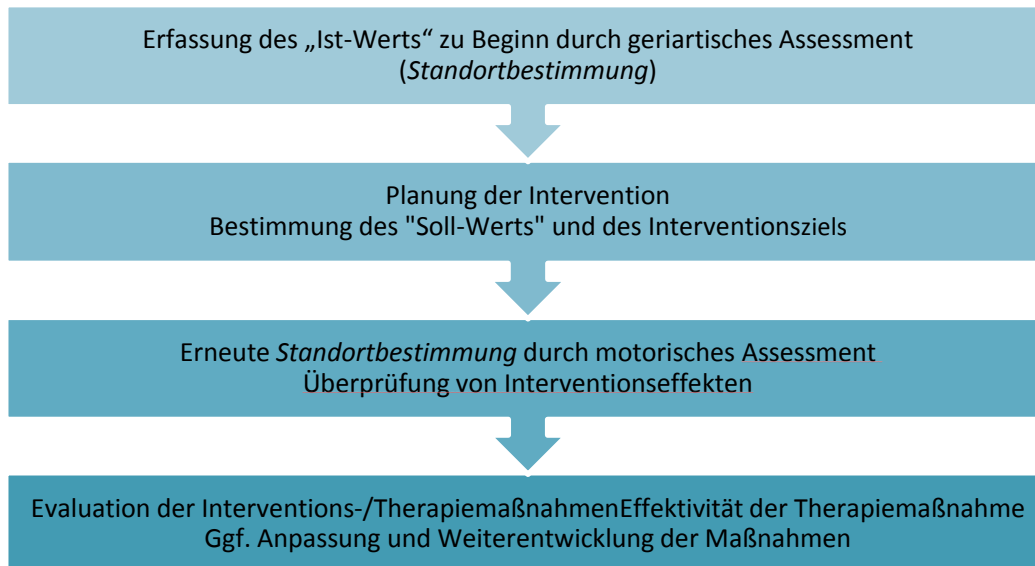
Motorisches Lernen ist hochrelevant für das alltägliche Leben, um durch den Erwerb neuer motorischer Fähigkeiten veränderten Umweltbedingungen zu begegnen, motorische Fähigkeiten an altersassoziierte motorische und kognitive Veränderungen anzupassen und motorische Leistungen, die durch Verletzungen oder Erkrankungen beeinträchtigt oder nicht mehr möglich waren, wiederzuerlangen (Muratori et al. 2013). Trotz dessen, dass kognitive Defizite die Fähigkeit des motorischen Lernens im Alter möglicherweise hemmen (Wu et al. 2016; Yan et al. 2010), konnten einige Studien motorisches Lernen auch bei Menschen mit Demenz nachweisen (Rösler et al. 2002; Schmitz et al. 2014; van Tilborg & Hulstijn 2010; van Halteren-van Tilborg et al. 2007; Yan et al. 2010; Yan & Dick 2006). Allerdings beruhen diese Ergebnisse auf experimentellen motorischen Aufgaben mit niedriger Komplexität (z. B. serielle Reaktionszeit-Tests; Schmitz et al. 2014; van Halteren-van Tilborg et al. 2007; van Tilborg & Hulstijn 2010, Yan & Dick 2006, Yan et al. 2010) oder komplexen grobmotorischen Aufgaben mit geringer Alltagsrelevanz (Walzer-Tanz, Rösler et al. 2002). Komplexe motorische Schlüsselqualifikationen, wie Transferleistungen, wurden bislang bei Untersuchungen zum motorischen Lernen bei Menschen mit Demenz noch nicht in den Blick genommen. Zudem fokussieren sich bisherige Studien ausschließlich auf den initialen Erwerb der motorischen Fähigkeit nach Lerndurchgängen mit wenigen Trainingseinheiten und untersuchen meist keine Langzeiteffekte.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass motorisch-kognitive Trainingsansätze, vor dem Hintergrund der zentralen Bedeutung der motorisch-kognitiven Leistungen im Alter und bei Demenz, in vielfältiger Weise immer stärker in den Fokus der Interventionsforschung rücken. Insbesondere bei Menschen mit Demenz ist deren Wirksamkeit aber noch unzureichend belegt, was zum Großteil auf methodische Mängel der Studien oder den Studienausschluss von Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen zurückzuführen ist. Eine Voraussetzung um die Effektivität eines Trainingsansatzes nachweisen zu können, sind valide Assessmentverfahren mit denen spezifische, trainingsbezogene Leistungen erhoben werden können. Das folgende Kapitel stellt den aktuellen Stand der Forschung zu Assessmentverfahren zur Erhebung motorisch-kognitiver Leistungen im Alter und bei Demenz dar und identifiziert Forschungslücken in diesem Bereich.

#### **4. Assessmentverfahren zur Erhebung motorisch-kognitiver Leistungen im Alter und bei Menschen mit Demenz**

Innerhalb der klinischen Versorgung von geriatrischen Patienten gilt es, sich zu Beginn der Behandlung ein umfassendes Bild über den Zustand des Patienten zu machen, um Pflege-, Rehabilitations- und Interventionsmaßnahmen zu erstellen und Therapieverläufe sowie die Effektivität von Interventionen zu beobachten. Laut Rubenstein versteht man unter geriatrischem Assessment Folgendes: „Unter umfassendem geriatrischen Assessment versteht man einen multidimensionalen

und interdisziplinären Prozess mit dem Ziel, die medizinischen, psychosozialen und funktionellen Probleme und Ressourcen des Patienten zu erfassen und einen umfassenden Behandlungs- und Betreuungsplan zu entwickeln.“ (zit. nach Nikolaus 2000, S. 165 f.). Abbildung 10 stellt die Funktionen und den Prozess des geriatrischen Assessments zusammenfassend dar.



**Abbildung 10: Prozess und Funktionen des geriatrischen Assessments (nach Nikolaus 2000)**

Von besonderer Relevanz zur Anwendung von Assessmentverfahren ist, dass diese standardisiert und valide sind, praktikabel in der Anwendung sowie vom Patienten akzeptiert werden. Zudem ist eine gute Diskriminationsfähigkeit der Verfahren nötig, um bei guter Reproduzierbarkeit, Verläufe zuverlässig messen zu können (Hofmann et al. 2015). Assessmentverfahren müssen also den psychometrischen Testgütekriterien entsprechen (► Abb. 11). Für den Einsatz geeigneter Assessmentverfahren bestehen im deutschsprachigen Raum Handlungsempfehlungen der „Arbeitsgruppe Assessment“ (AGAST, Bach et al. 1995) sowie von der „Österreichischen Gesellschaft für Geriatrie und Gerontologie“ (ÖGGG, Sommeregger 2011).

Bislang nehmen Testverfahren zur Erfassung von motorisch-kognitiven Leistungen, trotz ihrer hohen Alltagsrelevanz, einen untergeordneten Stellenwert innerhalb des geriatrischen Assessments ein. Zudem sind motorisch-kognitiver Leistungen ein spezifischer und sensitiver Indikator für kognitive Defizite (Aufmerksamkeitsleistungen), die in engem Zusammenhang mit den komplexen, motorischen Schlüsselqualifikationen im Alter stehen (Baddeley et al. 1991, Muir et al. 2012, Sala & Logie 2001), was die Notwendigkeit geeigneter Assessmentverfahren zur Erfassung dieser Leistungen unterstreicht. Zum Teil liegen geeignete Assessmentverfahren vor, die größtenteils aber noch nicht für Menschen mit Demenz angepasst und umfassend validiert wurden.

<b>Objektivität</b>	•Ist das Versuchsergebnis unabhängig von den Rahmenbedingungen (Randbedingungen)?
<b>Reliabilität</b>	•Ist das Messverfahren zuverlässig reproduzierbar? Ergibt eine Testwiederholung das gleiche Ergebnis?
<b>Validität</b>	•In welchem Maße wird durch den Test inhaltlich tatsächlich das gemessen, was gemessen werden soll?
<b>Veränderungssensitivität</b>	•Gelingt es dem Messverfahren Veränderungen über die Zeit zu erfassen (Interventions-/ Therapieeffekte?)
<b>Durchführbarkeit</b>	•Wie lange dauert der Test? Welche Anforderung an Therapeut / Patient? Ist der Test zu schwer / zu leicht?

**Abbildung 11: Relevante Testgütekriterien für Assessmentverfahren (eigene Darstellung)**

#### 4.1 Testverfahren zur Erhebung von Dual-Task Leistungen

Defizite in den Dual-Task Leistungen stehen in engem Zusammenhang mit motorischen Dysfunktionen (Beauchet et al. 2009), weisen im Vergleich zu funktionellen Basisleistungen eine schnellere Verschlechterung auf (Baddeley et al. 1991; Sala & Logie 2001) und sind ein Risikofaktor für Gangstörungen und Stürze (Alexander & Hausdorff 2008). Aufgrund dessen ist davon auszugehen, dass Defizite in Dual-Task Leistungen sensitive und spezifische Indikatoren für kognitive Verluste sind, wodurch sie das Potenzial haben als diagnostisches Instrument angewendet zu werden und um die Effektivität von Interventionsprogrammen zu überprüfen (Baddeley et al., 1991; Muir et al., 2012; Sala & Logie, 2001). Bislang existiert allerdings, trotz einer Vielzahl von motorisch-kognitiven Testverfahren, kein Goldstandard zur Erfassung von Dual-Task Leistungen für ältere Menschen und Menschen mit Demenz. Häufig genutzte Dual-Task Testkombinationen bei älteren Menschen sind Gehen in Kombination mit einer gleichzeitigen kognitiven Aufgabe, wie z. B. Gehen und Sprechen (Lundin-Olsson et al. 1997), Gehen und Rechnen (z. B. Beauchet et al. 2011; Gimmon et al. 2013; Hofheinz & Schusterschitz 2010; Muhaidat et al. 2013a, 2013b, 2014; McCulloch et al. 2009; Montero-Odasso et al. 2009b; Nordin et al. 2010; Schwenk, et al. 2010; Sheridan et al. 2003; Yang et al. 2016; Yogev et al. 2005), Gehen in Kombination mit visuell-räumliche Arbeitsgedächtnisaufgaben (Schott et al. 2015) oder Gehen kombiniert mit Aufgaben der verbalen Flüssigkeit (z. B. Beauchet et al. 2005; Camicioli et al. 1998; Gimmon et al. 2013; McCulloch et al. 2006, 2009; Muhaidat et al. 2014; Nordin et al. 2010; Verghese et al. 2002b; Yang et al. 2016) oder posturale Kontrolle in Kombination mit einer kognitiven Aufgabe (z. B. Condrón & Hill 2002; Hauer et al. 2003; Makizako et al. 2010).

Weitere Kombinationen mit anderen motorischen Aufgaben wurden nur selten genutzt, obwohl sie zum Teil eine gute Validität aufweisen (z. B. Maximalkraft der unteren Extremitäten und Rechnen, [Hauer et al. 2002](#)) und zur Überprüfung von nicht-automatisierten motorischen Leistungen herangezogen werden könnten. Trotz der großen Anzahl vorhandener Dual-Task Assessmentmethoden, sind diese nur teilweise für ältere Menschen und nicht für Menschen mit Demenz validiert. Bisherige Validierungsstudien überprüften vor allem die Validität und die Test-Retest Reliabilität. Die Durchführbarkeit und Veränderungssensitivität der Dual-Task Assessmentverfahren sind bisher nur mangelhaft oder nicht untersucht. Mit Ausnahme einiger weniger Studien ([McCulloch et al. 2009](#); [Muhaidat et al. 2013a, 2013b, 2014](#); [Nordin et al. 2010](#); [Schott 2015](#); [Yang et al. 2016](#)), analysieren die meisten Untersuchungen nur die psychometrischen Eigenschaften der motorischen, nicht aber der kognitiven Aufgabe unter Dual-Task Bedingungen. Zusätzlich werden die Ergebnismessungen nur anhand der gemessenen Zielvariable (z. B. Ganggeschwindigkeit) unter Single-Task Bedingung (z. B. Gehen) oder unter Dual-Task Bedingungen (z. B. Gehen und Rechnen) dargestellt und nur selten wird die Veränderung der Zielvariablen in Form von relativen DTKs in den Blick genommen. Die Berechnung der DTKs wird zur umfassenden Ergebnisinterpretation von Dual-Task Aufgaben empfohlen, da sie die prozentualen Leistungseinbußen im Vergleich zur alleinigen Ausführung derselben Aufgabe (Single-Task) aufzeigt ([Abernethy 1988](#)) und dadurch eine Messung des tatsächlichen Veränderung der Dual-Task Leistung ist ([Riby et al. 2004](#)). Die identifizierten Validierungsstudien schließen Menschen mit kognitiven Störungen häufig aus, was mit einer Erschwernis der Assessmentabläufe, aufgrund demenzspezifischer kognitiver und motorisch-funktioneller Beeinträchtigungen ([Boyle et al 2002](#)) sowie neuropsychiatrischen Symptomen zu begründen ist ([Aalten et al. 2007](#)), die sich infolge möglicherweise negativ auf die Testleistung auswirken ([Hauer & Oster 2008](#)). Zusammenfassend ist zu betonen, dass die gängigen Dual-Task Assessmentverfahren für ältere Menschen nicht umfassend hinsichtlich der biometrischen Qualität untersucht sind. Bisher wurden keine Assessmentstrategien für Menschen mit Demenz validiert.

#### 4.2 Erhebung motorisch-kognitiver Leistungen durch interaktive Bewegungsspiele (*exergames*)

Zur Überprüfung der Effektivität von *exergames* berichtet die aktuelle Literatur eine große Bandbreite zur Messung der Outcomes ([van Diest et al. 2013](#)). Die Effekte auf motorische und kognitive Funktionen können über traditionelle externe Messungen wie etablierte Paper-Pencil-Tests oder Fragebögen erfolgen. Viele *exergames*, wie beispielsweise die Nintendo Wii Fit, sind mit einer integrierten Sensorik ausgestattet, um über die Erfassung der Körperbewegungen, die Gleichgewichtsfähigkeit zu überprüfen. Die Sensorinformationen werden folgend in quantitative

Daten umgewandelt (z. B. in den Druckmittelpunkt (*center of pressure* [COP], van Diest et al. 2013). Die so erfassten Daten werden genutzt, um den Spielverlauf zu überwachen, die Spielinhalte individuell für den Spielenden anzupassen und um Leistungsscores zu generieren, um dem Spieler unmittelbar eine Rückmeldung (*feedback*) über seine Leistung zu geben (Betker et al. 2007). Diese feedback-bezogenen Leistungsscores wurden in einigen Validierungsstudien untersucht, zeigten aber inkonsistente Ergebnisse im Hinblick auf die Test-Retest Reliabilität und die Validität (Wikstrom 2012; Yamada et al. 2011). Diese uneinheitlichen Ergebnisse lassen annehmen, dass diese Scores für ein klinisches Assessment der Gleichgewichtsfähigkeit ungeeignet sind (Goble et al. 2014). Der Datenfluss der durch die Spielsoftware generiert wird, kann zudem für die Entwicklung spezifischer, computergestützter Testverfahren zur Quantifizierung von Leistungen wie der posturalen Kontrolle genutzt werden (Clark et al. 2015). Validierungsstudien, die die integrierten Tests untersuchten, zeigten, dass diese eine valide und reliable Assessmentmethode für ältere Menschen, mit zum Teil neurologischen Erkrankungen sind (z. B. Bower et al. 2014; Clark et al. 2015). Einschränkend muss gesagt werden, dass die Testaufgaben häufig nicht den Spielaufgaben während des Trainings entsprachen, die meist stärker die motorisch-kognitiven Leistungen beanspruchten. Zur Erfassung von trainingsbezogenen Daten finden sich bislang nur sehr wenige Interventionsstudien bei älteren Menschen, die die ursprüngliche Trainingsaufgabe auch als Assessmentaufgabe nutzten (Schoene et al. 2013; Sihvonen et al. 2004). Bisherige Methoden verwenden zur Erfassung trainingsbezogener Leistungen (z. B. Gleichgewichtsfähigkeit) meist externe Testverfahren, wie den Timed Up and Go-Test (TUG, Podsiadlo & Richardson 1991) oder die Berg Balance Scale (BBS, Berg et al. 1992) ein oder nutzen ein internes Assessment, das aus den Spieldaten konzipiert wird und motorisch-funktionelle Anforderungen stellt (Young et al. 2011). Deshalb beziehen sich die angewendeten Testaufgaben zwar auf ein ähnliches Konstrukt, nicht aber auf die gleiche Anforderung, die in den Trainings- / Spielaufgaben der *exergames* unter Beanspruchung aufmerksamkeitsabhängiger Leistungen in Kombination mit motorischen Anforderungen (Dual-Tasks) gestellt wird (Wiloth 2017).

Obwohl eine steigende Anzahl an Validierungsstudien unterschiedliche computergestützte Bewegungsspiele bei jungen, gesunden Menschen (z. B. Clark et al. 2015; Szturm et al. 2015), aber auch bei Patienten mit Morbus Parkinson (Holmes et al. 2013), bei Patienten nach einem Schlaganfall (Bower et al. 2014) oder gebrechlichen Pflegeheimbewohnern (Sihvonen et al. 2004) untersuchte, besteht ein Mangel an Validierungsstudien für Menschen mit Demenz. Nur die Studie von Suttanon et al. (2011), die die Durchführbarkeit und Test-Retest Reliabilität eines Bewegungsspiels untersuchte, schloss Patienten mit einer diagnostizierten AD ein.



### 4.3 Testverfahren zur Erhebung von Transferleistungen (Sitzen-Stehen-Transfer)

Innerhalb des geriatrischen Assessments werden Transferleistungen beziehungsweise der STS-Transfer zumeist über etablierte motorisch-funktionelle Testverfahren erhoben, die Leistungen wie die Zeit, die benötigt wird, um eine bestimmte Anzahl an STS durchzuführen oder die Anzahl an ausgeführten STS in einer vorgegebenen Zeit messen (Bohannon 1995; Guralnik et al. 1994). Ein weiteres Messverfahren sind beobachtungsbasierte Ratingskalen, die die Selbstständigkeit der Patienten beurteilt von einem Stuhl aufzustehen, wodurch Rückschlüsse auf das Gleichgewicht im Sitzen und der Standphase sowie auf die Kraft der unteren Extremitäten gezogen werden können (z. B. Performance-Oriented Mobility Assessment [Tinetti 1986] und Berg Balance Scale [Berg et al. 1989]). Die Transferleistung stellt innerhalb der Ratingskalen eines von mehreren Items des Gesamttests dar. Vor dem Hintergrund, das STS aber nachgewiesenermaßen keine rein motorische, sondern eine motorisch-kognitive Anforderung ist, wird bei den bisherigen Messverfahren die kognitive Komponente vernachlässigt. Zudem geben die Ergebnisse der beschriebenen Messverfahren zwar einen schnellen Input für die Steuerung von Rehabilitationsmaßnahmen, aber sie gehen nicht auf kompensatorische STS Strategien ein, die im Alter auftreten können und liefern keine detaillierten Informationen über die Qualität des Bewegungsablaufes.

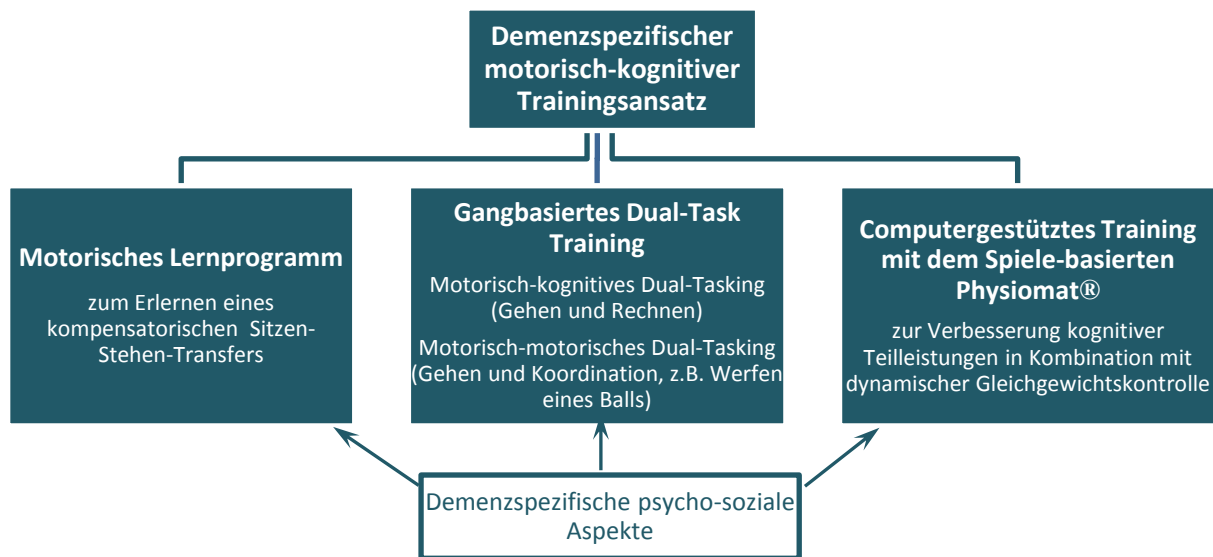
In der klinischen Forschung wurden qualitative Aspekte des STS Bewegungsprozesses bisher mit videogestützten Beobachtungsmethoden (*tracking method*) oder Kraftmessplatten sowie über körperfixierte Sensoren (Accelerometer, Gyroskope) erfasst (z. B. Manckoundia et al. 2006; Scarborough et al. 2007; Schwenk et al. 2012). Jedoch sind diese Messverfahren durch ihre hohen Kosten, den großen Zeitaufwand und die benötigte Expertise für die Interpretation der Messergebnisse nur eingeschränkt anwendbar, was die Implementierung dieses Assessmentansatzes in die klinische Praxis nur bedingt erlaubt (Werner et al. 2016). Der aktuelle Stand der Forschung zur Analyse von STS Bewegungen besagt, dass bisherige Assessmentverfahren die STS-Bewegung, als komplexe und multifaktorielle Bewegung, unzureichend abbilden. Es sind Verfahren notwendig, die sich vor allem auf die qualitativen Aspekte der Transferbewegung fokussieren (Frykberg & Häger 2015). Bei der Entwicklung solcher qualitativen STS Assessmentstrategien muss bedacht werden, dass motorisch-funktionelle Testverfahren für Menschen mit Demenz, aufgrund ihrer demenzspezifischen Defizite innerhalb der Transferleistungen, die vor allem auf eine beeinträchtigte Aufmerksamkeitskontrolle und exekutive Funktionen zurückzuführen sind, ungeeignet erscheinen (Gelinas et al. 1999). Motorische Testungen setzen voraus, dass die Patienten die Testanweisungen verstehen, eine adäquate motorische Aktion entwickeln und sowohl Instruktion als auch die geplante Aktion bei der Ausführung wiedererinnern können. Alle beschriebenen Bedingungen stellen für Menschen mit Demenz mit Hinblick auf ihre Beeinträchtigungen in Ge-

dächtnis, Aufmerksamkeit und Exekutivfunktionen, enorme Schwierigkeiten dar. Vor diesem Hintergrund braucht es für Menschen mit Demenz ein umfassendes STS Assessmentverfahren, das sowohl motorische, als auch kognitive Aspekte berücksichtigt. Bisher existiert ein solches Beobachtungsinstrumente zur Erfassung qualitative Aspekte des STS-Transfers bei Menschen mit Demenz allerdings nicht (Frykberg & Häger 2015).

## 5. Ziele und Fragestellungen der Forschungsarbeit

Die RCT, auf die sich die vorliegende Arbeit bezieht, baut auf vorherigen Studienergebnissen der Forschungsgruppe des AGAPLESION Bethanien Krankenhaus Heidelberg auf. Vor dem Hintergrund des Mangels an validierten, motorisch-kognitiven Assessmentverfahren und limitierter Evidenz zur Wirksamkeit motorisch-kognitiver Trainingsansätze bei Menschen mit Demenz, fokussierte sich die Untersuchung auf die Weiterentwicklung und Evaluation eines Trainingsansatzes motorisch-kognitiver Leistungen. In Abbildung 12 sind die drei Bausteine des demenzspezifischen motorisch-kognitiven Trainingsansatzes dargestellt, der in der zugrundeliegenden RCT zur Anwendung kam. Die Bausteine umfassen ein gangbasiertes Dual-Task Training, ein motorisches STS Lernprogramm und ein computergestütztes, Spiele-basiertes Training.

Der Trainingsansatz baut auf einem demenzspezifischen körperlichen Trainingskonzept nach Schwenk et al. (2008, 2010) auf, das in vorherigen Studien der Arbeitsgruppe entwickelt und erfolgreich evaluiert wurde. Das Konzept berücksichtigt sowohl die motorischen bzw. die spezifischen motorisch-kognitiven Dual-Task-Defizite als auch die noch vorhandenen Ressourcen von Menschen mit Demenz. Die Grundlage des Konzepts bildet ein progressives Kraft- und Funktionstraining zur Verbesserung der Kraft der unteren Extremitäten, um dadurch für den Alltag relevante funktionelle Leistungen, wie Gehen oder den Sitzen-Stehen-Transfer, zu verbessern (vgl. Hauer et al. 2011). Die zweite Komponente bildet aufgrund der hohen Bedeutung bei Menschen mit Demenz das Training der aufmerksamkeitsabhängigen motorisch-kognitiven Dual-Task Leistungen. Die demenzspezifischen psycho-sozialen Aspekte bilden die dritte Komponente und beinhalten unter anderem Anleitungen zur Trainingsorganisation wie auch zur verbalen und non-verbalen Kommunikation mit Menschen mit Demenz. Die Intervention der vorliegenden RCT berücksichtigte diese psycho-sozialen Aspekte und bezog sie auf den angewendeten Trainingsansatz der motorisch-kognitiven Leistungen. Eine Beschreibung der Interventionsinhalte und der Assessmentmethoden ist im folgenden Kapitel (► 6. Methodik) dargestellt.



**Abbildung 12: Bausteine des demenzspezifischen, motorisch-kognitiven Trainingsansatzes (eigene Darstellung)**

Vor dem Hintergrund, mangelhaft validierter oder fehlender Erhebungsmethoden motorisch-kognitiver Leistungen im Bereich des geriatrischen Assessments, wurden in einem ersten Teilprojekt geeignete Assessmentverfahren für Menschen mit Demenz entwickelt (motorisch-kognitive Dual-Task Assessments, Physiomat®-Assessment, Beobachtungsinstrument zur Quantifizierung des STS-Transfers [ACSID]) und umfassend validiert.

Die validen Assessmentmethoden waren die Voraussetzung zur Überprüfung der Wirksamkeit der einzelnen Trainingsbausteine, die in einem zweiten Teilprojekt untersucht wurden.

## 5.1 Fragestellungen und Ziele des primären Forschungsschwerpunktes

Der primäre Forschungsschwerpunkt der Dissertation lag auf der Evaluation der Effekte des motorisch-kognitiven Dual-Task Trainings mithilfe einer speziell für diesen Zweck erprobten (Pilotierung) und validierten Assessmentmethodik für Menschen mit Demenz (*Schriften 4 und 5*). Im Rahmen der Evaluation wurden folgende Fragestellungen innerhalb der Teilprojekte bearbeitet:

### **Hauptfragestellung zur Validierung der Dual-Task Messmethodik für Menschen mit Demenz (Teilprojekt 1):**

- ❖ Besitzen die motorisch-kognitiven Assessmentverfahren zur Erfassung von Dual-Task Leistungen von multimorbiden, gebrechlichen Menschen mit leichter bis mittelgradiger Demenz

die relevanten psychometrischen Gütekriterien der Validität, Reliabilität, Veränderungssensitivität und Durchführbarkeit? (*Schrift 4*)

### ***Hauptfragestellungen zur Effektivität eines demenzspezifischen, gangbasierten Dual-Task Trainings bei Menschen mit Demenz (Teilprojekt 2)***

- ❖ Ist ein spezifisches motorisch-kognitives Training effektiv zur Verbesserung von trainierten Dual-Task Leistungen bei Menschen mit leichter bis mittelgradiger Demenz? (*Schrift 5*)
- ❖ Können Verbesserungen spezifisch-trainierter Dual-Task Leistungen, die durch ein motorisch-kognitives Training hervorgerufen werden, auf halb-trainierte und nicht-trainierte Dual-Task Leistungen übertragen werden (Überprüfung der Transfereffekte der trainierten Dual-Task Leistungen)? (*Schrift 5*)

### ***Nachgeordnete Fragestellung zur Effektivität eines demenzspezifischen, gangbasierten Dual-Task Trainings bei Menschen mit Demenz (Teilprojekt 2)***

- ❖ Bleiben Trainingseffekte und eventuelle Transfereffekte auf motorisch-kognitive Dual-Task Leistungen drei Monate nach Beendigung der Interventionsphase erhalten (Follow-up)? (*Schrift 5*)

## 5.2 Fragestellungen und Ziele der sekundären Forschungsschwerpunkte

Weiterhin wurde eine computergestützte, Spiele-basierte Assessmentstrategie zur Erfassung trainingsbezogener, motorisch-kognitiver Leistungen (Physiomat®-Assessment, *Schrift 6*) und ein speziell entwickeltes Beobachtungsinstrument (ACSID) zur Quantifizierung des STS-Transfers (*Schrift 8*) bei Menschen mit Demenz validiert. Dabei ergaben sich nachfolgende Fragestellungen:

### ***Hauptfragestellung zur Validierung des Physiomat®-Assessments und des Beobachtungsinstruments (ACSID) für Menschen mit Demenz:***

- ❖ Erfüllt das computergestützte Bewegungsspiel Physiomat® zur Erhebung trainingsbezogener, motorisch-kognitiver Leistungen bei Menschen mit beginnender bis mittelschwerer Demenz, relevante psychometrische Gütekriterien? (*Schrift 6*)
- ❖ Besitzt der ACSID zur Quantifizierung eines kompensatorischen Sitzen-Stehen Transfers bei Menschen mit leichter bis mittelgradiger Demenz die relevanten Testgütekriterien? (*Schrift 8*)

Auf Grundlage der validen Messverfahren wurde die Wirksamkeit des Physiomat®-Trainings (*Schrift 7*) und eines standardisierten Lernprogramms zur Verbesserung des STS-Transfers (*Schrift 9*) überprüft. Die Evaluation befasste sich mit folgenden Fragestellungen:

### ***Hauptfragestellung zur Wirksamkeit des Physiomat®-Trainings und des Transfertrainings bei Menschen mit Demenz:***

- ❖ Steigert das Training mit dem computergestützten Bewegungsspiel Physiomat® trainierte, aufmerksamkeitsabhängige Leistungen (Zunahme der Schnelligkeit und Genauigkeit bezüglich der Durchführung, höhere Anzahl erfolgreich durchgeführter Aufgaben) bei Menschen mit beginnender bis mittelschwerer Demenz? (*Schrift 7*)
- ❖ Ist ein standardisiertes motorisches Lernprogramm bei Menschen mit leichter bis mittelschwerer Demenz effektiv, um die Qualität des Sitzen-Stehen-Transfers, genauer einen verbesserten Abruf, die Initiierung und die Umsetzung einer kompensatorischen Transferstrategie, zu verbessern? (*Schrift 9*)

### ***Nachgeordnete Fragestellung zur Wirksamkeit des Physiomat®-Trainings und des Transfertrainings bei Menschen mit Demenz:***

- ❖ Können Menschen mit Demenz die Trainingseffekte, die durch die Anwendung des Physiomats® zu erwarten sind, auch auf nicht-trainierte Physiomat®-Aufgaben, d.h. auf untrainierte, motorisch-kognitive Leistungen, übertragen (Überprüfung des Transfereffekts)? (*Schrift 7*)
- ❖ Bleiben die Trainings-, als auch die Transfereffekte des Physiomats® auch drei Monate nach Beendigung der Interventionsphase erhalten? (*Schrift 7*)
- ❖ Bleiben Trainingseffekte auf die Qualität eines kompensatorischen Bewegungsmanövers (STS) drei Monate nach Interventionsende erhalten (Follow-up)? (*Schrift 9*)

Nachfolgend sind in ► Kapitel 7 Zusammenfassungen der Manuskripte 4-9 dargestellt, welche die Validierung der Assessmentverfahren und die Evaluation der Wirksamkeit der einzelnen Bausteine des motorisch-kognitiven Trainingsansatzes dokumentieren. Die Originalartikel bzw. die finalen, angenommenen Manuskripte befinden sich im Anhang dieser Dissertationsschrift.

## **6. Methodik**

Das folgende Kapitel stellt die Inhalte der drei Trainingsbausteine des motorisch-kognitiven Ansatzes im Einzelnen dar. Im Anschluss werden die Messmethoden beschrieben, die für die Validierungsstudien genutzt und anschließend für die Überprüfung der Effektivität des Trainings herangezogen wurden.

### **6.1 Interventionsprogramm**

Die RCT war als eine 10-wöchigen Interventions- mit einer 12-wöchigen Follow-up-Phase konzipiert. Die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Universität Heidelberg genehmigte

die Studie in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki. Die Studie wurde auf der Homepage zur Registrierung klinischer Studien ([www.isrctn.com](http://www.isrctn.com)) hinterlegt (ISRCTN37232817). Die Interventionsgruppe (IG,  $n=56$ ) absolvierte zweimal wöchentlich für je 1,5 Stunden den demenzspezifischen, motorisch-kognitiven Trainingsansatz (► Abb. 12) in Gruppen von maximal sieben Personen. Die Trainingsinhalte sind in den folgenden Unterkapiteln näher beschrieben. Je ein Trainer übernahm die Anleitung eines motorisch-kognitiven Trainingsbausteins. Die Studienteilnehmer führten nach einer gemeinsamen Aufwärmphase die einzelnen Trainingsbausteine in Gruppen von 2-3 Personen im Rotationsprinzip durch. Die Kontrollgruppe (KG,  $n=49$ ) führte zweimal wöchentlich für je 1 Stunde ein unspezifisches, niedrig-intensives Kraft- und Flexibilitätstraining der oberen Extremitäten aus. Die Intervention fand in einem separaten Trainingsraum unter der Anleitung geschulter Bewegungswissenschaftler statt. In beiden Gruppen wurde ein demenzspezifischer, patientenzentrierter Ansatz mit Fokus auf emotionale Aspekte, wie Respekt, Bestätigung und Empathie sowie eine für Menschen mit Demenz angepasste Kommunikationsstrategie, angewendet (Kitwood & Brendin, 1992).

Im Folgenden werden die Inhalte der einzelnen Trainingsbausteine des motorisch-kognitiven Trainingsansatzes beschrieben.

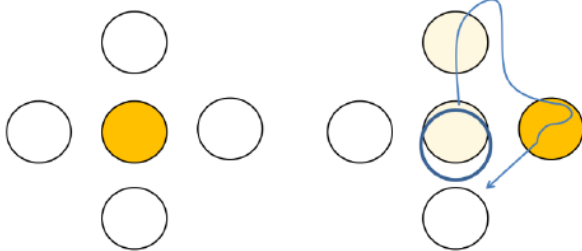
### *6.1.1 Gangbasiertes Dual-Task Training*

Innerhalb jeder Trainingseinheit erhielten die Teilnehmer ca. 20 Minuten individuell betreutes, spezifisches Dual-Task Training („Gehen und Rechnen“). Zu Beginn starteten die Teilnehmer mit rein motorischem Gehtraining über eine 10-Meter Distanz. Nachdem die Teilnehmenden sicher und ohne sichtbare Ganginstabilität die Strecke bewältigen konnten, wurde das Anforderungsniveau auf wenig anspruchsvolles Dual-Tasking gesteigert (Gehen in Kombination mit der halbautomatischen Vorwärtsrechnung in 2er-Schritten). Wenn die Geh- mit der leichteren Rechenaufgabe gleichzeitig und ohne Rechenfehler oder Stehenbleiben bewältigt werden konnten, wurde die Anforderung auf das anspruchsvollere, komplexe Dual-Tasking gesteigert (Gehen in Kombination mit den nicht-automatisierten Rückwärtsrechnungen in 3er-Schritten). Die Rechnungen starteten von einer zufällig gewählten zweistelligen Zahl. Die Teilnehmenden erhielten die Instruktion so schnell wie möglich zu gehen und zu rechnen ohne eine Aufgabe bewusst zu priorisieren.

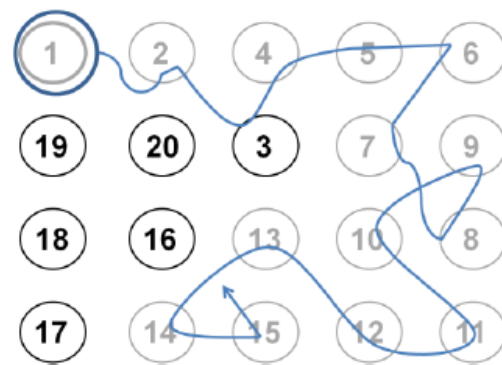
### *6.1.2 Physiomat®-Training*

Innerhalb jeder Trainingseinheit trainierten die Teilnehmer im Einzeltraining etwa 10 Minuten am Physiomat®. Ziel der ersten Trainingseinheit war, über einfache Übungen des Gleichgewichts (z.B. Gewichtverlagerung auf der flexiblen Messplatte), die mit verbalen standardisierten Cues verknüpft waren, die Gewöhnung der Teilnehmenden an den Physiomat®. Nach korrekter Aus-

führung der „Gewöhnungsübungen“ wurden in den folgenden Trainingseinheiten die „Follow-the-Ball-Task“ (FTBT, Einführungsübung) und die „Physiomat®-Trail-Making-Task“ (PTMT) trainiert (detailliertere Informationen zur Methodik ► Kapitel 6.2.2 „*Physiomat®-Assessment*“). Bei der FTBT wurden die Anweisungen gegeben, den Cursor mit Hilfe von Gewichtsverlagerungen aus der Mitte des Bildschirms, so schnell wie möglich zu dem Ziel zu bewegen, das durch einen gelben Ball angezeigt wurde (► Abb. 13). Die nachfolgende PTMT beinhaltete fünf Leistungsstufen, die sich in der kognitiven Anforderung bzw. in der Anzahl der zu verbindenden Zahlen steigerte. Die Teilnehmenden wurden aufgefordert mit dem Cursor die Zahlen auf dem Bildschirm in aufsteigender Reihenfolge so schnell wie möglich zu verbinden (► Abb. 14). Die Anzahl der zu verbindenden Zahlen wurde mit dem Trainingsfortschritt gesteigert, d.h. wenn die Teilnehmer eine Aufgabe korrekt und ohne taktile oder verbale Unterstützung durchführen konnten. Das Trainingsziel war es, alle Schwierigkeitslevel selbstständig und mit maximaler Bewegungsgeschwindigkeit ausführen zu können.



**Abbildung 13: Physiomat-Follow-the-Ball-Task (Wiloth 2017)**



**Abbildung 14: Physiomat-Trail-Making-Task (Wiloth 2017)**

### 6.1.3 Lernprogramm zur Verbesserung eines kompensatorischen STS-Transfers

Während jeder Gruppensitzung führten die Teilnehmer ein motorisches Lernprogramm zum Training eines kompensatorischen STS Bewegungsmanövers für je ca. 15 Minuten durch. Auf Grundlage vorheriger Studien des Lernen motorischer Fähigkeiten oder Alltagskompetenzen (van Halteren-van Tilborg et al. 2007; de Werd et al. 2013) sowie Empfehlungen zur Förderung körperlichen Trainings bei Menschen mit Demenz (Oddy, 1987; Schwenk et al. 2008), wurde eine spezifische Lehrmethodik und Übungsbedingungen angewendet, um das Erlernen des kompensatorischen STS-Manövers zu unterstützen, wie z. B. der Einsatz von verbalen Instruktionen und Stichwörtern, haptische Unterstützung oder das Üben mit vielen Wiederholungen. Der Bewegungsablauf des STS wurde initial in fünf Bestandteile zerlegt, um das Training ausgehend von den einzelnen Be-

wegungskomponenten hin zur Gesamtbewegung aufzubauen (*parts-to-whole practice* [Schmidt, & Lee, 2005]). Die Bestandteile waren:

- 1) anteriore Verschiebung (vorrutschen) des Gesäßes,
- 2) posteriore Verschiebung (ranziehen) der Füße,
- 3) Aufrichten des Oberkörpers,
- 4) übermäßige Rumpfflexion (Verlagerung des Körperschwerpunktes über die Unterstützungsfläche),
- 5) Aufstehen.

Jede der Teilbewegungen war für das Training mit einem standardisierten verbalen *Cue* markiert (z. B. „An die Stuhlkante vorrutschen“). Während der schrittweisen Bewegungsdemonstration unterstützte der Trainer mit den spezifischen *Cues* die Teilbewegungen, um die Teilnehmenden zu der Bewegung zu motivieren, um deren Aufmerksamkeit auf die spezifischen Komponenten des STS Transfers zu richten, um so die Bewegungsvorbereitung und Initiierung zu fördern und um insgesamt das Abspeichern und den Abruf der trainierten Bewegungsmanöver zu unterstützen (Landin 1994). Die Trainingsgruppe wurde unmittelbar aufgefordert, der Demonstration zu folgen und die Bewegungen des Trainers zu spiegeln. Das kompensatorische STS Training folgte der sogenannten „*forward chaining method*“, d. h. beginnend mit der ersten Komponente, wurde jede weitere Komponente in den Trainingsprozess eingebunden, sobald die Teilnehmer die vorherige Bewegungsfrequenz fehlerfrei durchführen konnten. Dieser Prozess wurde so lange verfolgt, bis die „Kette“ alle fünf Teilbewegungen beinhaltete und das gesamte kompensatorische STS-Bewegungsmanöver fehlerfrei durch die Teilnehmenden gespiegelt und ausgeführt werden konnte. Mit Fortschreiten des Trainings wurden die Hilfestellungen (taktile Unterstützung, verbale *Cues*) schrittweise verringert. In einem letzten Schritt wurde die Bewegungsstrategie mit den erlernten verbalen *Cues* von den Teilnehmern selbst und nicht mehr durch den Trainer demonstriert (O’Sullivan 2010).

## 6.2 Messmethoden

### 6.2.1 Messung der motorisch-kognitiven Dual-Task Leistung

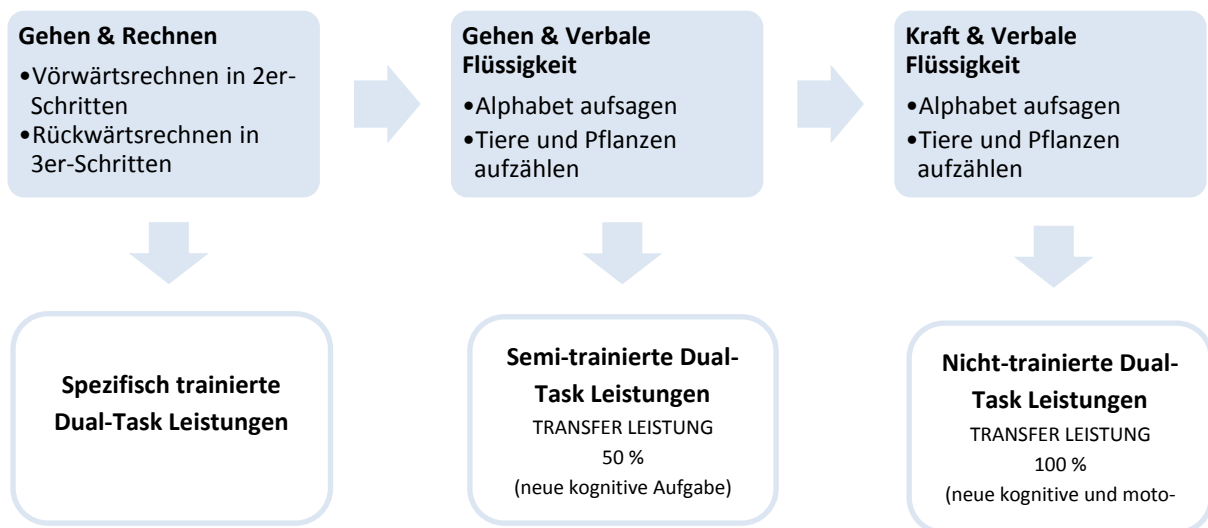
Die Messung der Dual-Task Leistungen erfolgte über drei unterschiedliche Testverfahren. Vor dem Hintergrund, dass zwar eine Vielzahl an Dual-Task Testverfahren besteht, diese aber nur unzureichend für Ältere und nicht für Menschen mit Demenz validiert wurden, erfolgte die Messung der Dual-Task Leistungen über drei verschiedene motorisch-kognitive Testverfahren, die hinsichtlich ihrer psychometrischen Kriterien überprüft und zur späteren Analyse der Trainingseffekte genutzt wurden. Alle Tests folgten dem etablierten Modell des Dual-Taskings, das eine kognitive mit einer motorischen Aufgabe verbindet. Untersucht wurden folgende Dual-Task Tests:



- 1) Gehen und Rechnen (fortlaufende Vorwärtsrechnungen in 2er-Schritten und Rückwärtsrechnungen in 3er-Schritten),
- 2) Gehen in Kombination mit einer verbalen Flüssigkeitsaufgabe (Aufsagen des Alphabets und Tiere und Pflanzen aufzählen),
- 3) Maximalkraft der Beinextensoren in Kombination mit einer verbalen Flüssigkeitsaufgabe (Aufsagen des Alphabets und Tiere und Pflanzen aufzählen)

Da kein Goldstandard zur Erfassung motorisch-kognitiver Dual-Task Leistungen für ältere Menschen mit und ohne kognitive Beeinträchtigungen vorliegt, wurde als primärer Test der am besten etablierte motorisch-kognitive Test „Gehen und Rechnen“ ausgewählt, der auch den Inhalt des motorisch-kognitiven Trainings in der IG darstellte. Um zu überprüfen, ob Trainingseffekte auf andere Dual-Task Situationen transferierbar sind, wurde schrittweise die „Distanz“ zu der trainierten Dual-Task Aufgabe erhöht, um so die erwartete Translationsleistung bestimmen zu können. In einem ersten Schritt wurde die kognitive Aufgabe durch einen anderen etablierten kognitiven Test (verbale Flüssigkeitsaufgaben) ersetzt (semi-trainierte Dual-Tasks). In einem zweiten Schritt wurde die automatisierte motorische Schlüsselqualifikation „Gehen“ durch einen nicht-automatisierten Krafttest der unteren Extremitäten ersetzt (nicht-trainierte Dual Tasks) (► Abb. 15). [Hauer et al. \(2002\)](#) nutzen diese Krafttestung in Kombination mit einer anderen kognitiven Aufgabe bereits erfolgreich, um erfolgreich die Effekte einer Dual-Task Belastung bei geriatrischen Patienten mit und ohne kognitive Schädigung nachzuweisen. Die Gangleistung wurde mit Hilfe der elektronischen Ganganalysemethode GAITRite® (CIR Systems Inc., Havertown, PA) durch die Berechnung räumlicher und zeitlicher Gangparameter (gait speed, cadence, stride length, heel-to-heel-base support, single support [%], double support [%]) erfasst. Die maximale, isometrische Kraft der Beinextensoren (in Newton [N]) wurde über das computergestützte Kraftmessgerät Diagnos 40 (Schnell Trainingsgeräte GmbH, Peutenhausen) über eine voreingestellte Dauer von 5 Sekunden gemessen (vgl. [Hauer et al. 2002](#)).

Die kognitiven Aufgaben beinhalteten jeweils aus Aufgaben, die sich hinsichtlich ihres Anforderungsniveaus unterschieden. Die Rechenaufgabe bestanden aus Vorwärtsrechnungen in 2er-Schritten, die für Menschen mit leichter bis mittelgradiger Demenz eine weniger anspruchsvolle, halb-automatisierte Aufgabe darstellen ([Hauer et al. 2002, 2003](#); [Schwenk et al. 2010](#)) und aus anspruchsvolleren, nicht-automatisierten Rückwärtsrechnungen in 3er-Schritten mit dem Schwerpunkt auf das Arbeitsgedächtnis ([Schwenk et al. 2010](#)). Die verbalen Flüssigkeitsaufgaben beinhalteten ebenso eine einfachere, halb-automatisierte Aufgabe (Aufsagen des Alphabets, vgl. [Verghese et al. 2002b](#)) und eine schwierigere, nicht-automatisierte Aufgabe (Aufzählen von Tieren und Pflanzen).



**Abbildung 15: Dual-Task Assessmentverfahren mit ansteigender Transferleistung (eigene Darstellung)**

Alle Dual-Task Tests wurden vor Studienbeginn für die spezifische Zielgruppe pilotiert, um die Umsetzbarkeit zu prüfen und um möglichen Boden- und Deckeneffekte vorzubeugen.

Initial wurden die maximale Gehgeschwindigkeit und die Maximalkraft sowie die kognitiven Aufgaben (im Sitzen) als Einzelaufgaben (Single-Task) dokumentiert. Um systematische Verzerrungen (z. B. durch motorische Lernen oder Ermüdung) zu verhindern, führten die Teilnehmer die Aufgaben jedes Dual-Task Test in randomisierter Reihenfolge aus:

- Single-Task der motorischen Aufgabe
- Dual-Task mit der leichteren kognitiven Anforderung (Vorwärtsrechnen in 2er-Schritten oder Aufsagen des Alphabets)
- Dual-Task mit der anspruchsvolleren kognitiven Anforderung (Rückwärtsrechnen in 3er-Schritten oder Aufzählen von Tieren und Pflanzen)

Neben den absoluten Werten für Motorik (maximale Gehgeschwindigkeit (cm/sec), Maximalkraft (N) und Kognition (richtige Nennungen/sec), wurden die relativen DTKs (%) für motorische und kognitive Leistungen berechnet, die als Leistungsverlust unter Dual-Task Bedingungen im Vergleich zu der Single-Task Bedingung definiert sind. Die DTKs wurden mit Hilfe folgender Formeln berechnet:  $([\text{Dual-Task} - \text{Single-Task}] / \text{Single-Task} \times 100)$  (Abernethy 1988). In Ergänzung erfolgte die Kalkulation der kombinierte motorisch-kognitiven DTKs  $([\text{motorische DTK} + \text{kognitive DTK}] / 2)$ , um eine unterbewusste Priorisierung einer Aufgabe zu vermeiden (Verghese et al. 2007).

### 6.2.2 Physiomat®-Assessment

Der Physiomat® (Physio=physiological, M=medical, A=active, T=therapy; EPL Medizintechnische Produktionsgesellschaft mbH, Winnweiler) wurde primär als Trainingsgerät zum Training

der Gleichgewichts- und Koordinationsfähigkeit konzipiert. Das Wirkungsprinzip des Physiomats<sup>®</sup> basiert auf einer Kombination von Drehgelenken an zwei voneinander unabhängigen Ebenen. Somit werden Kipp- und Rotationsbewegungen ermöglicht, wodurch der Bewegungsablauf dreidimensional dargestellt werden kann. Mit Hilfe von zwei Wegsensoren werden anteriore-posteriore Bewegungen sowie medio-laterale Schwenkbewegungen erfasst und somit die Bewegung der Standplattform über Widerstandsänderungen gemessen. Die erhobenen Daten werden in sogenannte Einheitssignale (normierte elektrische Signale, die einen digitalen Zahlenwert liefern) umgewandelt, wodurch die Bewegungen der Messplatte übertragen werden. Aus diesen Daten lassen sich räumlich-zeitliche Parameter (*sway path* und *sway area*) ableiten.

Für das computergestützte, Spiele-basierte Training innerhalb der RCT wurde ein spezielles Trainings- und Assessmentprogramm entwickelt, das auf eine Verbesserung der motorisch-kognitiven Leistungen bei Menschen mit Demenz abzielte. Dabei entsprachen die Assessmentaufgaben den Trainingsaufgaben, wodurch eine direkte, trainingsbezogene Datenerfassung möglich war. Der Inhalt der Physiomat<sup>®</sup>-Aufgaben basierte auf einem international etabliertem neuropsychologischen Testverfahren (ZVT, Oswald & Fleischmann 1997), mit dessen Hilfe die PTMTs entwickelt wurden. Die PTMTs umfassen Aufgaben verschiedener Schwierigkeitsstufen, bei denen mit ansteigendem Niveau immer mehr Zahlen verbunden werden müssen. Das heißt, der Schwierigkeitsgrad wurde primär über die kognitive Anforderung definiert, wobei die motorische Aufgabe (mit Ausnahme der Dauer der Ausführung) gleich blieb. Die Teilnehmer erhielten die Anweisung mit dem Cursor, der auf dem Bildschirm erschien und die Knick-, Seitwärtsneigungs- und Rotationsbewegungen anzeigte, die Zahlen auf direktem Weg so schnell wie möglich über Gleichgewichtsverlagerungen und in aufsteigender Reihenfolge zu verbinden (► Abb. 14). Die unterschiedlichen Anforderungsniveaus beinhalteten das Verbinden von 4, 7, 9, 14 und 20 Zahlen. Um bei der Überprüfung der Effekte des Physiomat<sup>®</sup>-Trainings zu untersuchen, ob ein Transfer der erworbenen Leistungen stattfand, wurden auch untrainierte PTMTs getestet, bei denen sich die Reihenfolge der zu verbindenden Zahlen von der trainierten PTMT unterschied. Die Plattform des Physiomats<sup>®</sup> war nicht fixiert, so dass Bewegungen, die durch die Teilnehmer kontrolliert werden mussten, in alle Richtungen möglich waren. Die Bewegungsamplitude wurde dabei aus Sicherheitsgründen durch das Anbringen von Gummiringen (bei jedem Teilnehmer individuell, aber immer die gleiche Anzahl) an den Ecken der Messplatte limitiert. Zusätzlich hielten sich die Teilnehmenden während der Aufgabenausführung an Handgriffen fest, um die Bewegungen besser zu kontrollieren. Neben den PTMTs führten die Teilnehmer die Physiomat<sup>®</sup>-FTBT durch, bei der der Cursor einen gelben Ball, der in der Mitte des Bildschirms erschien, schnellstmöglich „verfolgen“ sollten. Die motorische und kognitive Anforderung bei dieser Aufgabe blieb immer gleich (► Abb 13). Zusätzlich wurden Physiomat<sup>®</sup>-Balance Tasks (PBTs) durchgeführt, bei denen die posturale Standkontrolle ohne Festhalten an den Handgriffen gefordert war. Innerhalb der PBTs wurde das

motorische Anforderungsniveau über die Länge der Aufgabe (3, 10 und 30 Sekunden) gesteigert. Die Teilnehmer sollten bei der Aufgabe so ruhig wie möglich auf der Messplatte stehen, wobei sie den Cursor (gelber Kreis) in der Mitte des Bildschirms halten sollten. Für diese Aufgabe wurde die messplatte mit zusätzlichen Gummiringen abgesichert, um das Ausmaß der Bewegungen zu reduzieren.

### 6.2.3 Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers in People with Dementia (ACSID)

Der ACSID wurde speziell zur Erfassung motorischer und kognitiver Aspekte während der kompensatorischen Bewegungsausführung des STS-Transfers bei Menschen mit Demenz entwickelt. Die fünf Items, die der ACSID bewertet, entsprechen den Unterphasen des Trainings der kompensatorischen STS-Strategie (► Abb. 16). Vor dem Hintergrund, dass demenzspezifische Störungen in der motorischen Handlungsorganisation insbesondere mit Defiziten der Exekutivfunktionen verbunden sind, erhebt der ACSID auch die kognitiven Aspekte des kompensatorischen STS-Transfers. Dazu wird jedes Item nochmals in zwei Dimensionen unterteilt:

- (1) *Retrieval/Recall and Initiation (RI)*: erfasst die Fähigkeit STS Bewegung abzurufen und zu initiieren;
- (2) *Effective Performance (EP)*: bewertet die effektive Handlungsausführung, d. h. ob die Bewegung vollständig und wie beabsichtigt ausgeführt wurde.

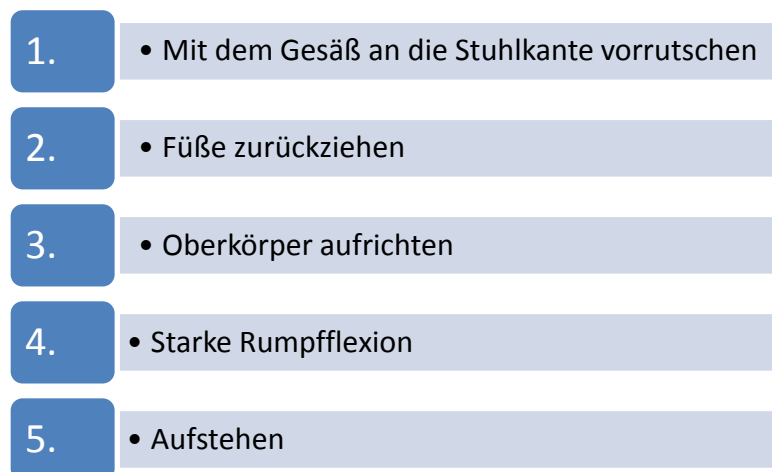


Abbildung 16: Die 5-Items des ACSID (Phasen des kompensatorischen STS Manövers, eigene Darstellung nach Werner et al. 2016)

Die fünf Phasen der kompensatorischen Transferbewegung bzw. die Items werden jeweils für beide Dimensionen dichotom bewertet (0=nein, 1=ja) und zu einer Summe für jede Dimension aufsummiert (ACSID-RI, 0-5 Punkte, ACSID-EP, 0-5 Punkte). Zieht der Patient beispielsweise die Füße leicht in Richtung Stuhl, allerdings nicht weit genug, dass er sie optimal unter die Unter-

stützungsfläche bringt, so erhält er für das Item „Füße zurückziehen“ 1 Punkt für den Abruf und die Initiierung der Handlung (ACSID-RI), aber keinen Punkt für die effektive Handlungsausführung (ACSID-EP). Aus beiden Teilsummen des ACSID-RI und des ACSID-EP wird ein ACSID-Gesamtscore errechnet (ACSID-T, 0-10Punkte).

Das Assessment der kompensatorischen STS Bewegungsstrategie wurde anhand eines standardisierten Testprotokolls durchgeführt. Initial wurden die Patienten gebeten einmalig und ohne ihre Arme einzusetzen, aufzustehen, um generell ihre Aufstehfähigkeit ohne Assistenz zu prüfen. Für die Testung nahmen die Patienten auf einem Stuhl ohne Rücken- und Armlehnen Platz, der auf 100% der Kniehöhe (Distanz Boden zum medialen Tibiaplateau) eingestellt war (Scarborough et al. 1999). Wenn es den Patienten nicht möglich war aufzustehen, wurde die Sitzhöhe auf 110% (120%) der Kniehöhe angepasst (Schwenk et al. 2012). Im Anschluss demonstrierte der Testleiter einmalig die kompensatorische STS Bewegungsstrategie unterstützt mit den standardisierten verbalen Cues (► Kapitel 6.1.3). Danach wurden die Patienten instruiert, 5x unter Anwendung der gezeigten Kompensationsstrategie aufzustehen. Die Patienten starteten aus einer ihnen bequemen Sitzposition. Gesäß- und Fußpositionen wurden nicht standardisiert. Die Testung erlaubte keine körperliche oder kognitive Unterstützung durch den Testleiter.

## 7. Evaluation der Methoden und Effekte eines motorisch-kognitiven Trainings bei Menschen mit Demenz

### 7.1 Ergebnisse der primären Forschungsschwerpunkte

#### 7.1.1 Validierung motorisch-kognitiver Dual-Task Assessmentstrategien bei Menschen mit Demenz [Schrift 4]

---

Lemke NC, Wiloth G, Werner C, & Hauer K (2017). Validity, test-retest reliability, sensitivity to change and feasibility of motor-cognitive dual task assessments in patients with dementia. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 70, 169–179.

---

#### Hintergrund und Zielsetzung

Die Fähigkeit mehrere Aufgaben gleichzeitig zu bewältigen (Dual-Tasking) nimmt mit dem Alter ab. Menschen mit Demenz weisen im Verlauf der Erkrankung aufgrund von beeinträchtigten Aufmerksamkeitsleistungen und Exekutivfunktionen überdurchschnittlich hohe Verluste dieser Dual-Task Fähigkeit auf. Dual-Task Defizite stehen in engem Zusammenhang mit motorischen Dysfunktionen (wie z. B. Stürze) und weisen im Vergleich zu funktionellen Basisleistungen eine schnellere Verschlechterung auf. Aufgrund dessen ist davon auszugehen, dass Defizite in Dual-Task Leistungen sensitive und spezifische Indikatoren für kognitive Verluste, wodurch sie das Potenzial haben als diagnostisches Instrument angewendet zu werden. Aktuell besteht trotz einer

Vielzahl von motorisch-kognitiven Testverfahren kein Goldstandard zur Erfassung von Dual-Task Leistungen für ältere Menschen und Menschen mit Demenz. Die Testverfahren sind nur teilweise für ältere Menschen validiert. Umfangreiche Untersuchungen relevanter psychometrischer Testgütekriterien für Menschen mit Demenz fehlen. Ziel der Studie war daher eine umfassende Validierung von unterschiedlichen motorisch-kognitiven Assessmentverfahren zur Erfassung der Dual-Task Leistung bei Menschen mit Demenz.

### **Methodik**

Die Validierungsstudie wurde bei einem geriatrischen, multimorbiden Kollektiv ( $n=105$ , Alter  $82.7 \pm 5.9$ ) mit einer beginnenden bis mittelschweren Demenz ( $\bar{x}$  MMST: 21.9) durchgeführt und fand im Rahmen einer randomisierten, kontrollierten Interventionsstudie statt. Die Studie umfasste die Analyse der Konstruktvalidität (Berechnung von Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten [ $r_s$ ] mit etablierten motorisch-funktionellen und kognitiven Tests sowie zwischen den unterschiedlichen Dual-Task Assessmentverfahren), der Test-Retest Reliabilität (Berechnung von Inter-Klassen-Korrelationskoeffizienten [ICCs]), der Veränderungssensitivität (Berechnung von Effektstärken [*Standardized Response Means* / SRMs] für die IG) und die Durchführbarkeit (Dokumentation der Testdauer [in min] und von kritischen Ereignissen, wie z. B. Stürze).

Folgende Dual-Task Assessmentverfahren wurden bezüglich ihrer Testgütekriterien untersucht:

1. Gehen und Rechnen (+2er-Schritte, -3er-Schritte)
2. Gehen mit einer verbalen Flüssigkeitsaufgaben (Nennung *ABC* und *Tiere/Pflanzen*)
3. Krafttestung der unteren Extremitäten mit einer verbalen Flüssigkeitsaufgabe (Nennung *ABC* und *Tiere/Pflanzen*)

Die Analysen wurden für motorische und kognitive Leistungen unter Dual-Task Bedingungen durchgeführt, sowie für die relativen DTKs für Motorik, Kognition und die kombinierten motorisch-kognitiven Leistungen.

### **Wesentliche Ergebnisse**

Die Analysen der Konstruktvalidität zeigten zwischen den einzelnen Dual-Task Testverfahren zeigte moderate bis hohe Korrelationen für die motorischen Aufgaben ( $r_s=0.29-0.90$ ), geringe bis hohe Korrelationen für die kognitiven Aufgaben ( $r_s=0.12-0.55$ ), sowie geringe bis hohe Korrelationen für die relativen Dual-Task-Kosten (motorische DTK  $r_s=0.02$  bis 0.61, kognitive DTK  $r_s=-.19$  bis 0.06, kombinierte DTK  $r_s=-0.11$  bis 0.31). Korrelationen zwischen motorisch-funktionellen oder kognitiven Testverfahren zeigten moderate bis hohe Korrelationen für die motorischen Aufgaben unter Dual-Task Bedingungen ( $r_s=0.25-0.84$ ), geringe bis moderate Korrelationen für die kognitiven Aufgaben unter Dual-Task Anforderungen ( $r_s=-0.10$  bis 0.46) sowie geringe bis moderate Korrelationen für die relativen Dual-Task-Kosten (motorische DTK  $r_s=-0.09$  bis 0.17, kognitive DTK  $r_s=-0.03$  bis 0.21, kombinierte DTK  $r_s=-0.07$  bis 0.26). Die Analyse der

Test-Retest Reliabilität ergab gute bis ausgezeichnete Korrelationen zwischen dem Test und Re-test für die motorischen (ICC=0.75–0.96) und die kognitiven (ICC=0.51-0.88) Aufgaben unter Dual-Task Bedingungen. Für die relativen Dual-Task Kosten zeigten sich geringe bis moderate Korrelationen (motorische DTK ICC=0.10 bis 0.74, kognitive DTK ICC=0.05 bis 0.65, kombinierte DTK ICC=0.15 bis 0.71). Die Ergebnisse bestätigen der trainierten Dual-Task Bedingung (Gehen und Rechnen) eine moderate bis ausgezeichnete Veränderungssensitivität ( $p \leq .01$ ). Dabei zeigten sich geringe bis hohe Effektstärken für die motorischen Gangparameter (SRM=0.30–1.12), hohe Effektstärken für die kognitiven Rechenaufgaben (SRM=0.82–0.95) unter Dual-Task Bedingungen und geringe bis hohe Effektstärken für die relativen Dual-Task Kosten (motorische DTK SRM=0.15–0.77, kognitive DTK SRM=0.56-0.98, kombinierte DTK SRM=0.40–1.10). Die Durchführbarkeit der Dual-Task Assessmentverfahren war gut. Es traten keine kritischen Ereignisse, wie zum Beispiel, Stürze auf. Die Testdauer betrug zwischen 13 und 17 Minuten wobei individuellen Pausen inklusive waren.

### **Schlussfolgerung**

Die Ergebnisse der Validierungsstudie weisen auf akzeptable bis exzellente psychometrische Gütekriterien aller Dual-Task Assessmentverfahren bei Menschen mit Demenz hin. Die höchste biometrische Qualität konnte für die gangbasierten Dual-Task Tests „Gehen und Rechnen“ und „Gehen und Verbale Flüssigkeit (ABC aufsagen)“ nachgewiesen werden.

### *7.1.2 Direkte und nachhaltige Effekte eines gangbasierten motorisch-kognitiven Dual-Task Trainings bei Menschen mit Demenz [Schrift 5]*

---

**Lemke NC, Werner C, Wiloth S, Oster P, Bauer J, & Hauer K (submitted).** Transferability and Sustainability of Motor-Cognitive Dual-Task Training in Patients with Dementia: A Randomized Controlled Trial. *Submitted (22.12.2017)*

---

### **Hintergrund und Zielsetzung**

Defizite in Dual-Task Leistungen können ein früher Indikator einer Demenz sein, können bei älteren Menschen mit und ohne kognitive Beeinträchtigung durch spezifische Trainingsprogramme aber auch nachweislich verbessert werden. Bisher bleiben die Fragen offen, ob und mit welchem Ausmaß trainierte Dual-Task Leistungen auf untrainierte Dual-Task Situationen übertragen werden können (Stichwort: Transferleistung). Ziel der Studie war es deshalb, direkte und nachhaltige (Transfer-) Effekte eines spezifischen motorisch-kognitiven Dual-Task Trainings bei Menschen mit einer Demenz zu untersuchen und zu analysieren, ob das Training nachhaltige Effekte auf die Dual-Task Leistungen hat.

## Methodik

In die 10-wöchige randomisierte, kontrollierte Interventionsstudie wurden 105 Menschen mit einer Demenz eingeschlossen. Die IG führte ein gangbasiertes Dual-Task Training („Gehen und Rechnen“) durch. Die KG nahm an einem unspezifischen, niedrig-intensivem Übungsprogramm teil. Zur Erfassung der Trainings- und Transfereffekte wurden die Dual-Task Leistungen unter drei Bedingungen gemessen: „Gehen und Rechnen“ (+2er und -3er [spezifisch trainiert]), „Gehen kombiniert mit einer Aufgabe der verbalen Flüssigkeit“ (ABC und Tiere/Pflanzen benennen [halb-trainiert]) und „Maximalkraft der unteren Extremitäten mit einer Aufgabe der verbalen Flüssigkeit (ABC und Tiere/Pflanzen benennen [nicht-trainiert]). Sowohl die motorische als auch die kognitive Leistung wurde als Einzelaufgabe (Single-Task) und als Doppelaufgabe (Dual-Task). Die absoluten motorischen und kognitiven Leistungen sowie die relativen DTK für motorische, kognitive und kombinierte (motorisch-kognitive) Leistungen wurde vor dem Training (T1), nach dem Training (T2) und 3 Monate nach Trainingsende (T3) erhoben. Primäre Studienendpunkte wurden definiert als die absoluten Werte und die relativen DTKs der motorischen und kognitiven Leistung unter Dual-Task Bedingungen.

## Wesentliche Ergebnisse

Die IG zeigte signifikante Verbesserungen der trainierte Dual-Task Anforderung „Gehen und Rechnen“ für die absoluten motorischen ( $p_{Motorik} < .001-.011$ ,  $\eta^2 = .071-.249$ ) und kognitiven ( $p_{Kognition} < .001-.047$ ,  $\eta^2 = .044-.295$ ) Werte. Die DTKs konnten für die trainierte Dual-Task Aufgabe signifikant reduziert werden motorische (DTKs:  $p < .001-.052$ ,  $\eta^2 = .042-.246$ ; kognitive DTKs:  $p < .001-.004$ ,  $\eta^2 = .097-.172$ ; kombinierte DTKs:  $p < .001-.001$ ,  $\eta^2 = .136-.243$ ). Es zeigten sich signifikante Transfereffekte auf die halb-trainierte Dual-Task Anforderung „Gehen mit einer Aufgabe der verbalen Flüssigkeit“ bei den absoluten motorischen Werten ( $p < .001-.016$ ,  $\eta^2 = .068-.150$ ), zum Teil bei der absoluten motorischen Leistung ( $p_{Pflanzen\ benennen} = .026$ ,  $\eta^2 = .059$ ) und für die motorischen Dual-Task Kosten ( $p = .016-.052$ ,  $\eta^2 = .044-.067$ ). Die kognitiven DTKs zeigten keine Effekte. Die kombinierten DTKs wiesen eine signifikante Reduktion für die halb-trainierte Dual-Task Aufgabe „Gehen und Alphabet aufzählen“ auf ( $p = .023$ ,  $\eta^2 = .060$ ). Transfereffekte auf die gänzlich untrainierte Dual-Task Anforderung „Kraftleistung mit einer Aufgabe der verbalen Flüssigkeit“ konnten nicht nachgewiesen werden.

Die Effekte für die trainierten Dual-Task Bedingung blieben für die meisten Untersuchungsergebnisse nach einer 3-monatigen Nachuntersuchungszeit erhalten ( $p_{Motorik} = .009-.038$ ,  $\eta^2 = .051-.089$ ;  $p_{Kognition\ 3er-Schritte\ rückwärts} = .001$ ,  $\eta^2 = .157$ ;  $p_{motorische\ DTK} = .004-.034$ ,  $\eta^2 = .060-.107$ ;  $p_{kognitive\ DTK} = .001-.004$ ,  $\eta^2 = .107-.138$ ;  $p_{kombinierte\ DTK} < .001-.001$ ,  $\eta^2 = .152-.187$ ). Die Transferwirkung auf die halb-trainierten DT Anforderungen, die direkt nach der Intervention gefunden wurden, blieben nicht nachhaltig bestehen. Es zeigten sich aber signifikante Verbesserungen nach 3 Monaten in einer anderen halb-trainierten Dual-Task Situation („Gehen in Kombination mit Pflanzen benennen“).



Keine signifikanten nachhaltigen Transfereffekte konnten für die komplett untrainierten Dual-Tasks dargestellt werden.

### **Schlussfolgerung**

Die Ergebnisse der randomisierten kontrollierten Interventionsstudie bestätigen, dass ein spezifisches motorisch-kognitives Training die Dual-Task Leistung von Menschen mit Demenz verbessert und die Effekte auch nach einer Follow-Up Periode erhalten bleiben. Die Trainingseffekte konnten zum Teil auf neue Dual-Task Situationen transferiert werden. Die Transfereffekte blieben zum Teil auch nach dem Trainingsende erhalten. Mit steigender Distanz zwischen den trainierten und den untrainierten Dual-Task Situationen reduzierten sich die Translationseffekte.

## **7.2 Ergebnisse der sekundären Forschungsschwerpunkte der Arbeit**

### **7.2.1 Validierung des computergestützten Physiomat®-Assessments [Schrift 6]**

---

Wiloth S, **Lemke N**, Werner C, & Hauer K (2016). Validation of a Computerized, Game-based Assessment Strategy to Measure Training Effects on Motor-Cognitive Functions in People With Dementia. *JMIR Serious Games*, 4(2), e12.

---

### **Hintergrund und Zielsetzung**

Mehrere Studien weisen darauf hin, dass sogenannte *exergames* (computerbasierte Bewegungsspiele) für eine valide und reliable Messung von bestimmten Leistungen, wie zum Beispiel dem Gleichgewicht, genutzt werden können und gute psychometrische Gütekriterien bieten. Bei bisherigen Ansätzen ist es so, dass die Assessmentverfahren andere als die trainierten Aufgaben beinhalten. Bisherige Assessmentstrategien beinhalten meist Aufgaben, die den trainierten Aufgaben ähneln aber nicht gleichen. Grundsätzlich könnten aber auch die quantitativen Daten die während des Spielverlaufs gemessen werden für das Assessment eingesetzt werden. Bisherige Studien, die relevante Testgütekriterien von *exergames* untersuchten, schlossen zum überwiegenden Teil Menschen mit einer Demenz aus und lieferten keine Validationsdaten wie zum Beispiel zur Veränderungssensitivität, deren Nachweis zur Wirksamkeit einer Intervention, essentiell ist. Ziel der Validierungsstudie war die umfassende Überprüfung psychometrischer Kriterien (Konstruktvalidität, Test-Retest Reliabilität, Veränderungssensitivität, Durchführbarkeit), die eine Quantifizierung des Physiomat®-Trainings auf motorisch-kognitive Funktionen bei Menschen mit einer leichten bis mittelgradigen Demenz erlaubt.

### **Methodik**

Das Physiomat®-Assessment beinhaltete Trainingsaufgaben des interaktiven, computergestützten Bewegungsspiels Physiomat®-Zahlenverbindungstest (Trail-Making Test) und der Aufgabe „Ball verfolgen“ (Follow-The-Ball Task) sowie zusätzlich die Physiomat®-Gleichgewichtsaufgaben.

Alle Aufgaben beinhalten sowohl auf der motorischen, als auch der motorisch-kognitiven Ebene unterschiedliche Komplexitätsniveaus. Für die Erhebung der Daten wurden auf Basis der Sensorinformation während des Spiel- bzw. Assessmentverlaufs Messparameter (*sway path*, *sway area*, Gesamttestdauer) entwickelt. Im Gegensatz zu vorherigen Assessmentstrategien im Bereich der Bewegungsspiele, erlaubt diese Methode eine direkte Quantifizierung der trainingsbezogenen Leistungen. Die Überprüfung der Testgütekriterien wurde anhand der Daten von 105 Teilnehmern einer randomisierten kontrollierten Interventionsstudie durchgeführt. Die Studie zielte auf die Verbesserung der motorisch-kognitiven Leistungen von Menschen mit leichter bis mittelgradiger Demenz (82.5 [ $\pm$ 5.9] Jahre, MMST: 21.9 [ $\pm$ 2.9] Punkte) ab. Zur Erhebung der Konstruktvalidität wurde das motorisch-kognitive Physiomat-Assessment mit etablierten motorischen und kognitiven Testverfahren verglichen, wozu Rangkorrelationen nach Spearman ( $r_s$ ) berechnet wurden. Zur Überprüfung der Test-Retest Reliabilität wurden Intra-Klassen-Korrelationskoeffizienten (ICC<sub>3,1</sub>) berechnet. Die Veränderungssensitivität der trainierten Physiomat®-Aufgaben wurde durch die Berechnung der *Wilcoxon*-Statistik und einer Effektgrößenberechnung (Standardized Response Means (SRM)) analysiert. Für die Durchführbarkeit wurden die Gesamtdauer des Assessments und die Abbruchrate dokumentiert.

### **Wesentliche Ergebnisse**

Die Analysen zeigten überwiegend moderate bis hohe Korrelationen zwischen etablierten motorischen sowie kognitiven Testverfahren und den einfachen ( $r_s = -.22$  bis  $.68$ ,  $P \leq .001-.03$ ), moderaten ( $r_s = -.33$  bis  $.71$ ,  $P \leq .001-.004$ ) und komplexen motorisch-kognitiven Physiomat®-Aufgaben ( $r_s = -.22$  bis  $.83$ ,  $P \leq .001-.30$ ) was auf eine gute Konstruktvalidität hinweist. Eine gute Test-Retest Reliabilität ergab sich durch moderate bis hohe Korrelationen zwischen dem Test und wiederholter Testung für die einfachen (ICC =  $.47-.73$ ,  $P \leq 0.001$ ), moderaten (ICC =  $.57-.79$ ,  $P \leq 0.001$ ) und die komplexen (ICC =  $.32-.84$ ,  $P \leq 0.001-0.005$ ) Physiomat®-Aufgaben. Die Veränderungssensitivität zeigte gute bis exzellente Ergebnisse für das Physiomat®-Assessment, da das Testverfahren signifikante Verbesserungen ( $P \leq .001$ ) mit überwiegend moderaten bis großen Effektgrößen (SRM =  $0.5-2.0$ ) für alle trainierten Aufgaben reproduzierte. Die durchschnittliche Durchführungszeit des Assessments lag bei 25,8 Minuten. Besonders die einfacheren, einführenden Physiomat®-Aufgaben konnten von den Studienteilnehmern mit Demenz gut durchgeführt werden und es bestand eine geringe Abbruchrate. Während der Datenerhebung des Assessments traten keine unerwünschten Ereignisse, wie zum Beispiel Stürze, auf.

### **Schlussfolgerung**

Die Ergebnisse der Validierungsstudie bestätigen dem Assessmentverfahren, welches quantitative Daten des computergestützten, Spiele-basierten Physiomat®-Trainingsprogramm nutzt, gute bis ausgezeichnete psychometrische Gütekriterien (Konstruktvalidität, Test-Retest-Reliabilität, Veränderungssensitivität, Durchführbarkeit) zur Anwendung bei Menschen mit Demenz. Der Physi-

omat® ist somit ein geeignetes Assessmentgerät, um motorisch-kognitive Leistungen bei Menschen mit Demenz abzubilden. Das Physiomat®-Assessment kann eine Bewertungsstrategie darstellen, um Spielleistungen und trainingsassoziierte Effekte im Bereich der *Serious Games*, virtuellen Realität und geräte- und computergestützten Training zu dokumentieren.

### 7.2.2 Effekte des Physiomat®-Trainings auf kognitiv-motorische Leistungen bei Menschen mit Demenz [Schrift 7]

---

Wiloth S, Werner C, **Lemke NC**, Bauer J, & Hauer K (2017). Motor-cognitive effects of a computerized game-based training method in people with dementia: a randomized controlled trial. *Aging and Mental Health, Jul 6, 1-12*, [Epub ahead of print].

---

#### Hintergrund und Zielsetzung

Computer-basierte Bewegungsspiele, sogenannte *exergames*, sind ein effektives Instrument für ein motorisch-kognitives Training. *Exergames* repräsentieren einen Subtyp der *Serious Games*, die körperliche Übungen mit kognitiver Stimulation verbinden und dadurch einen aktiven Lebensstil und die physische Funktionalität fördern sollen. Bei Menschen mit Demenz ist die Wirksamkeit solcher computer-basierten Bewegungsspiele auf die motorisch-kognitiven Leistungen unzureichend untersucht. Ziel der Studie war es daher, die Evaluation der Effekte eines computergestützten, spiele-basierten Trainings mit dem Trainingsgerät Physiomat® auf trainingsbezogene, aufmerksamkeitsabhängige Leistungen in Kombination mit der Gleichgewichtsfähigkeit bei Menschen mit Demenz. In einem zweiten Schritt wurde die Übertragbarkeit (Transfer) der Trainingseffekte auf nicht-trainierte Aufgaben und die Nachhaltigkeit des Trainingszugewinns untersucht.

#### Methodik

Neunundneunzig Patienten mit einer Demenz und einem Durchschnittsalter von 82.9 ( $\pm 5.8$ ) Jahren nahmen an einer 10-wöchigen randomisierten kontrollierten Interventionsstudie mit einem 3-monatigen Follow-up teil. Die IG ( $n=56$ ) erhielt ein motorisch-kognitives Training auf dem computergestützten Trainingsgerät Physiomat®, das eine Gleichgewichtsaufgabe mit einer gleichzeitigen kognitiven Beanspruchung (Physiomat®-PTMTs) beinhaltete. Die KG ( $n=43$ ) führte unspezifische, niedrig-intensive Übungen aus. Zur Überprüfung der Wirksamkeit des Physiomat® wurden validierte Physiomat®-Testungen [siehe [Wiloth et al. 2016](#)], die trainierte und nicht-trainierte Aufgaben beinhalteten, angewendet. Primäre Studienendpunkte waren dabei die Reduktion der Testdauer (Zunahme der Geschwindigkeit), die Genauigkeit jeder Bewegungssequenz (Reduktion des *sway path*) und die Anzahl der erfolgreich durchgeführten Physiomat®-Aufgaben (Physiomat®-PTMT-Score) wurden erfasst. Zur Bestimmung der Gruppen\*Zeit-Effekte wurden Varianzanalysen (ANCOVAs) für die trainierten und nicht-trainierten Physiomat®-Aufgaben berechnet. Die Effektgrößen wurden über das partielle Eta-Quadrat ( $\eta_p^2$ ) berechnet.

## **Wesentliche Ergebnisse**

Das Physiomat®-Training führte, in der IG verglichen zur KG, zu einer signifikanten Reduktion der Testdauer (Zunahme der Geschwindigkeit) und Verbesserung der Genauigkeit innerhalb der trainierten ( $P \leq 0.001-0.047$ ,  $\eta_p^2 = 0.065-0.589$ ) Physiomat®-Aufgaben. Zudem konnte die IG mehr trainierte Physiomat®-Aufgaben erfolgreich durchführen als die KG. (PTMT-Score  $P \leq 0.001-0.005$ ,  $\eta_p^2 = 0.073-0.459$ ). Signifikante Gruppenunterschiede zeigen sich insbesondere bei einer höheren motorisch-kognitiven Beanspruchung, d.h. bei den moderaten und komplexen Aufgaben (14 und 20 Zahlen verbinden) des Physiomat®-Trainings. Einen Hinweis auf eine Verbesserung der motorisch-kognitiven Fähigkeiten, die auf das Training zurückzuführen sind, belegten signifikante Ergebnisse mit zum Teil hohen Effektstärken, bereits bei kleinen Fallzahlen. Die Überprüfung des Transfers von trainierten auf nicht-trainierte Aufgaben zeigte signifikante Verbesserungen in einigen nicht-trainierten Physiomat®-Aufgaben ( $P < 0.001 - 0.005$ ,  $\eta_p^2 = 0.204 - 0.384$ ) sowie für den PTMT-Score ( $P < 0.001$ ,  $\eta_p^2 = .184$ ). Dieses Ergebnis weist auf einen erfolgreichen Transfer der Trainingseffekte hin. Der Trainingszugewinn und die Transfereffekte blieben größtenteils auch nach einem 3-monatigen Follow-up erhalten.

## **Schlussfolgerung**

Die Studie zeigt, dass computergestützte Bewegungsspiele (*exergames*) in einem multimorbiden, gebrechlichen Kollektiv mit leichter bis mittelgradiger Demenz sehr gut anwendbar sind. Zudem ist das Training hocheffektiv, was durch substanzielle und nachhaltige Verbesserungen motorisch-kognitiver Leistungen nachgewiesen wurde. Ein Transfereffekt der Verbesserungen in den trainierten Physiomat®-Aufgaben auf untrainierte Physiomat®-Aufgaben konnte nachgewiesen werden, welcher zum großen Teil auch noch nach Trainingsende nachgewiesen werden konnte. Dieses Ergebnis lässt vermuten, dass ein motorisch-kognitives Training mit dem computergestützten Physiomat® dahingehend unterstützend wirkt, dass die erworbenen Fähigkeiten das Potenzial haben auf generalisierende Effekte auf kognitive Fähigkeiten zu entwickeln. Das Trainingsprogramm des Physiomats®, das auf der Basis von *Serious Games* entwickelt wurde, könnte ein Modell für ein strukturiertes Rehabilitationstraining oder für ein Training in Pflegeeinrichtungen genutzt werden.

### 7.2.3 Validierung des Beobachtungsinstruments ACSID zur Beurteilung des Sitzen-Stehen-Transfers bei Menschen mit Demenz [Schrift 8]

---

Werner C, Wiloth S, **Lemke NC**, Kronbach F, & Hauer K (2016). Development and Validation of a Novel Motor-Cognitive Assessment Strategy of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers in People With Dementia. *J Geriatr Phys Ther*, 00, 1-12.

---

#### **Hintergrund und Zielsetzung**

Menschen mit Demenz zeigen krankheitsbedingte Störungen der motorischen Handlungsorganisation des STS-Transfer [Manckoundia et al. 2006], was darauf hinweist, dass kognitive Beeinträchtigungen zusätzlich negative Effekte auf die STS Leistung haben können. Während des STS-Trainings in Rehabilitationsmaßnahmen werden kompensatorische STS Bewegungsmanöver für unterschiedliche Teilphasen des STS-Transfers geschult, um die STS Fähigkeit der Patienten zu verbessern. Allerdings befassen sich bisherige klinische STS-Messverfahren nicht mit qualitativen Aspekten dieser kompensatorischen Manöver oder erfassen kognitive Aspekte der motorischen Handlungsorganisation. Ziel der Studie war daher die Entwicklung und Validierung eines motorisch-kognitiven STS-Assessmentverfahrens für Menschen mit Demenz (*Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers in People With Dementia, [ACSID]*).

#### **Methodik**

Der ACSID bildet den Abruf und die Initiierung (*ACSID-RI*) sowie die effektive Ausführung (*ACSID-EP*) des kompensatorischen STS Bewegungsmanövers ab. Die Überprüfung der Testgütekriterien wurde anhand einer Sekundäranalyse der Daten von 97 Teilnehmern einer randomisierten kontrollierten Interventionsstudie durchgeführt. Die Studie zielte auf die Verbesserung der motorisch-kognitiven Leistungen von Menschen mit leichter bis mittelgradiger Demenz (82.5 [±5.9] Jahre, MMST: 21.9 [±2.9] Punkte) ab. Die Analysen umfassten die Prüfung der Inter- und Intrarater-Reliabilität (Berechnung von Cohen's Kappa [ $\kappa$ ] und Intraklassen-Korrelationskoeffizienten [ICCs]), der konkurrenten Validität (Berechnung des punkt-biseralen Korrelationskoeffizienten [ $r_{pb}$ ]), der Veränderungssensitivität (Berechnung der Effektstärken über die *standardized response means* [SRMs]) und der Durchführbarkeit. Die konkurrente Validität der individuellen ACSID-Elemente wurde mit Referenzkriterien aus einer 2D-videogestützten Bewegungsanalyse beurteilt.

#### **Wesentliche Ergebnisse**

Die Analyse bestätigte durch wesentliche bis nahezu perfekte Interrater-Übereinstimmung innerhalb der einzelnen ACSID-Items ( $\kappa_{\text{Inter}}=0.64-0.99$ ,  $\kappa_{\text{Intra}}=0.77-0.91$ ) und guten bis ausgezeichnete Korrelationen des ACSID-Gesamtscores ( $\text{ICC}_{\text{Inter}}=0.74-0.89$ ,  $\text{ICC}_{\text{Intra}}=0.72-0.90$ ) eine gute bis ausgezeichnete Inter- und Intrarater-Reliabilität. Die Analyse zur konkurrenten Validität zeigte hohe bis sehr hohe Korrelationen der ACSID-Items mit den Referenzkriterien ( $r_{pb} = |0.56| - |0.84|$ ).

Die Ergebnisse bestätigen allen ACSID-Scores eine ausgezeichnete Veränderungssensitivität ( $P \leq 0.001$ ) mit moderaten bis großen Effektstärken ( $SRM = 0.61-1.00$ ). Eine hohe Abschlussrate (96.9%), keine kritischen Ereignisse während des Assessments sowie das Ausbleiben von Boden- oder Deckeneffekte belegten eine ausgezeichnete Durchführbarkeit.

### **Schlussfolgerung**

Die Ergebnisse der Validierungsstudie weisen auf gute bis ausgezeichnete psychometrische Eigenschaften des innovativen, demenzspezifischen STS-Assessmentverfahren (ACSID) hin, der sowohl motorische als auch kognitive Aspekte des kompensatorischen STS-Bewegungsablaufs bei Menschen mit Demenz erfasst. Der ACSID zeigt eine gute bis ausgezeichnete Inter-/Intrarater-Reliabilität, konkurrente Validität und Durchführbarkeit auf. Zudem bildet der ACSID adäquat die Interventionseffekte eines demenzspezifischen motorischen Programms zum Erlernen einer kompensatorischen STS-Bewegung ab. Zusammenfassend ist der ACSID ein geeignetes Assessmentverfahren, um die Qualität des Sitzen-Stehen Transfers bei Menschen mit Demenz zu beurteilen.

#### *7.2.4 Effekte eines standardisierten kognitiv-motorischen Lernprogramms zur Verbesserung des Sitzen-Stehen-Transfers bei Menschen mit Demenz [Schrift 9]*

---

Werner C, Wiloth S, **Lemke NC**, Kronbach F, Jansen CP, Oster P, Bauer JM, & Hauer K (2017). People with Dementia Can Learn Compensatory Movement Maneuvers for the Sit-to-Stand Task: A Randomized Controlled Trial. *J Alzheimers Dis*;60(1):107-120.

---

### **Hintergrund und Zielsetzung**

Obwohl ältere Menschen aufgrund kognitiver Defizite in z. B. der Aufmerksamkeit, der Exekutiven Funktionen oder auch des Gedächtnisses, in ihrer Fähigkeit des motorischen Lernens stark beeinträchtigt sein können [Wu et al. 2016; Yan et al., 2010], zeigen mehrere Studien erhalten motorische Lernfähigkeiten bei Menschen mit Demenz [Yan et al. 2010; van Halteren-van Tilborg et al. 2007; Rösler et al. 2002; Schmitz et al. 2014; van Tilborg, & Hulstijn, 2010]. Allerdings haben bisherige Studien keine motorischen Schlüsselqualifikationen, die für das alltägliche Leben hochrelevant sind, wie zum Beispiel der Transfer vom Sitzen in den Stand, berücksichtigt. Ziel der Studie war es zu überprüfen, ob ein demenzspezifisches, motorisches Lernprogramm Menschen mit Demenz befähigt, eine kompensatorische Bewegungsstrategie des STS-Transfers zu erlernen, um die STS Fähigkeit zu verbessern.

### **Methodik**

Siebenundneunzig Patienten mit leichter bis mittlerer demenziellen Erkrankung (MMST:  $21.9 \pm 2.9$  Punkte) nahmen an einer doppelblinden, randomisierten, placebo-kontrollierten Studie mit einer 10-wöchigen Interventions- und einer 3-monatigen Follow-up-Phase teil.

Die IG ( $n=51$ ) erhielt ein Trainingsprogramm zum motorischen Lernen eines kompensatorischen STS Manövers, das speziell für Menschen mit Demenz konzipiert wurde. Die KG ( $n=46$ ) führte eine niedrig-intensive, motorische Placebo-Aktivität durch. Der primäre Studienendpunkt war die Bewertung (Punktzahlen) des ACSID, der die Anzahl der abgerufenen und initiierten (*ACSID-RI*) sowie die effektiv ausgeführten kompensatorischen STS Manöver (*ACSID-EP*) abbildet. Sekundäre Studienendpunkte waren zeitliche und kinematische STS Merkmale, die über einen Bewegungssensor (*DynaPort®Hybrid*) erfasst wurden.

### **Wesentliche Ergebnisse**

Die IG zeigte signifikante Verbesserungen gegenüber der KG für den ACSID-Gesamtscore ( $p < 0.001$ ,  $\eta^2=0.372$ ). Zudem ergaben sich signifikante Interaktionseffekte für den Abruf und die Initiierung ( $p < 0.001$ ;  $\eta^2=0.319$ ) sowie für die effektive Umsetzung der erlernten STS Bewegungsmanöver (*ACSID-EP*) ( $p < 0.001$ ;  $\eta^2=0.261$ ). Die sekundären Analysen bestätigten den motorischen Lerneffekt durch positive Veränderungen aller Studienendpunkte des Bewegungssensors ( $p < 0.001-0.006$ ) mit mittleren bis großen Effektgrößen ( $\eta^2=0.099-0.188$ ). Drei Monate nach Trainingsende blieb der Lernzugewinn für die meisten primären und sekundären Studienendpunkte erhalten.

### **Schlussfolgerung**

Die Studienergebnisse belegen, dass Menschen mit einer leichten bis mittelgradigen demenziellen Erkrankung kompensatorische STS Manöver als Reaktion auf ein demenzspezifisches motorisches Lernprogramm erlernen und die erlernte Bewegungsstrategie auch nachhaltig beibehalten können. Dies ist die erste Studie, die durch die Anwendung einer alltagsrelevanten, motorischen Schlüsselqualifikation, Langzeiteffekte auf die motorische Lernfähigkeit bei Menschen mit Demenz nachweist. Die Lehrmethode und die Übungsbedingungen des vorgestellten motorischen Lernprogramms könnten dazu beitragen speziell entwickelte Rehabilitationsmaßnahmen oder ambulante Trainingsprogramme für Menschen mit Demenz zu etablieren, um klinisch relevante motorische Fähigkeiten wiederzuerlangen oder um qualitative Aspekte einer Bewegungsausführung zu verbessern. Dadurch könnte die Mobilität und Selbstständigkeit von Menschen mit Demenz gefördert und das Sturzrisiko reduziert werden.

## **8. Einordnung der Studienergebnisse in den Forschungszusammenhang**

Motorisch-kognitive Trainingsansätze stellen einen vielversprechenden nicht-pharmakologischen Therapieansatz zum Erhalt und Verbesserung der aufmerksamkeitsabhängigen motorisch-kognitiven Leistungen bei Menschen mit Demenz dar. Assessmentverfahren zur Erhebung motorisch-kognitiver Fähigkeiten sowie zur Überprüfung von motorisch-kognitiven Interventionsmaß-

nahmen sind jedoch nur unzureichend oder nicht für Menschen mit Demenz validiert und haben innerhalb des geriatrischen Assessments noch keinen hohen Stellenwert.

Die vorliegenden Studienergebnisse zur Validierung spezifischer Assessmentverfahren zur Erfassung motorisch-kognitiver Leistungen bei Menschen mit Demenz (*Schrift 4, Schrift 6, Schrift 8*) belegen erstmals, dass die untersuchten Testverfahren spezifische und sensitive Verfahren zur Quantifizierung motorisch-kognitiver Leistungen sind, die eine gute Durchführbarkeit und Akzeptanz bei demenziellen Patienten aufweisen.

Bislang wurden Menschen mit kognitiven Störungen und Demenz mehrheitlich von Studien, die die psychometrische Qualität von Assessmentverfahren motorisch-kognitiver Leistungen untersuchten, ausgeschlossen. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass eine Demenz den Testablauf aufgrund von kognitiven und motorisch-funktionellen Beeinträchtigungen (Boyle et al. 2002) sowie psychischen und Verhaltenssymptomen (Aalten et al. 2007) erschwert und einen starken Einfluss auf die Testleistung haben könnte (Hauer & Oster 2008). Daher existiert aktuell kein *Goldstandard*, der Empfehlungen zur Anwendung geeigneter motorisch-kognitiver Assessmentverfahren für Menschen mit Demenz geben kann. Die vorliegenden Validierungsergebnisse können hier einen wesentlichen Beitrag für Empfehlungen geeigneter Testverfahren zur Erhebung motorisch-kognitiver Leistungen bei Menschen mit Demenz für die klinische Praxis leisten, die zudem als etablierte Bausteine Eingang in das geriatrische Assessment finden sollten.

Eine besondere Bedeutung für die geriatrische Rehabilitation und die Interventionsforschung kommt dabei der Erfassung der motorisch-kognitiven Dual-Task Leistungen bei Menschen mit Demenz zu, da diese aufmerksamkeitsabhängigen Leistungen einen Großteil des alltäglichen Lebens bestimmen. Somit haben Dual-Task Defizite direkte Auswirkungen auf Selbstständigkeit und Lebensqualität von Menschen mit Demenz. Zudem sind Dual-Task Defizite Prädiktoren für Gangstörungen und Stürzen (Alexander & Hausdorff 2008; Gulich & Zeitler 2000; Lundin-Olsson et al. 1997), was die klinische Bedeutung der Dual-Task Leistungen hervorhebt. Eine geeignete Methode zur Erfassung der Dual-Task Defizite würde eine frühzeitige Identifizierung und weiterführende rehabilitative Maßnahmen, um Sturzereignisse zu verhindern bzw. deren Folgen zu bewältigen, maßgeblich beeinflussen.

Im Vergleich zu bisherigen Validierungsstudien bei gesunden älteren Menschen (z. B. Beauchet et al. 2007; Condrón & Hill 2002; Gimmon et al. 2013; Hofheinz & Schusterschitz 2010; Montero-Odasso et al. 2009a; Muhaidat et al. 2013, 2014; Nordin et al. 2010; Schott 2015; Shumway-Cook et al. 2000; Yang et al. 2016; vertiefend siehe *Schrift 4*) und bei Menschen mit MCI (McCulloch et al. 2009) oder frontotemporaler Demenz (Beauchet et al. 2011), die sich primär auf die Untersuchung von Validität und Reliabilität fokussierten, untersuchte die vorliegende Studie umfassende Validierungsergebnisse für Validität, Test-Retest Reliabilität, Durchführbarkeit und



Veränderungssensitivität. Die Analysen bestätigten eine gute bis exzellente biometrischer Qualität für alle untersuchten Dual-Task Assessmentverfahren bei Menschen mit Demenz. Limitierungen bisheriger Studien wurden in der vorliegenden Arbeit, durch die Untersuchung sowohl der motorischen als auch der kognitiven Aufgaben unter Dual-Task Bedingungen sowie der Berechnung der DTKs, die zur Erhebung der tatsächlichen Dual-Task Fähigkeit essentiell sind, da sie die tatsächliche Veränderung der Leistung unter Einbezug der Single-Task Leistung berücksichtigen (Riby et al. 2004), vermieden. Die gewonnenen Ergebnisse der Validierungsstudie bestätigen vorherige Annahmen (Baddeley et al. 1991; Muir et al. 2012; Sala & Logie 2001), dass die Erfassung motorisch-kognitiver Dual-Task Leistungen das Potenzial hat, als diagnostisches Instrument angewendet zu werden und geeignete demenzspezifische Interventionsansätze zu entwickeln sowie deren Wirksamkeit zu überprüfen.

Studien, die kausale Wirkmechanismen motorisch-kognitiver Trainingsansätze bei Menschen mit Demenz nachweisen können und dadurch evidenzbasierte Empfehlungen für das Training erlauben, sind rar oder fehlen gänzlich. Vor diesem Hintergrund war ein weiteres Ziel der vorliegenden Arbeit die Überprüfung der Effektivität eines motorisch-kognitiven Dual-Task Trainings bei Menschen mit Demenz (Schrift 5), des Trainings mit dem computergestützten, Spiele-basierten Physiomatics® (Schrift 7) sowie einem motorischen Lernprogramm zur Verbesserung des STS-Transfers (Schrift 9). Die Studienergebnisse belegen die Effektivität der untersuchten motorisch-kognitiven Trainingsansätze zur Verbesserung klinisch relevanter motorisch-kognitiver Leistungen bei Menschen mit leichter bis mittelgradiger Demenz und können somit einen Beitrag zur Frage der Anwendbarkeit und des Nutzens demenzspezifischer, motorisch-kognitiver Trainingskonzepte in der geriatrischen Rehabilitation liefern. Trotz vorangegangener kontroverser Diskussionen in der Forschungsliteratur über das Rehabilitationspotenzial von Menschen mit Demenz, belegen die Ergebnisse der Forschungsarbeit, dass Menschen mit Demenz in hohem Maße von einem motorisch-kognitiven Training profitieren können.

Bisherige Trainingsstudien schlossen Menschen mit Demenz größtenteils aus beziehungsweise untersuchten aufgrund unzureichender Untersuchungen des kognitiven Status (häufig nur Screening-Instrumente und keine etablierten, neuropsychologischen Testverfahren) heterogene Studienkollektive. Im Gegensatz dazu erfolgte der Einschluss der Studienteilnehmer in der vorliegenden RCT über einen definierten kognitiven Schädigungsgrad (leichte bis mittelgradige Demenz), der über etablierte neuropsychologische Testverfahren bestätigt wurde, wodurch die Wirksamkeitsprüfung der Trainingsansätze in einem homogenen Studienkollektiv ermöglichte wurde.

Im Hinblick auf das motorisch-kognitive Dual-Task Trainingsprogramm für Menschen mit Demenz stand die Überprüfung von Transfereffekten (von trainierten Dual-Tasks auf semi-trainierte und komplett untrainierte Dual-Tasks) und die Nachhaltigkeit der trainingsinduzierten Effekte (3-

Monats Follow-up) im Vordergrund. Das demenzspezifische Trainingsprogramm führte insgesamt zu einer Steigerung der aufmerksamkeitsabhängigen, motorischen Leistungen, die ein kausales Bindeglied zu dem stark erhöhten Sturzrisiko bei Menschen mit Demenz darstellen (Lundin-Olsson et al. 1998). Bislang lagen Nachweise zur Effektivität von motorisch-kognitiven Dual-Task Trainings vor allem bei gesunden, älteren Menschen (siehe Übersichtsarbeiten: Fritz et al. 2015; Pichierri et al. 2011; Wollesen & Voelcker-Rehage 2013) oder bei Patienten mit Morbus Parkinson (z. B. Brauer & Morris 2010; Canning et al. 2008; Fok et al. 2012; Mirelman et al. 2011) und nach einem Schlaganfall (z. B. An et al. 2014; Bowen et al. 2001; Yang et al. 2007) vor. Einige wenige Untersuchungen zeigten Verbesserungen der Dual-Task Leistungen (Coehlo et al. 2013; de Andrade et al. 2013; Schwenk et al. 2010) und kognitiver Funktionen (Coehlo et al. 2013; de Andrade et al., 2013 Suzuki et al. 2012) infolge eines motorisch-kognitiven Dual-Task Trainings bei Menschen MCI (Suzuki et al. 2012) und Demenz (Coehlo et al. 2013; de Andrade et al. 2013; Schwenk et al. 2010). Jedoch weisen die genannten Studien mehrheitlich methodische Mängel aufgrund fehlender Randomisierung, kleinen Stichproben, keinen demenzspezifischen Assessmentmethoden und dem Fehlen der Berechnung von DTK auf. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden die genannten methodischen Mängel vermieden. Die RCT konnte in einem ersten Schritt vorherige Ergebnisse der Forschungsgruppe bestätigen (Schwenk et al. 2010), dass ein motorisch-kognitives Dual Task Training trainierte Dual-Task Leistungen bei Menschen mit Demenz signifikant verbessern kann. Dieser erfolgreiche Nachweis bzw. die Bestätigung der vorherigen Ergebnisse stellte in der vorliegenden Forschungsarbeit die zwingende Voraussetzung dar, um die Transferfähigkeit der trainierten Dual-Task Leistungen auf andere, untrainierte Dual-Tasks zu überprüfen. Keine der bisherigen Dual-Task Studien bei Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen untersuchte die Übertragbarkeit der trainingsinduzierten Verbesserungen. Die wenigen qualitativ hochwertigen Studien (Evidenzklasse 2) die gesunde, ältere Menschen (Wongcharoen et al. 2017) und Patienten mit Gleichgewichtsstörungen (Silsupadol et al. 2009) einschlossen und Transfereffekte eines motorisch-kognitiven Trainings auf motorisch-kognitive Dual-Tasks evaluierten, konnten keine Übertragbarkeit der trainierten Dual-Tasks feststellen. Vor diesem Hintergrund ist der erstmalige Nachweis eines Transfers von trainierten Dual-Task Leistungen auf neue Dual-Task Situationen bei Menschen mit Demenz von besonders innovativer Bedeutung und widerspricht teilweise bisherigen Annahmen, dass Menschen mit Demenz nicht in der Lage sind, angeeignete Fähigkeiten in neue, untrainierte Kontexte zu übertragen (Dick et al. 2003). Die Resultate zeigten, dass die erworbenen Dual-Task Fähigkeiten einen Transfer zeigten, wenn die motorische Aufgabe bestehen blieb, aber nicht, wenn sowohl motorische, als auch kognitive Aufgabe der Dual-Task Anforderung ausgetauscht wurden. So erscheint die Übertragung der trainierten Leistungen wahrscheinlicher, wenn Trainings- und Assessmentaufgaben ähnliche Anforderungen enthalten und vergleichbare oder identische Fähigkeiten beanspruchen (Naumann

et al. 2015). Diese Annahme stimmt mit den Ergebnissen der Forschungsarbeit überein, die darstellen, dass je größer der Unterschied zu der trainierten Dual-Task Aufgabe, desto geringer zeigte sich die Übertragbarkeit der verbesserten Dual-Task Leistung. Die Resultate unterstützen die Hypothese, dass Verbesserungen innerhalb neuer Dual-Task Situationen das Resultat der Entwicklung einer optimierten Dual-Task Verarbeitungsfähigkeiten sind und dass diese Fähigkeiten in andere nicht direkt trainierte Kontexte übertragbar sind, die ähnliche oder gleiche Anforderungen stellen (Kramer et al. 1995). Zudem deuten die identifizierten Transferleistungen auf ein „kontinuierliches Klassifizierungsmodell“ für die Komplexität des Transfers hin, das durch eine „nahe oder ferne Distanz“, abhängig vom Unterschied zwischen den trainierten und den Transferkonditionen, beschrieben wird (Zelinski 2009). Der Nachweis der Transferfähigkeit trainingsinduzierter Effekte ist von hoher Relevanz, da somit erst der tatsächliche Nutzen und praktische Wert der Intervention widerspiegelt werden kann (Barnett & Ceci 2002). Um die Gültigkeit einer Intervention weiterhin zu bestärken, benötigt es allerdings zusätzlich den Nachweis von Langzeiteffekten (Barnett & Ceci 2002).

Daher schloss sich an die Überprüfung der Transfereffekte die Evaluation der nachhaltigen Effekte des motorisch-kognitiven Dual-Task Trainings an. Die trainierten Dual-Task Leistungen blieben auch über einen Nachuntersuchungszeitraum von 3 Monaten ohne Training bestehen, wohingegen die Transfereffekte nicht nachhaltig belegt werden konnten. Ein direkter Vergleich zu bisherigen Studien, die motorisch-kognitives Dual-Task Training bei Demenz durchführten ist nicht möglich, da keine der Studien Langzeiteffekte über eine Follow-up Periode untersuchte (Coehlo et al. 2013, de Andrade et al. 2013, Schwenk et al. 2010). Innerhalb der wenigen Untersuchungen, die die Nachhaltigkeit von trainierten Dual-Task Leistungen bei kognitiv gesunden, älteren Menschen untersuchten (Dorfman et al. 2014; Eggenberger et al. 2015; Kramer et al. 1995; Silsupadol et al. 2006, 2009) konnten nur drei erhaltene Dual-Task Trainingseffekte nach einem 3-monatigem (Silupadol et al. 2006, 2009) und einem 2-3-monatigem (Kramer et al. 1995) Follow-up zeigen. Aufgrund dessen ist der Nachweis des Erhalts der Effekte bei Menschen mit Demenz von herausragender Bedeutung, da dieses Kollektiv ein hohes Risiko aufweist, trainierte Fähigkeiten aufgrund des progressiven Verlaufs der Erkrankung schnell wieder zu verlieren.

Bezogen auf die Ergebnisse der direkten und nachhaltigen Effekte des motorisch-kognitiven Dual-Task Trainings, konnte über die Berechnung der relativen, kombinierten (motorisch + kognitiv) DTKs eine trainingsinduzierte Steigerung der ganzheitlichen Dual-Task Leistung bewiesen werden. Die vorherigen Studien zum Dual-Task Training bei Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen zeigen hier, mit Ausnahme von Schwenk et al. (2010), eine methodische Limitierung auf, da keine kombinierten DTKs erhoben wurden (Coehlo et al. 2013; de Andrade et al. 2013; Suzuki et al. 2012). Durch das Fehlen der kombinierten DTKs kann kein eindeutiger Rückschluss gezo-

gen werden, ob die Längsschnittveränderungen der Dual-Task Leistungen aufgrund einer trainingsinduzierten Steigerung oder einer Aufgabenpriorisierung entstanden ist (Verghese et al. 2007).

## 9. Schlussfolgerung und Ausblick

Die positiven Studienergebnisse sind hochrelevant für den Einsatz geeigneter Assessmentverfahren zur Quantifizierung alltagsrelevanter, motorisch-kognitiver Leistungen sowie für die Konzipierung von Interventionsmaßnahmen zur Verbesserung motorisch-kognitiver Leistungen bei Menschen mit Demenz. Die Resultate untermauern sowohl die Notwendigkeit als auch den Nutzen, motorisch-kognitive Testverfahren in das bestehende geriatrische Assessment aufzunehmen sowie bestehende Rehabilitationsansätze dahingehend zu prüfen, die Inhalte um den Baustein des motorisch-kognitiven Trainings zu erweitern.

Eine relevante Entscheidungsgrundlage für die Implementierung von Interventionsmaßnahmen in die klinische Praxis bzw. die geriatrische Regelversorgung ist das Vorliegen von Studienergebnissen einer hohen Evidenzklasse (*Evidence Based Medicine*, Sackett et al. 1996). Die Überprüfung des motorisch-kognitive Dual-Task Trainings bei Menschen mit Demenz, die das Schwerpunktthema der vorliegenden Dissertation darstellt, erfüllt die methodischen Qualitätsstandards, die laut dem CONSORT Statement ([www.consort-statement.org](http://www.consort-statement.org)) für einen hohen Evidenzgrad randomisierter Interventionsstudien gefordert werden.<sup>2</sup>

Die umfassenden Validierungsergebnisse des Dual-Task Assessments bestätigten die Eignung aller untersuchter Dual-Task Testverfahren für den Einsatz als diagnostisches oder deskriptives Instrument zum Nachweis kognitiver Verschlechterungen genauso wie für die Anwendung als Studienendpunkt bei Interventionsstudien für Menschen mit leichter bis mittelschwerer Demenz, die von aufmerksamkeitsabhängigen Defiziten am meisten betroffen sind.

Der Nachweis der Trainierbarkeit und Transferfähigkeit kognitiver Funktionen in Kombination mit komplexen motorischen Anforderungen (insbesondere des Gehens) ist für die untersuchte vulnerable Stichprobe hochrelevant, um Situationen des alltäglichen Lebens zu bewältigen. Zudem könnten die Erkenntnisse wichtige Hinweise für künftige Interventionsstrategien darstellen, die das erhöhte Sturzrisiko von Menschen mit Demenz (Lundin-Olsson et al. 1997) in den Blick nehmen.

Insgesamt liefern die Ergebnisse wichtige Einblicke in die Dual-Task Leistungen und deren Trainierbarkeit bei Menschen mit Demenz. Die Resultate könnten einen wesentlichen Einfluss auf die

---

<sup>2</sup> Das Manuskript zur Effektivitätsprüfung des motorisch-kognitiven Dual-Task Trainings (*Schrift 5*) war zum Zeitpunkt der Erstellung eingereicht (22.12.2017), aber noch nicht veröffentlicht, wodurch noch keine Bewertung der Evidenzklasse durch ein Peer-Review Verfahren vorgenommen werden konnte.

Entwicklung und Durchführung geeigneter Dual-Task Interventionen haben, die durch ihre Anwendung zum Erhalt motorischer und kognitiver Leistungen beitragen könnten.

Auf Basis des wachsenden Interesses für nicht-pharmakologische Therapieansätze und der vorgefundenen Studienergebnisse ergeben sich weiterführende Fragestellungen: So erscheint es wichtig, dass die zukünftige Forschung weiterführend die Mechanismen identifiziert, die das Auftreten von Transfereffekten bewirken, um das Ausmaß und die Grenzen der Transferfähigkeit, die durch ein spezifisches Dual-Task Training bei Menschen mit Demenz erreicht werden, besser zu verstehen. Eine weitere Fragestellung könnte die Überprüfung des Transfers der trainingsinduzierten Dual-Task Effekte in das alltägliche Leben des Patienten, z.B. in Form einer gesteigerten Bewegungssicherheit bei Alltagsleistungen oder einer verminderten Sturzhäufigkeit, betreffen.

Das motorisch-kognitiven Dual-Task Trainings findet bereits erfolgreich, als etablierter Trainingsbaustein, im ambulanten sowie stationären Präventions- und Rehabilitationstraining des AGAPLESION Bethanien Krankenhaus Heidelberg Anwendung.

## Literaturverzeichnis

### A

- Aalten P, Verhey FR, Boziki M, et al. (2007). Neuropsychiatric syndromes in dementia. Results from the European Alzheimer Disease Consortium: part I. *Dement Geriatr Cogn Disord* 24(6), 457-463.
- Abbott RD, White LR, Ross GW, et al. (2004). Walking and dementia in physically capable elderly men. *JAMA* 292, 1447–1453.
- Abernethy B (1988). Dual-task methodology and motor skills research: Some applications and methodological constraints. *Hum Mov Stud* 14, 101–132.
- Abu-Omar K, Rütten A, Lehtinen V (2004). Mental health and physical activity in the European Union. *Soz Präventivmed* 49, 301-309.
- Aebi C (2002). Validierung der neuropsychologischen Testbatterie CERAD-NP. Eine Multi-Center Studie. Dissertationsschrift, Basel, Schweiz.
- Alexander NB, Hausdorff JM (2008). Guest editorial: linking thinking, walking, and falling. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 63, 1325–1328.
- Allan LM, Ballard CG, Burn DJ, Kenny RA (2005). Prevalence and Severity of Gait Disorders in Alzheimer's and Non-Alzheimer's Dementias. *J Am Geriatr Soc* 53 (10), 1681-1687.
- Alzheimer Europe (2010). Alzheimer's disease. <http://www.alzheimer-europe.org/Dementia/Alzheimer-s-disease> (Stand 02.09.2013).
- American College of Sports Medicine, Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, et al. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 41(7), 1510-30.
- American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention (2001). Guideline for the prevention of falls in older persons. *J Am Geriatr Soc* 49, 664-672.
- An HJ, Kim JI, Kim YR, et al. (2014). The Effect of Various Dual Task Training Methods with Gait on the Balance and Gait of Patients with Chronic Stroke. *J Phys Ther Sci* 26, 1287–1291.
- Anderson-Hanley C, Arciero PJ, Brickman AM, et al. (2012). Exergaming and older adult cognition: a cluster randomized clinical trial. *Am J Prev Med* 42(2), 109-119.
- Arcoverde C, Deslandes A, Rangel A, et al. (2008). Role of physical activity on the maintenance of cognition and activities of daily living in elderly with Alzheimer's disease. *Arq Neuropsiquiatr* 66(2B), 323-3277.
- Arfken CL, Lach HW, Birge S, et al. (1994). The prevalence and correlates of fear of falling in elderly persons living in the community. *Am J Public Health* 84, 565–570.
- Auyeung TW, Kwok T, Lee J, et al. (2008). Functional decline in cognitive impairment - the relationship between physical and cognitive function. *Neuroepidemiology* 31(3), 167–173.

### B

- Bach M, Hofmann W, Nikolaus T (1995). Geriatrisches Basisassessment. Handlungsanleitungen für die Praxis. Arbeitsgruppe geriatrisches Assessment (AGAST). München: MMV-Verlag.
- Baddeley AD, Bressi S, Della Sala S, et al. (1991). The decline of working memory in Alzheimer's disease. A longitudinal study. *Brain* 114(Pt. 6), 2521–2542.
- Baddeley AD, Baddeley HA, Bucks RS, et al. (2001). Attentional control in Alzheimer's disease. *Brain* 124, 1492-1508.
- Bains J, Birks JS, Dening TR (2002). The efficacy of antidepressants in the treatment of depression in dementia. *Cochrane Database Syst Rev* 4, CD003944.

- Ballard C, Gauthier S, Corbett A, et al (2011). Alzheimer's disease. *Lancet* 377, 1019–1031.
- Barnes DE, Yaffe K, Satariano WA, et al. (2003). A longitudinal study of cardiorespiratory fitness and cognitive function in healthy older adults. *J Am Geriatr Soc* 51, 459–465.
- Barnes DE, Whitmer RA, Yaffe K (2007). Physical activity and dementia: The need for prevention trials. *Exc Sport Sci Rev* 35, 24–29.
- Barnett SM, Ceci SJ (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychol Bull* 128(4), 612-37.
- Beauchet O, Dubost V, Gonthier R, et al. (2005). Dual-task-related gait changes in transitionally frail older adults: The type of the walking-associated cognitive task matters. *Gerontology* 51(1), 48–52.
- Beauchet O, Annweiler C, Dubost V, et al. (2009). Stops walking when talking: A predictor of falls in older adults? *Europ J Neurol* 16(7), 786–795.
- Beauchet O, Freiberger E, Annweiler C, et al. (2011). Test–retest reliability of stride time variability while dual tasking in healthy and demented adults with frontotemporal degeneration. *J Neuroeng Rehabil* 8, 37.
- Becker C, Cameron I, Klenk J, et al. (2011). Reduction of Femoral Fractures in Long-Term Care Facilities: The Bavarian Fracture Prevention Study. *PLoS ONE* 6(8), e24311.
- Beling J, Roller M (2009). Multifactorial intervention with balance training as a core component among fall-prone older adults. *J Geriatr Phys Ther* 32(3), 125–133.
- Berg K, Wood-Dauphine S, Williams JI, et al. (1989). Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiother Can* 41(6), 304-311.
- Berg K, Wood-Dauphinee SL, Williams J, et al. (1992). Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can J Public Health* 83(2), 57-11.
- Betker AL, Desai A, Nett C, et al. (2007). Game-based exercises for dynamic short-sitting balance rehabilitation of people with chronic spinal cord and traumatic brain injuries. *Phys Ther* 87(10), 1389-1398.
- Bickel H (2000). Demenzsyndrom und Alzheimer Krankheit: Eine Schätzung des Krankenbestandes und der jährlichen Neuerkrankungen in Deutschland. *Gesundheitswesen* 62(4), 211–218.
- Bickel (2010). Die Epidemiologie der Demenz. Informationsblatt der Deutschen Alzheimergesellschaft. [www.deutschealzheimer.de](http://www.deutschealzheimer.de).
- Bickel H (2012a). Die Epidemiologie der Demenz. Deutsche Alzheimer Gesellschaft e.V., Selbsthilfe Demenz; Das Wichtigste. [http://www.deutschealzheimer.de/fileadmin/alz/pdf/factsheets/FactSheet01\\_2012.pdf](http://www.deutschealzheimer.de/fileadmin/alz/pdf/factsheets/FactSheet01_2012.pdf). (Stand: 05.09.2013).
- Bickel H (2012b). Epidemiologie und Gesundheitsökonomie. In: CW Wallesch & H Förstl (Hrsg.). Demenzen (S. 18–51). Stuttgart: Thieme.
- Blankevoort CG, van Heuvelen MJG, Froukje Boersma, (2010). Review of Effects of Physical Activity on Strength, Balance, Mobility and ADL Performance in Elderly Subjects with Dementia. *Dement Geriatr Cogn Disord* 30, 392–402.
- Ble A, Volpato S, Zuliani G, et al (2005). Executive function correlates with walking speed in older persons: the InCHIANTI study. *J Am Geriatr Soc* 53(3), 410–415.
- Boersma F, van den Brink W, Deeg DJ, et al. (1999). Survival in a population-based cohort of dementia patients: predictors and causes of mortality. *Int J Geriatr Psychiatry* 14, 748–753.
- Bohannon RW (1995). Sit-to-stand test for measuring performance of lower extremity muscles. *Percept Mot Skills* 80(1), 163-166.
- Bowen A, Wenman R, Mickelborough J, et al. (2001). Dual-task effects of talking while walking on velocity and balance following a stroke. *Age Ageing* 30(4), 319-23.
- Bower KJ, McGinley JL, Miller KJ, et al. (2014). Instrumented static and dynamic balance assessment after stroke using Wii Balance Boards: reliability and association with clinical tests. *PLoS One* 9(12), e115282.

- Boyle PA, Cohen RA, Paul R, et al. (2002). Cognitive and motor impairments predict functional declines in patients with vascular dementia. *Int J Geriatr Psychiatry* 17(2), 164–169.
- Brauer SG, Morris ME (2010). Can people with Parkinson's disease improve dual tasking when walking? *Gait Posture* 31(2), 229-33.
- Bridenbaugh SA, Kressig RW (2014). Quantitative gait disturbances in older adults with cognitive impairments. *Curr Pharm Des* 20(19), 3165–3172.
- Bridenbaugh SA (2015). Kognition und Motorik. *Therapeutische Umschau* 72(4), 219-224.
- Brodsky H, Draper BM, Low LF (2003). Behavioural and psychological symptoms of dementia: a seven-tiered model of service delivery. *Med J Aust* 178(5), 231-4.
- Buchman AS, Wilson RS, Bienias JL, et al. (2009). Change in frailty and risk of death in older persons. *Exp. Aging Res* 35(1), 61–82.
- Buchman AS, Bennett DA (2011). Loss of motor function in preclinical Alzheimer's disease. *Expert Rev Neurother* 11(5), 665–676.
- Buchman AS, Boyle PA, Yu L, et al. (2012). Total daily physical activity and the risk of AD and cognitive decline in older adults. *Neurology* 78(17), 1323-9.
- Buchner DM, Larson EB (1987). Falls and fractures in patients with Alzheimer-type dementia. *JAMA* 257, 1492-1495.
- Busch M (2011). Demenzerkrankungen: Epidemiologie und Bedeutung vaskulärer Risikofaktoren. *CardioVasc* 11(5), 32-38.

## C

- Camicioli R, Howieson D, Lehman S, et al. (1997). Talking while walking: the effect of a dual task in aging and Alzheimer's disease. *Neurology* 48, 955-958.
- Camicioli R, Oken BS, Sexton G, et al. (1998). Verbal fluency task affects gait in Parkinson's disease with motor freezing. *J Geriatr Psychiatry Neurol* 11(4), 181–185.
- Campbell AJ, Robertson MC, La Grow SJ, et al. (2005). Randomised controlled trial of prevention of falls in people aged > or =75 with severe visual impairment: the VIP trial. *BMJ* 331(7520), 817.
- Cassilhas RC, Viana VA, Grassmann V, et al. (2007). The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. *Med Sci Sports Exerc* 39(8), 1401–1407.
- Chao YY, Scherer YK, Montgomery CA (2015). Effects of using Nintendo Wii™ exergames in older adults: A review of the literature. *J Aging Health* 27(3), 379–402.
- Chodosh J, Petitti DB, Elliott M, et al. (2004). Physician recognition of cognitive impairment: evaluating the need for improvement. *J Am Geriatr Soc* 52(7), 1051-9.
- Clark RA, Pua Y, Oliveira CC, et al. (2015). Reliability and concurrent validity of the Microsoft Xbox One Kinect for assessment of standing balance and postural control. *Gait Posture* 42(2), 210-213.
- Coelho FG, Andrade LP, Pedroso RV, et al. (2013). Multimodal exercise intervention improves frontal cognitive functions and gait in Alzheimer's disease: a controlled trial. *Geriatr Gerontol Int* 13, 198-203.
- Colcombe SJ, Erickson KI, Raz N et al. (2003). Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 58, 176–180.
- Colcombe SJ, Kramer AF, Erickson KI, et al. (2004). Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proc Natl Acad Sci USA* 101(9), 3316–3321.
- Colcombe SJ, Erickson KI, Scalf P, et al. (2006). Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 61, 1166 – 1170.



Condrón JE, Hill KD (2002). Reliability and validity of a dual-task force platform assessment of balance performance: Effect of age, balance impairment, and cognitive task. *J Am Geriatr Soc* 50, 157–162.

Cotman CW, Berchthold NC (2002). Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends Neurosci* 25, 295–301.

Creutzfeldt OD (1983). *Cortex cerebri*. Springer Verlag.

Cummings JL, Diaz C, Levy M, et al. (1996). Neuropsychiatric syndromes in neurodegenerative disease: frequency and significance. *Semin Clin Neuropsychiatry* 1, 241–247.

## D

Dapp U (2008). *Gesundheitsförderung und Prävention selbstständig lebender älterer Menschen. Eine medizinisch-geographische Untersuchung (S. 69)*: Verlag Kohlhammer.

de Andrade LP, Gobbi LT, Coelho FG, et al. (2013). Benefits of multimodal exercise intervention for postural control and frontal cognitive functions in individuals with Alzheimer's disease: a controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 61, 1919-1926.

de Werd MM, Boelen D, Rikkert MG, et al. (2013). Errorless learning of everyday tasks in people with dementia. *Clin Interv Aging* 8, 1177-1190.

Delbaere K, Smith ST, Lord SR (2011). Development and initial validation of Iconographical Falls Efficacy Scale. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 66, 674–680.

Delmonico MJ, Harris TB, Lee J-S, et al. Alternative definitions of sarcopenia, lower extremity performance, and functional impairment with aging in older men and women. *J Am Geriatr Soc* 55(5), 769–774.

Denkinger MD, Nikolaus T, Denkinger C, et al. (2012). Physical activity for the prevention of cognitive decline: current evidence from observational and controlled studies. *Z Gerontol Geriatr* 45(1), 11-6.

Deutsche Alzheimer Gesellschaft e.V. *Selbsthilfe Demenz* (2016). Informationsblatt 1: Die Häufigkeit von Demenzerkrankungen. (Letzter Zugriff am 15.12.2017).

Deutsche Alzheimer Gesellschaft e.V. (2009). *Prävention, Therapie und Rehabilitation für Demenzkranke*. Berlin: Deutsche Alzheimer Gesellschaft.

DGPPN & DGN (2010). *S3-Leitlinie Diagnose- und Behandlungsleitlinie Demenz*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Dick MB, Hsieh S, Bricker J, et al. (2003). Facilitating acquisition and transfer of a continuous motor task in healthy older adults and patients with Alzheimer's disease. *Neuropsychology* 17, 202-212.

Doblhammer G, Schulz A, Steinberg J, et al. (2012). *Demografie der Demenz*. Bern: Hans Huber.

Dorfman M, Herman T, Brozgol M, et al. (2014). Dual-task training on a treadmill to improve gait and cognitive function in elderly idiopathic fallers. *J Neurol Phys Ther* 38(4), 246-53.

Duke LM, Kazniak AW (2000). Executive control functions in degenerative dementias: A comparative review. *Neuropsych Rev* 10, 75–99.

## E

Ebert D (2008) *Psychiatrie systematisch*. Uni-Med, Bremen, S. 94.

Eggenberger P, Theill N, Holenstein S, et al. (2015). Multicomponent physical exercise with simultaneous cognitive training to enhance dual-task walking of older adults: a secondary analysis of a 6-month randomized controlled trial with 1-year follow-up. *Clin Interv Aging* 10, 1711-32

Eggermont LHP, Scherder EJA (2006). Physical activity and behaviour in dementia - A review of the literature and implications for psychosocial intervention in primary care. *Dementia* 5(3), 411–428.

- Elble RJ (2007). Gait and dementia: moving beyond the notion of gait apraxia. *J Neural Transm* 114, 1253-1258.
- Erickson KI, Hohmann T (2013). Die Effekte von Alter und Training auf die kognitive Gesundheit. *Z Sportpsychol* 20 (1), 25-32.
- Erickson KI, AF (2009). Aerobic exercise effects on cognitive and neural plasticity in older adults. *Br J Sports Med* 43(1), 22–24.
- Erickson KI, Voss MW, Prakash RS, et al. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proc Natl Acad Sci USA* 108(7), 3017–3022.
- EuroCoDe, 2011 EuroCoDe (2011). Prevalence of dementia. Luxembourg: Alzheimer Europe.

## F

- Farmer ME, Locke BZ, Moscick EK, et al (1988) Physical activity and depressive symptoms: the NHANES I Epidemiologic follow up study. *Am J Epidemiol* 128, 1340–1350.
- Feldman HH, van Baelen B, Kavanagh SM, et al. (2005). Cognition, function, and caregiving time patterns in patients with mild to-moderate Alzheimer disease: a 12 month analysis. *Alzheimer Dis Assoc Disord* 19, 29–36.
- Feldman HH, Schmitt FA, Olin JT (2006) Activities of daily living in moderate-to-severe Alzheimer disease: an analysis of the treatment effects of memantine in patients receiving stable donepezil treatment. *Alzheimer Dis Assoc Disord* 4, 263–268.
- Ferri CP, Prince M., Brayne C, et al. (2005). Global prevalence of dementia: a Delphi consensus study. *Lancet*, 366, 2112-2117.
- Fiatarone MA, O'Neill EF, Ryan ND, et al. (1994). Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med* 330, 1769-1775.
- Finkel SI, Costa e Silva J, Cohen G, et al. (1996). Behavioral and psychological signs and symptoms of dementia: a consensus statement on current knowledge and implications for research and treatment. *Int Psychogeriatr* 8(3), 497-500.
- Fletcher D, Kleerekoper M (2004). Neurologic disease, falls and fractures. *J Neurol Sci* 223(2), 101-2.
- Fok P, Farrell M, McMeeken J (2012). The effect of dividing attention between walking and auxiliary tasks in people with Parkinson's disease. *Hum Mov Sci* 31(1), 236-46.
- 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(3), 189-198.
- Forbes D, Forbes SC, Blake CM, et al. (2015). Exercise programs for people with dementia (Review). *Cochrane Database Syst Rev* 4, CD006489.
- Forte R, Pexce C, Leite JC, et al. (2013). Executive function moderates the role of muscular fitness in determining functional mobility in older adults. *Aging Clin Exp Res* 25(3), 291–298.
- Förstl H, Maelicke A, & Weichel C (2005). Demenz. Taschenatlas spezial. Thieme: Stuttgart.
- Förstl H (Hrsg.) (2008). Demenzen in Theorie und Praxis. Springer Verlag: Berlin Heidelberg New York.
- Fraizer EV, Mitra S (2008). Methodological and interpretive issues in posture-cognition dual-tasking in upright stance. *Gait Posture* 27(2), 271-9.
- Fratiglioni L, Wang HX, Ericsson K, et al. (2000). Influence of social network on occurrence of dementia: a community-based longitudinal study. *Lancet* 355(9212), 1315–1319.

- Friedman SM, Munoz B, West SK, et al. (2002). Falls and fear of falling: which comes first? A longitudinal prediction model suggests strategies for primary and secondary prevention. *J Am Geriatr Soc* 50, 1329–1335.
- Fritz NE, Cheek FM, Nichols-Larsen DS (2015). Motor-Cognitive Dual-Task Training in Persons With Neurologic Disorders: A Systematic Review. *JNPT* 39, 142–153.
- Frykberg GE, Häger CK (2015). Movement analysis of sit-to-stand—research informing clinical practice. *Phys Ther Rev* 20 (3), 156-167.

## G

- Galasko D, Kershaw PR, Schneider L, et al. (2004). Galantamine maintains ability to perform activities of daily living in patients with Alzheimer’s disease. *J Am Geriatr Soc* 52, 1070–1076.
- Ganz DA, Bao J, Shekelle PG, et al (2007). Will my patient fall? *JAMA* 297(1), 77–86.
- Gao S, Hendrie HC, Hall KS, et al. (1998). The relationship between age, sex, and then incidence of dementia and Alzheimer’s disease. *Arch Gen Psychiatry* 55(9), 809–815.
- Gasser T, Maetzler W (2012). Molekulargenetik und Neurobiologie neurodegenerativer Demenzen. In CW Wallesch & H Förstl (Hrsg.). *Demenzen* (S. 52–66). Stuttgart: Thieme.
- Gaugler JE, Duval S, Anderson KA, et al. (2007). Predicting nursing home admission in the US: a meta-analysis. *BMC Geriatr* 7, 13.
- Gelinas I, Gauthier L, McIntyre M, et al. (1999). Development of a functional measure for persons with Alzheimer’s disease: the disability assessment for dementia. *Am J Occup Ther* 53 (5), 471-481.
- Gillespie LD, Gillespie WJ, Robertson MC, et al. (2003). Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev* 4:CD000340.
- Gimmon Y, Jacob G, Lenoble-Hoskovec C., et al. (2013). Relative and absolute reliability of the clinical version of the narrow path walking test (NPWT) under single and dual task conditions. *Arch Gerontol Geriatr* 57, 92–99.
- Goble DJ, Cone BL, Fling BW (2014). Using the Wii Fit as a tool for balance assessment and neurorehabilitation: the first half decade of “Wii-search” . *J Neuroeng Rehabil* 11, 12.
- Gogulla S, Lemke NC, Hauer K (2014). Effekte eines körperlichen Trainings bei älteren Menschen und bei Menschen mit Demenz auf die Psyche. In: *Therapie bei Demenz – Körperliches Training bei Demenz*, Baden-Württemberg Stiftung gGmbH (Hrsg.) (S. 126-168), Stuttgart.
- Gonzales-Salvador T, Aragano C, Lyketsos CG, et al. (1999). The stress and psychological morbidity of the Alzheimer patient caregiver. *Int J Geriatr Psychiatry* 14, 701-710.
- Gonzales-Salvador T, Lyketsos CG, Baker AS, et al. (2000). Quality of life of patients with dementia in long-term care. *Int J Geriatr Psychiatry*. 15, 181-189.
- Gorelick PB, Scuteri A, Black SE, et al. (2011). Vascular Contributions to Cognitive Impairment and Dementia: A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association/ American Stroke Association. *Stroke* 42(9), 2672–2713.
- Gregg EW, Pereira MA, Caspersen CJ (2000). Physical activity, falls, and fractures among older adults: a review of the epidemiologic evidence. *J Am Geriatr Soc* 48, 883–893.
- Groot C, Hooghiemstraet AM, Raijmakers PGHM, et al. (2016). The effect of physical activity on cognitive function in patients with dementia: A meta-analysis of randomized control trials. *Ageing Research Reviews* 25, 13–23.

Gulich M, Zeitler HP (2000). The walking-counting test. A simple test for assessing the risk of falling. *Dtsch MedWochenschr* 125, 245-248.

Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, 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(2), M85-M94.

## H

Hampel H, Bürger K, Teipel SJ (2008). Demenz. In: HJ Möller, G Laux, & HP Kapfhammer (Hrsg.). *Psychiatrie und Psychotherapie* (S. 44-86). Heidelberg: Springer.

Hauer K, Rost B, Rutschle K, et al. (2001). Exercise training for rehabilitation and secondary prevention of falls in geriatric patients with a history of injurious falls. *J Am Geriatr Soc* 49, 10-20.

Hauer K, Marburger C, Oster P (2002). Motor performance deteriorates with simultaneously performed cognitive tasks in geriatric patients. *Arch Phys Med Rehabil* 83, 217–223.

Hauer K, Pfisterer M, Weber C, et al. (2003). Cognitive impairment decreases postural control during dual tasks in geriatric patients with a history of severe falls. *J Am Geriatr Soc* 51(11), 1638–1644.

Hauer K, Becker C, Lindemann U, et al. (2006). Effectiveness of physical training on motor performance and fall prevention in cognitively impaired older persons: a systematic review. *Am J Phys Med Rehabil* 85, 847-857.

Hauer K, Oster P (2008). Measuring functional performance in persons with dementia. *J Am Geriatr Soc* 56 (5), 949-950.

Hauer K, Kempen GI, Schwenk M, et al. (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.

Hauer K, Schwenk M, Zieschang T, et al. (2012). Physical training improves motor performance in people with dementia: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 60(11), 8–15.

Heyn P, Abreu BC, Ottenbacher KJ (2008). The effects of exercise training on elderly persons with cognitive impairment and dementia: a meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil* 85, 1694-1704.

Hock C (2000). Demenz. In: Nikolaus T (Hrsg.). *Klinische Geriatrie*. Springer: Berlin Heidelberg.

Hofheinz M, Schusterschitz C (2010). Dual task interference in estimating the risk of falls and measuring change: A comparative, psychometric study of four measurements. *Clin Rehabil* 24, 831–842.

Hofmann W (2012). Leitliniengerechte Diagnose des Demenzätiologie. *Z Gerontol Geriatr* 45(8), 761–773.

Hofmann W, Sommeregger U, Krupp S(2015). Assessment II. Settings, Systematik und Tools. *Z Gerontol Geriatr*, 48, 103–104.

Holmes JD, Jenkins ME, Johnson AM, et al. (2013) Validity of the Nintendo Wii balance board for the assessment of standing balance in Parkinson's disease. *Clin Rehabil* 27(4), 361-366.

Howland J, Lachman ME, Peterson EW et al. (1998). Covariates of fear of falling and associated activity curtailment. *Gerontologist* 38, 549–555.

Hughes TF, Flatt JD, Fu B., et al. (2014). Interactive video gaming compared with health education in older adults with mild cognitive impairment: A feasibility study. *Int J Geriatr Psychiatry* 29(9), 890–898.

## I

Iavarone A, Milan G, Vargas G, et al. (2007). Role of functional performance in diagnosis of dementia in elderly people with low educational level living in Southern Italy. *Aging Clin Exp Res* 19, 104–109.

Ihl R, Grass-Kapanke B, Lahrem P, et al. (2000). Entwicklung und Validierung eines Tests zur Früherkennung der Demenz mit Depressionsabgrenzung (TFDD). *Fortschr Neurol Psychiatr* 68 ,413–422.

Isaacs B, Kennie AT (1973). The Set test as an aid to the detection of dementia in old people. *Br J Psychiatry* 123(575), 467-70.

Ivemeyer D, Zerfaß R (2005). *Demenztests in der Praxis: Ein Wegweiser*. München: Urban & Fischer.

## **J**

Jeste DV, Finkel SI (2000). Psychosis of Alzheimer's disease and related dementias. Diagnostic criteria for a distinct syndrome. *Am J Geriatr Psychiatry* 8(1), 29-34.

Jorm AF, Jolley D (1998). The incidence of dementia. A meta analysis. *Neurology* 51(3), 728–733.

## **K**

Karnath HO, Johannsen L, Broets D, et al. (2005). Posterior thalamic hemorrhage induces "pusher syndrome". *Neurology* 64, 1014-1019.

Kelly VE, Eusterbrock AJ, Shumway-Cook A (2012). A review of dual task walking deficits in people with Parkinson's disease: motor and cognitive contributions, mechanisms, and clinical implications. *Parkinson's disease* 2012, 918719.

Kessler J, Calabrese P, Kalbe E, et al. (2000). DemTect. Ein neues Screening-Verfahren zur Unterstützung der Demenzdiagnostik, *Psycho* 6, 343–347.

Kitwood T, Bredin K (1992). Towards a theory of dementia care: personhood and well-being. *Ageing Soc* 12, 269-287.

Kramer A, Larish J, Strayer D (1995). Training for attentional control in dual task settings: a comparison of young and old adults. *J Exp Psychol* 1, 50-76.

Kramer AK, Bherer L, Colcombe SJ, et al. (2004). Environmental influences on cognitive and brain plasticity during aging. *J Gerontol Biol Med Sci Series A* 59, M940–M957.

Kronberg G, Bick-Sander A, Bunk E, et al. (2006). Physical exercise prevents age-related decline in precursor cell activity in the mouse dentate gyrus. *Neurobiol Aging* 27(10), 1505–1513.

Kwak YS, Um SY, Son TG, et al. (2008). Effect of regular exercise on senile dementia patients. *Int J Sports Med* 29, 471–474.

## **L**

Lai C, Peng C, Chen Y, et al. (2013). Effects of interactive video-game based system exercise on the balance of the elderly. *Gait Posture* 37(4), 511-515.

Landin D (1994). The role of verbal cues in skill learning. *Quest* 46, 299-313.

Langa KM, Larson EB, Crimmins EM, et al. (2016) A comparison of the prevalence of dementia in the United States in 2000 and 2012. *JAMA InternMed*.

Larson EB, Wang L, Bowen JD, et al. (2006). Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years and older. *Ann Intern Med* 144(2), 73–81.

Lauenroth A, Ioannidis AE, Teichmann B (2016). Influence of combined physical and cognitive training on cognition: a systematic review. *BMC Geriatrics* 16, 141.

Laufer Y, Dar G, Kodess E (2014). Does a Wii-based exercise program enhance balance control of independently functioning older adults? A systematic review. *Clin Interv Aging* 9, 1803–1813.

- Laurin D, Verreault R, Lindsay J, et al. (2001). Physical activity and risk of cognitive impairment and dementia in elderly persons. *Arch Neurol* 58, 498–504.
- Lautenschlager NT, Cox KL, Flicker L, et al. (2008). Effect of physical activity on cognitive function in older adults at risk for Alzheimer disease: a randomized trial. *JAMA* 300, 1027–103.
- Law LL, Barnett F, Yau MK, et al. (2014). Effects of combined cognitive and exercise interventions on cognition in older adults with and without cognitive impairment: a systematic review. *Ageing Res Rev* 15, 61–75.
- Legouverneur G, Pino M, Boulay M, et al. (2011). Wii sports, a usability study with MCI and Alzheimer's patients. *Alzheimer's Dementia* 7, 500–501.
- Leicht H, Heinrich S, Heider D, et al. (2011). Net costs of dementia by disease stage. *Acta Psychiatrica Scandinavica* 124(5), 384–395.
- Lemke NC, Gogulla S, Hauer K (2014). Effekte körperlicher Aktivität auf die Kognition im Alter und bei Demenz. In: *Therapie bei Demenz – Körperliches Training bei Demenz*, Baden-Württemberg Stiftung gGmbH (Hrsg.) (S. 98-123), Stuttgart.
- Lemke N, Wiloth S, Werner C, et al. (2017). Validity, test-retest reliability, sensitivity to change and feasibility of motor-cognitive dual task assessments in patients with dementia. *Arch Gerontol Geriatr* 70, 169-179.
- Littbrand H, Stenvall M, Rosendahl E (2011). Applicability and effects of physical exercise on physical and cognitive functions and activities of daily living among people with dementia: a systematic review. *Am J Phys Med Rehabil* 90(6), 495–518.
- Lobo A, Launer LJ, Fratiglioni L, et al. (2000). Prevalence of dementia and major subtypes in Europe: a collaborative study of population-based cohorts. *Neurology* 54(Suppl. 5), 4–9.
- Lord S, Sherrington C, Menz H (2001). *Falls in older people*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lundin-Olsson L, Nyberg L, Gustafson Y (1997). "Stops walking when talking" as a predictor of falls in elderly people. *Lancet* 349, 617.
- Lundin-Olsson L, Nyberg L, Gustafson Y (1998). Attention, Frailty, and Falls: The Effect of a Manual Task on Basic Mobility. *J Am Geriatr Soc* 46, 758-761.
- Lyketsos CG, Steele C, Baker L, et al. (1997). Major and minor depression in Alzheimer's disease: prevalence and impact. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 9(4), 556-61.
- Lyketsos CG, Steele C, Steinberg M (1999). Neuropsychiatric symptoms in dementia. In: JJ Gallo, J Busby-Whitehead, PV Rabins, R Silliman, J Murphy (Hrsg.) *Reichel's Care of the Elderly: Clinical Aspects of Aging*. (S.214-228). Baltimore, Md: Williams & Wilkins.
- Lyketsos CG, Rabins PV, Breitner JCS (2001). An evidence-based proposal for the classification of neuropsychiatric disturbance in Alzheimer's disease. *Int J Geriatr Psychiatry* 16, 1037-1042.
- Lyketsos CG, Lopez O, Jones B, et al. (2002). Prevalence of neuropsychiatric symptoms in dementia and mild cognitive impairment. *JAMA* 288(12), 1475–1483.

## **M**

- Mahlberg R, Gutzmann H (2005). Zertifizierte medizinische Fortbildung: Diagnostik von Demenzerkrankungen. *Dtsch Arztebl* 102(28–29), A2032–A2039.
- Maillot P, Perrot A, Hartley A (2012). Effects of interactive physical-activity video-game training on physical and cognitive function in older adults. *Psychol Aging* 27(3), 589-600.
- Makizako H, Furuna T, Shimada H, et al. (2010). Association between a history of falls and the ability to multi-task in community-dwelling older people. *Ageing Clin Exp Res* 22, 427–432.

- Manckoundia P, Mourey F, Pfitzenmeyer P, et al. (2006). Comparison of motor strategies in sit-to-stand and back-to-sit motions between healthy and Alzheimer's disease elderly subjects. *Neuroscience* 137 (2), 385-392.
- Markser V, BärKJ (Hrsg.) (2015). Sport- und Bewegungstherapie bei seelischen Erkrankungen. Forschungsstand und Praxisempfehlungen (S. 178 ff.) Stuttgart: Schattauer-Verlag.
- Marquis S, Moore MM, Howieson DB, et al. (2002). Independent predictors of cognitive decline in healthy elderly persons. *Arch Neurol* 59, 601-606.
- Matthews FE, Arthur A, Barnes LE, et al. (2013). A two-decade comparison of prevalence of dementia in individuals aged 65 years and older from three geographical areas of England: results of the Cognitive Function and Ageing Study I and II. *Lancet* 382, 1405-1412.
- McCulloch KL, Shubert TE, Giuliani CA (2006). Walking dual task performance in older adults: Feasibility of three cognitive tasks and associations among measures of balance and attention. *J Geriatr Phys Ther* 29(3), 132.
- McCulloch KL, Mercer V, Giuliani C, et al. (2009). Development of a clinical measure of dual-task performance in walking: Reliability and preliminary validity of the Walking and Remembering Test. *J Geriatr Phys Ther* 32(1), 2-9.
- McEwen D, Taillon-Hobson A, Bilodeau M, et al. (2014). Two-week virtual reality training for dementia: Single case feasibility study. *J Rehabil Res* 51(7), 1069-1076.
- McGlone J, Gupta S, Humphrey D, et al. (1990). Screening for early dementia using memory complaints from patients and relatives. *Arch Neurol* 47, 1189-1193.
- McKeith IG, Dickson DW, Lowe J, et al. (2005). Diagnosis and management of dementia with lewy-bodies: third report of the DLB consortium. *Neurology* 65(12), 1863-1872.
- Mhaoláin AM, Gallagher D, Crosby L, et al. (2012). Frailty and quality of life for people with Alzheimer's dementia and Mild Cognitive Impairment. *Am J Alzheimers Dis Other Demen* 27, 48-54.
- Middelton LE, Manini TM, Simonsick EM, et al. (2008). Activity energy expenditure and incident cognitive impairment in older adults. *Arch Intern Med* 171, 1251-1257.
- Miller KJ, Adair BS, Pearce AJ, et al. (2014). Effectiveness and feasibility of virtual reality and gaming system use at home by older adults for enabling physical activity to improve health-related domains: A systematic review. *Age Ageing* 43(2), 188-195.
- Mirelman A, Maidan I, Herman T, et al. (2011). Virtual reality for gait training: can it induce motor learning to enhance complex walking and reduce fall risk in patients with Parkinson's disease? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 66(2), 234-40.
- Molina KI, Ricci NA, de Moraes AS, et al. (2014). Virtual reality using games for improving physical functioning in older adults: A systematic review. *J Neuroeng Rehabil.* 11, 156.
- Montero-Odasso M, Wells JL, Borrie MJ, et al. (2009a). Can cognitive enhancers reduce the risk of falls in older people with mild cognitive impairment? A protocol for a randomized controlled double blind trial. *BMC Neurol* 9, 42.
- Montero-Odasso M, Casas A, Hansen KT, et al. (2009b). Quantitative gait analysis under dual-task in older people with mild cognitive impairment: A reliability study. *J Neuroeng Rehabil* 6, 35.
- Morris JC, Rubin EH, Morris EJ, et al. (1987). Senile dementia of the Alzheimer's type: an important risk factor for serious falls. *J Gerontol* 42(4), 412-417.
- Morris JC, Mohs RC, Rogers H, et al. (1988). Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease (CERAD) clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease. *Psychopharmacol Bull* 24, 641-652.

- Morris JC, Heyman A, Mohs RC, et al. (1989). The Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease (CERAD). Part I. Clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease. *Neurology* 39(9), 1159–1165.
- Morris JC (1993). The Clinical Dementia Rating (CDR): Current Version and scoring rules. *Neurology* 43(11), 2412–2414.
- Motl RW, Birnbaum AS, Kubik MY, et al. (2004). Naturally occurring changes in physical activity are inversely related to depressive symptoms during early adolescence. *Psychosom Med* 66, 336–342.
- Muhaidat J, Kerr A, Evans JJ, et al. (2013a). The test-retest reliability of gait-related dual task performance in community-dwelling fallers and non-fallers. *Gait Posture* 38(1), 43–50.
- Muhaidat J, Kerr A, Evans JJ, et al. (2013b). Exploring gait-related dual task tests in community-dwelling fallers and non-fallers: A pilot study. *Physiother Theory Pract* 29(5), 351–370.
- Muhaidat J, Kerr A, Evans JJ, et al. (2014). Validity of simple gait-related dual-task tests in predicting falls in community-dwelling older adults. *Arch Phys Med Rehabil*. 95(1), 58–64.
- Muir SW, Speechley M, Wells J, et al. (2012). Gait assessment in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: The effect of dual-task challenges across the cognitive spectrum. *Gait Posture* 35(1), 96–100.
- Muratori LM, Lamberg EM, Quinn L, et al. (2013). Applying principles of motor learning and control to upper extremity rehabilitation. *J Hand Ther* 26, 94-103.

## N

- Nakamura T, Meguro K, Sasaki H (1996). Relationship between falls and stride length variability in senile dementia of the Alzheimer type. *Gerontology* 42, 108-113.
- Naumann T, Kindermann S, Joch M, et al. (2015). No transfer between conditions in balance training regimes relying on tasks with different postural demands: Specificity effects of two different serious games. *Gait Posture* 41, 774-779.
- Nelson JC, Devanand DP (2011). A systematic review and meta-analysis of placebo-controlled antidepressant studies in people with depression and dementia. *J Am Geriatr Soc* 59, 577–585.
- Nikolaus T (2000). Konzept des geriatrischen Assessments. In: T Nikolaus (Hrsg.). *Klinische Geriatrie*. (S. 161-188), Berlin Heidelberg New York Tokio: Springer.
- Njegovan V, Hing MM, Mitchell SL, et al. (2001). The hierarchy of functional loss associated with cognitive decline in older persons. *J Gerontol Series A: Biol Sci and Med Sci* 56(7), 638–643.
- Nordin E, Moe-Nilssen R, Ramnemark A, et al. (2010). Changes in step-width during dual-task walking predicts falls. *Gait Posture* 32, 92–97.

## O

- Oddy R (1987). Promoting mobility in patients with dementia: Some suggested strategies for physiotherapists. *Physiother Pract* 3, 18-27.
- Olazarán J, Reisberg B, Clare L, et al. (2010). Nonpharmacological Therapies in Alzheimer's Disease: A Systematic Review of Efficacy. *Dement Geriatr Cogn Disord* 30, 161–178.
- Onder G, Penninx BW, Ferrucci L, et al. (2005). Measures of physical performance and risk for progressive and catastrophic disability: results from the Women's Health and Aging Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 60(1), 74–79.
- O'Sullivan SB (2010). Interventions to improve motor control and motor learning, In: SB O'Sullivan, TJ Schmitz (Hrsg.). *Improving Functional Outcomes in Physical Rehabilitation* (S.12-41), Philadelphia: F.A. Davis Company.



Oswald WD, Fleischmann U (1995). Nürnbergger Altersinventar. Göttingen: Hogrefe.

## **P**

Padala KP, Padala PR, Malloy TR, et al. (2012). Wii-fit for improving gait and balance in an assisted living facility: a pilot study. *J Aging Res* 2012, 597573.

Paffenbarger RS, Lee IM, Leung R (1994). Physical activity and personal characteristics associated with depression and suicide in American college men. *Acta Psychiatr Scand* 377, 16–22.

Patel P, Lamar M, Bhatt T (2014). Effect of type of cognitive task and walking speed on cognitive-motor interference during dual-task walking. *Neuroscience* 260, 140-8.

Peireira AC, Huddleston DE, Brickman AM, et al. (2007). An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. *Proc Natl Acad Sci USA* 104(13), 5638–5643.

Perrig-Chiello P, Perrig W, Uebelbacher A, et al. (2006). Impact of physical and psychological resources on functional autonomy in old age. *Psychol.Health Med* 11, 470-482.

Perry RJ, Hodges JR (1999). Attention and executive deficits in Alzheimer's disease. A critical review. *Brain* 122, 383-404.

Peterson RC, Stevens JC, Ganguli M, et al. (2001). Practice parameter: early detection of dementia: mild cognitive impairment (an evidence-based review). *Neurology* 56(9), 1133–1142.

Pettersson AF, Olsson E, Wahlund LO (2007). Effect of divided attention on gait in subjects with and without cognitive impairment. *J Ger Psychiatry Neurol* 20(1), 58–62.

Pichierri G, Wolf P, Murer K, et al. (2011). Cognitive and cognitive-motor interventions affecting physical functioning: a systematic review. *BMC Geriatr* 11, 29.

Pitkälä K, Savikko N, Poysti M, et al. (2013). Efficacy of physical exercise intervention on mobility and physical functioning in older people with dementia: a systematic review. *Exp Gerontol* 48(1), 85–93.

Podsiadlo D, Richardson S (1991). The timed “Up & Go” : a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 39(2), 142-148.

Potter R, Ellard D, Rees K, et al. (2011). A systematic review of the effects of physical activity on physical functioning, quality of life and depression in older people with dementia. *Int J Geriatr Psychiatry* 26(10), 1000–1011.

Prakash RS, Voss MW, Erickson KI, et al. (2011). Cardiorespiratory fitness and attentional control in the aging brain. *Front Hum Neurosci* 4, 229.

## **R**

Rabins PV, Blacker D, Cohen E, et al. (1997). Practice guideline for the treatment of patients with Alzheimer's disease and other dementias of late life. *Am J Psychiatry* 154, 1-39.

Rabins PV, Lyketsos CG, Steele C (1999). *Practical Dementia Care*. New York, NY: Oxford University Press.

Rapp, K (2009). "Die meisten Stürze ereignen sich bei den Transfers.", [Online unter:] URL: [www.aktiv-injedemalter.de](http://www.aktiv-injedemalter.de) [letzter Zugriff: 09.12.2017].

Raz N, Lindenberger U, Rodrigue KM, et al. (2005). Regional brain changes in aging healthy adults: general trends, individual differences and modifiers. *Cerebral Cortex* 15, 1676-1689.

Redfern MS, Jennings JR, Martin C, et al. (2001). Attention influences sensory integration for postural control in older adults. *Gait Posture* 14, 211-216.

- Reding M, Haycox J, Blass J (1985). Depression in patients referred to a dementia clinic. A three-year prospective study: *Arch Neurol* 42, 894–896.
- Reifler BV, Larson E, Teri L, et al. (1986). Dementia of the Alzheimer's type and depression. *J Am Geriatr Soc* 34, 855–859.
- Reitz C, Mayeux R (2014). Alzheimer disease: Epidemiology, Diagnostic Criteria, Risk Factors and Biomarkers. *Biochem Pharmacol* 88(4), 640–651.
- Reuter I & Engelhardt M (2010). Kann Sport den Verlust kognitiver Funktionen im Alter verhindern? *Sport Ortho Trauma* 26, 216–226.
- Riby L, Perfect T, Stollery B (2004). Evidence for disproportionate dual-task costs in older adults for episodic but not semantic memory. *Q J Exp Psychol A* 57(2), 241–267.
- Ritchie K, Kildea D (1995). Is senile dementia “age-related” or “ageing-related”? - Evidence from meta-analysis of dementia prevalence in the oldest old. *Lancet* 346, 931-934.
- Rizzi L, Rosset I, Roriz-Cruz M (2014). Global Epidemiology of Dementia: Alzheimer’s and Vascular Types. *Bio-med Res Int* 2014, 908915.
- Rolland Y, Pillard F, Klapouzczak A, et al. (2007). Exercise program for nursing home residents with Alzheimer’s disease: a 1-year randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 55, 158–165.
- Rosano C, Venkatraman VK, Guralnik J, et al. (2010). Psychomotor speed and functional brain MRI 2 years after completing a physical activity treatment. *The Journals of Gerontology. J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 65, 639-647.
- Rösler A, Seifritz E, Krauchi K, et al. (2002) Skill learning in patients with moderate Alzheimer’s disease: A prospective pilot-study of waltz-lessons. *Int J Geriatr Psychiatry* 17, 1155-1156.
- Rösler A, Krause T, Niehuus C, et al. (2009). Dementia as a cofactor for geriatric rehabilitation outcome in patients with osteosynthesis of the proximal femur: A retrospective, matched pair analysis of 250 patients. *Arch Gerontol Geriatr* 49(1), e36–e39.
- Rovio S, Kareholt I, Helkala EL, et al. (2005). Leisure-time physical activity at midlife and the risk of dementia and Alzheimer’s disease. *Lancet Neurology* 4(11), 405–411.
- Ruthruff E, Pashler HE, Klaassen A (2001). “Processing bottlenecks in dual-task performance: structural limitation or strategic postponement?” *Psychon Bull Rev* 8(1), 73–80.

## S

- Sackett DL, Rosenberg WMC, Gray JA, et al. (1996). Evidence based medicine: what it is and what it isn't. *BMJ* 312, 71.
- Sala SD, Logie RH (2001). Theoretical and practical implications of dual-task performance in Alzheimer’s disease. *Brain* 124, 1479–1481.
- Santana-Sosa E, Barriopedro MI, López-Mojares LM, et al. (2008). Exercise training is beneficial for Alzheimer's patients. *Int J Sports Med* 29(10), 845-50.
- Sauvaget C, Yamada M, Fujiwara S, et al. (2002). Dementia as a predictor of functional disability: a four-year follow-up study. *Gerontology* 45(4), 226–233.
- Savva GM, Zaccai J, Matthews FE, et al. (2009). Prevalence correlates and course of behavioural and psychological symptoms of dementia in the population. *Br J Psychiatry* 194(3), 212–219.
- Scarborough DM, Krebs DE, Harris BA (1999) Quadriceps muscle strength and dynamic stability in elderly persons. *Gait Posture* 10, 10-20.

- Scarborough DM, McGibbon CA, Krebs DE (2007). Chair rise strategies in older adults with functional limitations. *J Rehabil Res Dev* 44 (1), 33-42.
- Scarmeas N, Luchsinger JA, Brickman AM, et al. (2011). Physical activity and Alzheimer disease course. *Am J Geriatr Psychiatry* 19(5), 471–481.
- Schmidtke K, Otto M (2012). Alzheimer-Demenz. In: CW Wallesch & H Förstl (Hrsg.). *Demenzen* (S. 203–227), Stuttgart: Thieme.
- Schmidt RA, Lee TD (2005). *Motor control and learning: A behavioral emphasis*, Human Kinetics, Champaign, IL.
- Schmitz X, Bier N, Joubert S, et al. (2014). The benefits of errorless learning for serial reaction time performance in Alzheimer’s disease. *J Alzheimers Dis* 39, 287-300.
- Schoene D, Lord SR, Delbaere K, et al. (2013). A randomized controlled pilot study of home-based step training in older people using videogame technology. *PLoS One* 8, e57734.
- Schoene D, Valenzuela T, Lord SR, et al. (2014). The effect of interactive cognitive-motor training in reducing fall risk in older people: a systematic review. *BMC Geriatr* 14, 107.
- Schott, N (2015). Trail Walking Test zur Erfassung der motorisch-kognitiven Interferenz bei älteren. Erwachsenen Entwicklung und Überprüfung der psychometrischen Eigenschaften des Verfahrens. *Z Gerontol Geriatr* 48, 722–733.
- Schwenk M, Oster P, Hauer K (2008). Kraft- und Funktionstraining bei älteren Menschen mit dementieller Erkrankung. *Praxis Physiotherapie* 2, 59–65.
- Schwenk M, Zieschang T, Oster P, et al. (2010). Dual-task performances can be improved in patients with dementia: a randomized controlled trial. *Neurology* 74, 1961-1968.
- Schwenk M, Gogulla S, Englert S, et al. (2012). Test-retest reliability and minimal detectable change of repeated sit-to-stand analysis using one body fixed sensor in geriatric patients. *Physiol Meas* 33 (11), 1931-1946.
- Shaw FE (2007). Prevention of falls in older people with dementia. *J Neural Trans* 114, 1259-1264.
- Sheridan PL, Solomont J, Kowall N, et al. (2003). Influence of executive function on locomotor function: Divided attention increases gait variability in Alzheimer’s disease. *J Am Geriatr Soc* 51(11), 1633–1637.
- Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M(2000). Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther* 80(9), 896–903.
- Sihvonen SE, Sipilä S, Era PA (2004). Changes in postural balance in frail elderly women during a 4-week visual feedback training: a randomized controlled trial. *Gerontology* 50(2), 87-95.
- Silsupadol P, Siu KC, Shumway-Cook A, et al. (2006). Training of balance under single- and dual-task conditions in older adults with balance impairment. *Phys Ther* 86, 269-281.
- Silsupadol P, Shumway-Cook A, Lugade V, et al. (2009). Effects of single-task versus dual-task training on balance performance in older adults: a double-blind, randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 90, 381-387.
- Sjösten N, Vaapio S, Kivelä SL (2008). The effects of fall prevention trials on depressive symptoms and fear of falling among the aged: A systematic review. *Aging Ment Health* 12, 30–46.
- Skjæret N, Nawaz A, Morat T, et al. (2016). Exercise and rehabilitation delivered through exergames in older adults: An integrative review of technologies, safety and efficacy. *Int J Med Inform* 85(1), 1–16.
- Skoog I (2004). Psychiatric epidemiology of old age: the H70 study - the NAPE Lecture 2003. *Acta Psychiatr Scand* 109(1), 4–18.

- Smith JC, Nielson KA, Woodard JL, et al. (2011). Interactive effects of physical activity and APOE-ε4 on BOLD semantic memory activation in healthy elders. *Neuro-Image* 54, 635-644.
- Sommeregger U (2011). *Assessment*. Österreichische Gesellschaft für Geriatrie und Gerontologie (ÖGGG). Wien: Eigenverlag.
- Sousa RM, Ferri CP, Acosta D, et al. (2010). The contribution of chronic diseases to the prevalence of dependence among older people in Latin America, China and India: a 10/66 Dementia Research Group population-based survey. *BMC Geriatr* 10, 53.
- Steele C, Rovner B, Chase GA, et al. (1990). Psychiatric symptoms and nursing home placement of patients with Alzheimer's disease. *Am J Psychiatry* 147(8), 1049-51.
- Stephens T (1988). Physical activity and mental health in the United States and Canada: evidence from four population surveys. *Prev Med* 17, 35-47.
- Stern Y, Tang MX, Albert MS, et al. (1997). Predicting time to nursing home care and death in individuals with Alzheimer's disease. *JAMA* 277, 806-812.
- Stevens T, Livingston G, Kitchen G, et al. (2002). Islington study of dementia subtypes in the community. *Br J Psychiatry* 180, 270-276.
- Stoppe G (2007). *Demenz*. München: Ernst Reinhardt.
- Ströhle A (2009). Physical Activity, exercise, depression and anxiety disorders. *J Neural Transm* 116, 777-784.
- Suh GH, Shah A (2001). A review of the epidemiological transition in dementia - cross-national comparisons of the indices related to Alzheimer's disease and vascular dementia. *Acta Psychiatr Scand* 104(1), 4-11.
- Suttanon P, Hill KD, Dodd KJ, et al. (2011). Retest reliability of balance and mobility measurements in people with mild to moderate Alzheimer's disease. *Int Psychogeriatr* 23(7), 1152-1159.
- Suzuki T, Shimada H, Makizako H, et al. (2012). Effects of multicomponent exercise on cognitive function in older adults with amnesic mild cognitive impairment: a randomized controlled trial. *BMC Neurol* 12, 128.
- Szturm T, Sakhalkar V, Boreskie S, et al. (2015). Integrated testing of standing balance and cognition: test-retest reliability and construct validity. *Gait Posture* 41(1), 146-152.
- T**
- Teri L, Borson S, Kiyak HA, et al. (1989). Behavioral disturbance, cognitive dysfunction, and functional skill. Prevalence and relationship in Alzheimer's disease. *J Am Geriatr Soc* 37, 109-116.
- Tinetti ME (1986). Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *J Am Geriatr Soc* 34(2), 119-126.
- Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF (1988) Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med* 319(26), 1701-1707.
- Tombu M, Jolicoeur P (2003). A central capacity sharing model of dual-task performance. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 29(1), 3-18.
- U**
- Uda M, Ishido M, Kami K, et al. (2006). Effects of chronic treadmill running on neurogenesis in the dentate gyrus of the hippocampus of adult rat. *Brain Res* 1104(4), 64-72.
- Uemura K, Shimada H, Makizako H, et al. (2012). A lower prevalence of self-reported fear of falling is associated with memory decline among older adults. *Gerontology* 58(5), 413-418.

## V

- van Diest DM, Lamoth CJ, Stegenga J, et al. (2013). Exergaming for balance training of elderly: state of the art and future developments. *J Neuroeng Rehabil* 10, 101.
- Van Gelder BM, Tjihuis MAR, Kalmijn S, et al. (2004). Physical activity in relation to cognitive decline in elderly men: the FINE Study. *Neurology* 63(12), 2316-2321.
- van Halteren-van Tilborg IA, Scherder EJ, Hulstijn W (2007) Motor-skill learning in Alzheimer's disease: A review with an eye to the clinical practice. *Neuropsychol Rev* 17, 203-212.
- van Iersel MB, Hoefsloot W, Munneke M, et al. (2004). Systematic review of quantitative clinical gait analysis in patients with dementia. *Z Gerontol Geriatr* 37(1), 27–32.
- Van Praag H, Christie BR, Sejnowski TJ et al. (1999). Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. *Proc Natl Acad Sci USA*, 96, 13427–13431.
- van Tilborg I, Hulstijn W (2010). Implicit motor learning in patients with Parkinson's and Alzheimer's disease: Differences in learning abilities? *Motor Control* 14, 344-361.
- Vergheze J, Lipton RB, Hall CB, et al. (2002a). Abnormality of Gait as a Predictor of Non Alzheimer's Dementia. *N Engl J Med* 347(22), 1761–1768.
- Vergheze J, Buschke H, Viola L, et al. (2002b). Validity of divided attention tasks in predicting falls in older individuals: A preliminary study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(9), 1572–1576.
- Vergheze J, Lipton RB, Katz MJ, et al. (2003). Leisure activities and the risk of dementia in the elderly. *N Engl J Med* 348(25), 2508–16.
- Vergheze J, Wang C, Lipton RB (2007). Quantitative gait dysfunction and risk of cognitive decline and dementia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 78(9), 929–935.
- Visser H (1983). Gait and balance in senile dementia of Alzheimer's type. *Age Ageing* 12, 296-301.
- Voss MW, Erickson KI, Prakash RS, et al. (2010a). Functional connectivity: A source of variance in the association between cardiorespiratory fitness and cognition? *Neuropsychologia* 48, 1394-1406.
- Voss MW, Prakash RS, Erickson KI, et al. (2010b). Plasticity of brain networks in a randomized intervention trial of exercise training in older adults. *Front Aging Neurosci* 2. pii: 32.

## W

- Waite LM, Broe GA, Grayson DA, et al. (2000). Motor function and disability in the dementias. *Int J Geriatr Psychiatry* 15(10), 897–903.
- Wallesch CW, Förstl H (2005) *Demenzen*. Thieme Verlag.
- Wallesch CW, Förstl H (2012). Klinische Diagnostik. In: CW Wallesch & H Förstl (Hrsg.). *Demenzen* (S. 128–150). Stuttgart: Thieme.
- Weinstein AM, Voss MW, Prakash RS, et al. (2012). The association between aerobic fitness and executive function is mediated by prefrontal cortex volume. *Brain Behav Immun* 26, 811-819.
- Werner C, Dutzi I, Hauer K (2014). Theoretische Grundlagen demenzieller Erkrankungen. In: *Therapie bei Demenz – Körperliches Training bei Demenz* (S.15-63), Baden-Württemberg Stiftung gGmbH (Hrsg.), Stuttgart.
- Werner C, Wiloth S, Lemke NC, Kronbach F, Hauer K (2016). Development and validation of a novel motor-cognitive assessment strategy of compensatory sit-to-stand maneuvers in people with dementia. *J Geriatr Phys Ther*.
- Weuve J, Kang JH, Manson JE, et al. (2004). Physical activity, including walking, and cognitive function in older women. *JAMA* 292(12):1454-61.

- Weybright E, Dattilo J, Rusch F (2010). Effects of an interactive video game (Nintendo Wii) on older women with Mild Cognitive Impairment. *Ther Recreation J* 44, 271-287.
- Weyerer S (1992). Physical inactivity and depression in the community: Evidence from the upper Bavarian field study. *Int J Sports Med* 13, 492-496.
- Weyerer S (2005). Altersdemenz. Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Heft 28, Robert-Koch-Institut.
- Weyerer S, Bickel H (2007) Epidemiologie psychischer Erkrankungen im höheren Lebensalter. *Grundriss Gerontologie*, Band 14, Stuttgart: Kohlhammer.
- WHO (2001). International classification of functioning, disabilities, and health: ICF., Geneva: World Health Organization.
- WHO (2002). "Reducing risks, promoting healthy life," World Healthy Report, World Healthy Organization.
- WHO (2006). Internationale Klassifikation Psychischer Störungen ICD-10, Kapitel V (F) Diagnostische Kriterien für Forschung und Praxis. Bern: Huber.
- WHO (2012). Dementia: a public health priority. Genf: WHO.
- Wikstrom EA (2012). Validity and reliability of Nintendo Wii Fit balance scores. *J Athl Train* 47(3), 306-313.
- Wiloth S (2017). Entwicklung und Validierung innovativer Assessmentstrategien zur Erfassung trainingsbezogener Leistungen nach motorisch-kognitiven Training bei Menschen mit Demenz. Heidelberg: Dissertationsschrift Universität Heidelberg.
- Wiloth S, Lemke N, Werner C, et al. (2016). Validation of a Computerized, Game-based Assessment Strategy to Measure Training Effects on Motor-Cognitive Functions in People With Dementia. *JMIR Serious Games* 4(2), e12.
- Winblad B, Amouyel P, Andrieu S, et al. (2016). Defeating Alzheimer's disease and other dementias: a priority for European science and society. *Lancet Neurol* 15(5), 455-532.
- Wollesen B, Voelcker-Rehage C (2013). Training effects on motor-cognitive dual-task performance in older adults. A systematic review. *Eur Rev Aging Phys Act* 11, 5–24.
- Wongcharoen S, Sungkarat S, Munkhetvit P, et al. (2017). Home-based interventions improve trained, but not novel, dual-task balance performance in older adults: A randomized controlled trial. *Gait Posture* 52, 147-152.
- Woolacott M, Shumway-Cook A (2002). Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture* 16(1), 1-14.
- Wu Q, Chan JS, Yan JH (2016) Mild cognitive impairment affects motor control and skill learning. *Rev Neurosci* 27, 197-217.

## Y

- Yaffe K, Barnes D, Nevitt M, et al. (2001). A prospective study of physical activity and cognitive decline in elderly women: women who walk. *Arch Intern Med* 161, 1703–1708.
- Yamada M, Aoyama T, Nakamura M, et al. (2011). The reliability and preliminary validity of game-based fall risk assessment in community-dwelling older adults. *Geriatr Nurs* 32(3), 188-194.
- Yamaguchi H, Maki Y, Takahashi K (2011). Rehabilitation for dementia using enjoyable video-sports games. *Int Psychogeriatr* 23, 674–676.
- Yan JH, Dick MB (2006). Practice effects on motor control in healthy seniors and patients with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn* 13(3-4), 385-410.

- Yan JH, Abernethy B, Li X (2010). The effects of ageing and cognitive impairment on on-line and off-line motor learning. *Appl Cognit Psychol* 24, 200-212.
- Yang YR, Wang RY, Chen YC, et al. (2007). Dual-task exercise improves walking ability in chronic stroke: a randomized controlled trial. *Arch.Phys.Med.Rehabil* 88, 1236-1240.
- Yang L, He C, Pang MYC (2016). Reliability and validity of dual-task mobility assessment in people with chronic stroke. *PLoS One* 11(1), 1–22.
- Yogev G, Giladi N, Peretz C, et al. (2005). Dual tasking, gait rhythmicity, and Parkinson's disease: Which aspects of gait are attention demanding? *Eur J Neurosci* 22(5), 1248– 1256.
- Yogev-Seligmann G, Hausdorff JM, Giladi N (2008). The role of executive function and attention in gait. *Mov Disord* 23(3), 329-342.
- Young W, Ferguson S, Brault S, et al. (2011). Assessing and training standing balance in older adults: a novel approach using the 'Nintendo Wii' Balance Board. *Gait Posture* 33(2), 303-305.

## **Z**

- Zaudig M, Berberich G (2001). *Demenzen im Alter*. Bremen: UNI-MED-Verlag.
- Zelinski EM (2009). Far transfer in cognitive training of older adults. *Restor Neurol Neurosci* 27, 455-471.
- Ziegler U, Doblhammer G (2009). Prevalence and incidence of dementia in Germany – a study based on data from the public sick funds in 2002. *Gesundheitswesen* 71, 281-290.
- Zieschang T, Bauer JM (2017). Menschen und Demenz - Wie begegnen wir den Bedürfnissen der Betroffenen und denen ihrer Angehörigen? *Z Gerontol Geriat* 50, 1–3.
- Zijlstra GA, van Haastregt JC, Ambergen T, et al. (2009). Effects of a multicomponent cognitive behavioural group intervention on fear of falling and activity avoidance in community dwelling older adults: results of a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 57, 2020–2028.

## Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: PRÄVALENZ DEMENZIELLER ERKRANKUNGEN.....	5
ABBILDUNG 2: INZIDENZ DEMENZIELLER ERKRANKUNGEN .....	5
ABBILDUNG 3: DIAGNOSTISCHE VERFAHREN BEI DEMENZIELLEN ERKRANKUNGEN .....	8
ABBILDUNG 4: INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF FUNCTIONING, DISABILITY AND HEALTH MODEL .....	10
ABBILDUNG 5: STRATEGIEN ZUM SITZEN-STEHEN-TRANSFER.....	12
ABBILDUNG 6: PRÄVENTIVER UND THERAPEUTISCHER BEWEGUNGSANSATZ BEI PATIENTEN MIT KOGNITIVEN BEEINTRÄCHTIGUNGEN .....	13
ABBILDUNG 7: VERLUST KOGNITIVER UND MOTORISCHER FUNKTIONEN VOR UND NACH DER KLINISCHEN DIAGNOSE EINER ALZHEIMER-DEMENZ .....	14
ABBILDUNG 8: MÖGLICHER TEUFELSKREIS DER STURZANGST INFOLGE EINES STURZES .....	16
ABBILDUNG 9: <i>STOPS WALKING WHEN TALKING</i> : ZUSAMMENHANG MOTORISCH-KOGNITIVER DUAL-TASK LEISTUNGEN UND STURZRISSKO .....	25
ABBILDUNG 10: PROZESS UND FUNKTIONEN DES GERIATRISCHEN ASSESSMENTS .....	30
ABBILDUNG 11: RELEVANTE TESTGÜTEKRITERIEN FÜR ASSESSMENTVERFAHREN .....	31
ABBILDUNG 12: BAUSTEINE DES DEMENZSPECIFISCHEN, MOTORISCH-KOGNITIVEN TRAININGSANSATZES .....	36
ABBILDUNG 13: PHYSIOMAT-FOLLOW-THE-BALL-TASK.....	40
ABBILDUNG 14: PHYSIOMAT-TRAIL-MAKING-TASK.....	40
ABBILDUNG 15: DUAL-TASK ASSESSMENTVERFAHREN MIT ANSTIEGENDER TRANSFERLEISTUNG .....	43
ABBILDUNG 16: DIE 5-ITEMS DES ACSID (PHASEN DES KOMPENSATORISCHEN STS MANÖVERS) .....	45

## Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: FUNKTIONSBEREICHE DES FRONTAL-, PARIETAL- UND TEMPORALLAPPENS .....	20
--------------------------------------------------------------------------------	----



## Abkürzungsverzeichnis

ADL	activities of daily living
ACSID-T	Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers in People with Dementia -Gesamtscore
AD	Alzheimer-Demenz
ACSID	Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers in People with Dementia
BADL	basic activities of daily living
cm	Zentimeter
CERAD	Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease
DemTect	Demenz Detections Test
DTK	Dual-Task-Kosten
EP	Effective Performance
FTBT	Follow-the-Ball-Task
IADL	instrumental activities of daily living
ICC	Inter-Klassen-Korrelationskoeffizienten
IG	Interventionsgruppe
KG	Kontrollgruppe
MCI	mild cognitive impairment
MMST	Mini-Mental-Status Test
N	Newton
PBT	Physiomat <sup>®</sup> -Balance Tasks
PTMT	Physiomat <sup>®</sup> -Trail-Making-Task
RCT	randomized controlled trials
RI	Retrieval/Recall and Initiation
s	Sekunden
STS	Sit-to-Stand
SRM	Standardized Response Means
TFDD	Test zur Früherkennung von Demenz mit Depressionsabgrenzung
ZVT	Zahlenverbindungstest

## Curriculum Vitae

NELE CHRISTIN LEMKE



### PERSÖNLICHE INFORMATIONEN

---

Geburtsdatum, -ort                    30.03.1984, Bad Kreuznach  
Familienstand                        ledig  
Staatsangehörigkeit                deutsch

### UNIVERSITÄRE AUSBILDUNG

---

10/2006 – 01/2010            **Studium Sportwissenschaft**  
Nebenfächer: Sport in Prävention und Rehabilitation, Psychologie  
Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg  
Abschluss: Magister Artium (Note 1,1)  
•    Schwerpunktfach Sportökonomie  
•    Magisterarbeit: *Evaluation der Auswirkungen eines standardisierten Kraft- und Balancetrainings auf Stürze älterer Menschen mit beginnender bis mittlerer demenzieller Erkrankung*

10/2003 – 09/2006            **Studium Sportwissenschaft**  
Nebenfächer: Pädagogik, Psychologie  
Justus-Liebig-Universität Gießen: Zwischenprüfung

### POSTGRADUALE AUSBILDUNG

---

seit 04/2011                    **Promotion Sportwissenschaft / Wissenschaftliche Mitarbeiterin**  
AGAPLESION Bethanien Krankenhaus, Geriatriisches Zentrum der  
Universität Heidelberg, Prof. Dr. K. Hauer, in Kooperation  
mit dem Netzwerk AlternsfoRschung (NAR)  
•    Entwicklung, Durchführung und Evaluation eines kognitiv-motorischen Trainings für Menschen mit beginnender bis mittelschwerer demenzieller Erkrankung (randomisierte kontrollierte Interventionsstudie)  
•    Validierung einer Messmethodik für kognitiv-motorische Leistungen (*dual tasking*) für Menschen mit Demenz

10/2010 – 12/2014            **Stipendiatin des Graduiertenkolleg Demenz**  
Netzwerk AlternsfoRschung (NAR) Heidelberg, Prof. Dr. A. Kruse, gefördert durch die Robert Bosch Stiftung

10/2010 – 03/2011      **Wissenschaftliche Mitarbeit** im Modellprojekt: *Geriatrische Rehabilitation bei demenzieller Erkrankung (GREDE)*,  
AGAPLESION Bethanien Krankenhaus, Geriatriisches Zentrum der  
Universität Heidelberg

#### **STUDIENBEZOGENE BERUFSERFAHRUNG**

---

04/2012 – 12/2015      **Freie Referententätigkeit** (Vorträge, Fortbildungen, Workshops)  
Für die Alzheimer Gesellschaft Baden-Württemberg; das Bayerische  
Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frauen; den  
Caritasverband; die AGAPLESION Akademie und das Evangelische  
Krankenhaus Bielefeld; zu den Themenbereichen *Prävention und Train-  
ningsmöglichkeiten im Alter und bei Demenz; Kommunikation mit Men-  
schen mit Demenz im Themenfeld Bewegung*

09/2008                    **Creuznacher Ruderverein 1876 e.V., Bad Kreuznach**  
Praktikum im Bereich Sportorganisation

11/2007 – 08/2008      **AGAPLESION Bethanien Krankenhaus, Heidelberg**  
Wiss. Mitarbeit im Rahmen der Magisterabschlussarbeit  
• Messung körperlicher Aktivität bei Menschen mit Demenz

07/2007 – 09/2007      **Nordsee Reha-Klinikum II, St. Peter-Ording**  
Praktikum im Bereich Sport-/Physiotherapie  
• Schwerpunkte: Medizinische Trainingstherapie, Ausdauer-training  
(Nordic Walking, Fitnessgruppen, Aquafitness), Durchführung von  
Belastungstests (IPN-Test)

04/2007 – 07/2007      **AGAPLESION Bethanien Krankenhaus, Heidelberg**  
Praktikum im Bereich medizinische Trainingstherapie  
• Schwerpunkte: Training zur Sturzprophylaxe und Erhalt der Alltags-  
leistungen (Kraft-/Funktionstraining) bei geriatrischen Patienten

#### **BERUFLICHER WERDEGANG**

---

seit 03/2015              **Referentin im Bereich Demenz / Referat Gesundheit im Alter**  
Landeszentrale für Gesundheitsförderung in Rheinland-Pfalz e.V.

## Weitere Kongressbeiträge, Lehrtätigkeiten und Vorträge auf Fachveranstaltungen

### Wissenschaftliche Vorträge und Poster

Wiloth S, **Lemke N**, Werner C, & Hauer K (2016). Validierung eines computergestützten, spielbasierten Assessmentverfahrens zur Erfassung motorisch-kognitiver Leistungen bei Menschen mit Demenz. *14. Kongress der DGGG „Leben und Altern – Funktionalität und Qualität“*, 07.-10. September 2016, Stuttgart (Vortrag).

Wiloth S, **Lemke N**, Werner C, & Hauer K (2015). Specific Motor-Cognitive Training Improves Trained and Non-Trained Dual-Task Performance in Patients with Dementia. *9th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine*, 9.-23. Juni 2015, Berlin (Vortrag).

Wiloth S, **Lemke N**, Werner C, & Hauer K (2015). Motor-Cognitive Effects of a Computerized Training Method (Physiomat®) in People with Dementia: a Randomized Controlled Trial. *9th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine*, 9.-23. Juni 2015, Berlin (Vortrag).

**Lemke N**, Gogulla S, Werner C, & Hauer K (2014). Spezifisches Training verbessert trainierte und nicht-trainierte Dual Task Leistungen bei Menschen mit Demenz. *12. Kongress der DGGG „Stress und Altern-Chancen und Risiken“*, 24.-27. September 2014, Halle an der Saale (Vortrag).

Gogulla S, **Lemke N**, Werner C, & Hauer K (2014). Motorisch-kognitive Effekte eines neuen computer-gestützten Trainings bei Menschen mit Demenz. *12. Kongress der DGGG „Stress und Altern-Chancen und Risiken“*, 24.-27. September 2014, Halle an der Saale (Poster).

**Lemke N** (2013). Training bei Demenz. *Kongress des Netzwerks Altersforschung (NAR): Im Fokus: Menschen mit Demenz-Wenn Praxis und Forschung verbunden werden*, 18. April 2013, Heidelberg (Vortrag).

**Lemke N**, Gogulla S, Hauer K (2013). Effekte körperlicher Aktivität und körperlichen Trainings auf den psychischen Status bei älteren Menschen mit und ohne kognitive Schädigung. *DVS Sportmotorik Tagung, 13. Symposium der Sektion Sportmotorik „Motorische und kognitive Leistungsfähigkeit über die Lebensspanne“*, 28. Februar-02. März 2013, Stuttgart (Poster).

**Lemke N**, Gogulla S, Hauer K (2012). Effekte körperlicher Aktivität auf den psychischen Status bei älteren Menschen. *Gemeinsamer Gerontologie- und Geriatriekongress (DGG) „Altersforschung-Transnational und translational“*, 12.-15. September 2012, Bonn (Poster).

## Fortbildungsseminare und Vorträge bei Fachveranstaltungen

**Lemke N, & Gogulla S (2015).** Sturzprävention bei Menschen mit Demenz. *Caritas Institut für Bildung und Entwicklung*, 10. März 2015, München (Fortbildungsseminar für Pflegekräfte und Physiotherapeuten).

**Lemke N, & Gogulla S (2014).** Training alltagsrelevanter kognitiv-motorischer Leistungen bei Demenz. *Evangelisches Krankenhaus Bielefeld, Abteilung Gerontopsychiatrie*, 11. Dezember 2014, Bielefeld (Fortbildungsseminar Pflegekräfte).

**Lemke N, & Gogulla S (2014).** Mobilität und Sturz. *AGAPLESION Akademie Heidelberg*, 22.-23. September 2014 & 24.-25. September 2014, Heidelberg (Fortbildungsseminar für Pflegekräfte).

**Lemke N, & Gogulla S (2014).** Sturzprävention bei Menschen mit Demenz. *Caritas Institut für Bildung und Entwicklung*, 11. März 2014, München (Fortbildungsseminar für Pflegekräfte und Physiotherapeuten).

**Lemke N, & Gogulla S (2014).** Trainingsprogramme zur Sturz- und Frakturprävention in Alter. *AGAPLESION Akademie Heidelberg*, 03.-04. Februar 2014, Heidelberg (Fortbildungsseminar für Physiotherapeut, Sportlehrer, Ergotherapeuten).

**Lemke N, & Gogulla S (2013).** Der erste Schritt der Sturzprophylaxe: Sturzrisiken erkennen (Assessmentmethoden). *Dienstbesprechung des Bayerischen Staatsministeriums für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frauen*, 03. Dezember 2013, Nürnberg & 11. Dezember 2013, München (Vortrag & Workshop).

**Lemke N (2013).** Ganganalyse mit dem GAITRite®-System. *Tag der offenen Tür des Netzwerks AltersfoRschung*, 06. Juli 2013, Heidelberg (Vortrag).

**Lemke N, & Gogulla S (2013).** Sturzprävention bei Menschen mit Demenz. *Caritas*, 04. Juni 2013, München (Vortrag).

**Lemke N (2013).** Validation of a dual task measurement method for patients with mild to moderate dementia. *Evaluation des Graduiertenkollegs Demenz des Netzwerks AltersfoRschung/Robert Bosch Stiftung*, 20. März 2013, Heidelberg (Vortrag).

**Lemke N, & Gogulla S (2013).** Sturz- und Frakturprävention. *AGAPLESION Akademie Heidelberg*, 10. März 2013, Heidelberg (Fortbildungsseminar Pflegekräfte und Physiotherapeuten).

**Lemke N, & Gogulla S (2012).** Körperliches Training im Alter. *Dienstbesprechung des Bayerischen Staatsministeriums für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frauen*, 05. Dezember 2012, Nürnberg & 12. Dezember 2012, München (Vortrag & Workshop).

**Lemke N, & Gogulla S (2012).** Training von alltagsrelevanten kognitiv-motorischen Leistungen bei beginnenden Gedächtnisstörungen. *Tag der offenen Tür im AGAPLESION Maria von Graimberg*, 02. Dezember 2012, Heidelberg (Vortrag & Workshop).

**Lemke N (2012).** Training bei Demenz auch zu Hause – Ein Internetportal zeigt wie. *8. Fachtag Demenz „Demenz bewegt!“ der Alzheimer Gesellschaft Baden-Württemberg*, 23. Juni 2012, Weinsberg (Vortrag).

## Danksagung

“Impossible is just a big word thrown around by small men who find it easier to live in the world they've been given than to explore the power they have to change it. Impossible is not a fact. It's an opinion. Impossible is not a declaration. It's a dare. Impossible is potential. Impossible is temporary. Impossible is nothing.”

- Muhammad Ali –

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Klaus Hauer, der als Forschungsleiter am AGAPLESION Bethanien-Krankenhaus / Geriatrisches Zentrum am Klinikum der Universität Heidelberg die lange Zeit der Erstellung der Dissertation mitgetragen und mich intensiv betreut hat. Ich bedanke mich für die Möglichkeiten, die er mir gegeben hat und für sein Vertrauen.

Ebenso möchte ich mich beim Netzwerk AlternsfoRschung (NAR) und hier insbesondere bei Frau Dr. Birgit Teichmann und Prof. Konrad Beyreuther bedanken, für ihr unerlässliches Engagement für die Nachwuchswissenschaftler und das Thema Demenz. Vielen lieben Dank, dass ich ein Teil des Graduiertenkollegs Demenz sein durfte.

Ein herzliches Dankeschön geht auch an meine ehemaligen Arbeitskollegen Stefanie Wiloth, Michaela Günther-Lange und Christian Werner im Bethanien-Krankenhaus. Vielen Dank für eure Kollegialität und die produktive Zusammenarbeit. Es hat wirklich Spaß gemacht mit euch!

Ein genauso großer Dank geht an die Studienteilnehmer und deren Angehörige, ohne die die Realisierung dieser Dissertation niemals möglich gewesen wäre.

Und nicht zuletzt möchte ich mich von ganzem Herzen bei meinen Eltern und meiner „Berliner-Familie“ mit meinem Bruder Benjamin, Kristina und natürlich meinem Neffen Frederik bedanken. Ihr habt mich immer wieder motiviert und alle meine Vorhaben bedingungslos unterstützt. Euer Zuspruch hat mir immer die Kraft gegeben, diese Herausforderung zu meistern. Ich bin unendlich dankbar für so eine Familie!





**Anhang A: Erklärung gemäß § 8 (1) c) und d) der Promotionsordnung der  
Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften**



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

---

Datum, Unterschrift  
Date, Signature

---

## **Anhang B: Manuskripte zur publikationsbasierten Dissertation**

# *Schrift 1*

---

Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie

June 2012, Volume 45, Issue 4, pp. 279-289

First online: 25 May 2012

## ***Effekte körperlicher Aktivität und körperlichen Trainings auf den psychischen Status bei älteren Menschen mit und ohne kognitive Schädigung***

Autoren: S. Gogulla, N. Lemke, K. Hauer (geteilte Erstautorenschaft Gogulla)

©Springer-Verlag 2012

Der Originalartikel wurde mit Erlaubnis von Springer Nature in dieser Dissertationsschrift wiederverwendet.

DOI 10.1007/s00391-012-0347-x

Print ISSN 0948-6704

Online ISSN 1435-1269

Journal 00391

Z Gerontol Geriat 2012 · 45:279–289  
 DOI 10.1007/s00391-012-0347-x  
 Eingegangen: 24. Februar 2012  
 Überarbeitet: 26. März 2012  
 Angenommen: 19. April 2012  
 Online publiziert: 24. Mai 2012  
 © Springer-Verlag 2012

S. Gogulla · N. Lemke · K. Hauer

AGAPLESION Bethanien Krankenhaus, Geriatrisches Zentrum an der Universität Heidelberg

## Effekte körperlicher Aktivität und körperlichen Trainings auf den psychischen Status bei älteren Menschen mit und ohne kognitive Schädigung

In den letzten Jahren ist eine große Anzahl von Untersuchungen zu positiven Effekten körperlichen Trainings publiziert worden, die Eingang in Therapieempfehlungen internationaler Fachgesellschaften gefunden haben [4]. Ältere Menschen und insbesondere geriatrische, multimorbide Patienten weisen nicht nur motorisch-funktionelle Einschränkungen auf, sondern leiden auch häufig an kognitiven Defiziten und/oder psychischen Störungen. Daher sind sie sowohl physisch als auch psychisch in einem hohen Maß betroffen, können aber von einem körperlichen Training besonders profitieren [3, 23, 27, 65, 77, 81]. Aus diesem Grund fanden neben positiven motorischen Wirkungen eines körperlichen Trainings auch Effekte auf den kognitiven und psychischen Status große Aufmerksamkeit in der klinischen Forschung und in der geriatrischen Rehabilitation.

### » Geriatrische Patienten können von körperlichem Training profitieren

Wichtige Zielgrößen eines körperlichen Trainings bei älteren Menschen sind die Sturzangst aufgrund der im Alter häufigen Stürze einerseits und die Depression aufgrund der inadäquaten medikamentösen sowie unzureichenden psychotherapeutischen Behandlung andererseits.

Etwa die Hälfte der Menschen mit Demenz weisen depressive Symptome auf

[26]. Der Einsatz von Antidepressiva bei Demenz zur Verringerung von Depressionen ist wenig evidenzbasiert [9, 60]. Daher sind Interventionsansätze, die auf einem körperlichen Training basieren, auch für Menschen mit kognitiver Einschränkung von großem Interesse.

### Bedeutung der Sturzangst im Alter

Stürze im Alter sind ein überragendes Gesundheitsthema, deren Konsequenzen mit hohen Kosten für das Gesundheitswesen verbunden sind [33, 89]. Neben schweren physischen Folgen (Verlust funktioneller Leistungen, schwere Verletzungen und erhöhte Mortalität [33, 89]) können Stürze auch psychosoziale Effekte wie Sturzangst auslösen [7]. Prävalenzraten in der Gesamtpopulation zeigen eine hohe Variabilität von 20–85% [7, 22, 31, 38], die von Faktoren wie Erfassungsmethode, erfasstem psychologischen Konstrukt (Sturzangst vs. sturzassoziierte Selbstwirksamkeit) und Auswahl der Studienpopulation beeinflusst werden und bei gebrechlichen Menschen mit Sturzgeschichte am höchsten sind [30, 31, 87, 89, 101]. Ältere Menschen mit mehrfachen Stürzen, anhaltendem Schwindel und einer subjektiv empfundenen schlechten Gesundheit gehören zu der Gruppe mit einem erhöhten Risiko, nachfolgend Sturzangst zu entwickeln [41]. Sturzangst kann der Auslöser für einen Circulus vitiosus sein, der zu Einschränkung körperlicher und sozialer Ak-

tivität, Distress, schlechterer Lebensqualität, erhöhtem Medikamentenverbrauch, weiterem Verlust funktioneller Leistungen, steigendem Sturzrisiko, Verlust des Selbstvertrauens und schlussendlich zum Verlust der Selbstständigkeit führt [7, 30, 31, 39, 101]. Ältere Menschen mit kognitiver Schädigung stellen eine vulnerable Gruppe dar, die ein besonders hohes Sturzrisiko, schwere Sturzverletzungen und sturzassoziierte Mortalität aufweisen [16, 52].

### Zusammenhang körperliche Aktivität und Sturzangst

Epidemiologische Studien, die den Zusammenhang von körperlicher Aktivität und Sturzangst im Alter untersuchen, fehlen. Repräsentative Längsschnittstudien könnten helfen, diesen Zusammenhang aufzuklären, um gezielte Präventionsprogramme zu entwickeln.

Beobachtungsstudien in Bezug auf Stürze zeigen, dass ein höheres Aktivitätsniveau bzw. spezielle Sportprogramme das Sturzrisiko deutlich reduzieren können [32, 34]. Da Stürze und Sturzangst miteinander interagieren [31], können ähnliche Ergebnisse in Bezug auf die Sturzangst erwartet werden. Bislang existieren aber keine evidenzbasierte Daten.

### Potenzielle Wirkmechanismen

Plausible Mechanismen, welche die Wirkung eines körperlichen Trainings auf

die Sturzangst erklären, sind, genau wie die Ursachen dieser Angst, unzureichend untersucht. Wahrscheinlich besteht eine komplexe wechselseitige Beziehung zwischen mehreren Mechanismen, die positiv auf physische und psychische Faktoren wirken.

Das Phänomen der Sturzangst wird häufig von einem schlechten motorisch-funktionellen Status begleitet, der durch eine sturzangstassoziierte Aktivitätsvermeidung zusätzlich beeinträchtigt wird. Es konnte nachgewiesen werden, dass ein gezieltes körperliches Training signifikant positive Effekte im funktionellen Bereich (verbesserte posturale Kontrolle, reduziertes Sturzrisiko [37, 90]) und im Bereich der Kraft (Muskelhypertrophie, Stabilisierung der Körperhaltung, verbesserte Gangstabilität [29, 75]) hat und zudem ein erhöhtes Level an körperlicher Aktivität bei älteren Menschen bewirken kann [32, 89].

Ein wichtiger psychologischer Faktor, der in engem Zusammenhang mit der Sturzangst steht, ist die sturzassoziierte Selbstwirksamkeit [46]. Das Konzept der sturzassoziierten Selbstwirksamkeit beschreibt die eigene Fähigkeit, Aktivitäten des täglichen Lebens durchzuführen, ohne zu stürzen oder die Balance zu verlieren [86]. Ein körperliches Training kann eine deutliche Verbesserung dieser Selbstwirksamkeit bewirken [2, 56].

### Relevanz von Depressionen im Alter

Depressionen sind ein Prädiktor für ein erhöhtes Morbiditätsrisiko, insbesondere für Herz-Kreislauf-Erkrankungen [68] und stehen mit einem erhöhten Mortalitätsrisiko im Zusammenhang [63]. Auch die im Alter häufig auftretenden subdiagnostischen Depressionen erhöhen das Risiko auf spätere Erkrankungen und stehen mit einer Einschränkung der Lebensqualität in Beziehung [98].

Depressionen bei Älteren sind im Vergleich zu Jüngeren eher durch Äußerungen somatischer Beschwerden und generellen Ängsten und weniger durch rein depressive Symptome gekennzeichnet. Auch wenn depressive Störungen ein solches atypisches Krankheitsbild aufweisen, treten diese im Alter genauso häufig

Z Gerontol Geriat 2012 · 45:279–289 DOI 10.1007/s00391-012-0347-x  
© Springer-Verlag 2012

S. Gogulla · N. Lemke · K. Hauer

## Effekte körperlicher Aktivität und körperlichen Trainings auf den psychischen Status bei älteren Menschen mit und ohne kognitive Schädigung

### Zusammenfassung

Sturzangst und Depressionen im Alter und bei Menschen mit kognitiver Einschränkung führen zu verminderter Lebensqualität. Körperliche Aktivität ist in repräsentativen Quer- und Längsschnittstudien mit einer verbesserten mentalen Gesundheit assoziiert. Dies gilt vor allem für Depressionen. Der Nachweis eines Zusammenhangs hinsichtlich der Sturzangst ist allerdings mangelhaft untersucht. Die vorliegende Übersichtsarbeit fasst den derzeitigen Stand epidemiologischer und randomisierter kontrollierter Studien (RCTs) zusammen und gibt einen Ausblick auf zukünftige Forschungsperspektiven. Die Mehrzahl der Studien belegt eine signifikante Reduktion von Depression und Sturzangst

durch körperliches Training bei älteren Menschen, jedoch mit unzureichender Evidenz für kognitiv eingeschränkte Personen. Empfehlungen in Bezug auf Intensität, Dauer und Umfang des Trainings können aufgrund der geringen Anzahl an qualitativ hochwertigen vergleichenden RCTs nur eingeschränkt gegeben werden. Zur Reduktion von Depressionen wirkt ein intensives Kraft- oder Ausdauertraining, zur Verringerung der Sturzangst eine Teilnahme an Tai-Chi oder in multifaktoriellen Trainingsprogrammen am effektivsten.

### Schlüsselwörter

Körperliche Aktivität · Körperliches Training · Körperliche Fitness · Sturzangst · Depression

## Effects of physical activity and physical training on the psychological status of older persons with and without cognitive impairment

### Abstract

Fear of falling and depression in the elderly and among cognitively impaired people lead to restrictions in quality of life. Being more active is associated with improved mental health as documented in cross-sectional and longitudinal studies. This is especially true for depression. Such epidemiologic evidence is lacking in fear of falling. This review summarizes current evidence from epidemiological and randomized controlled trials (RCTs) and gives an outlook for future research perspectives. The majority of studies included in this review document a significant reduction of depression and fear of falling in older persons by physical training with less evidence

in persons with cognitive impairment. With respect to intensity, duration, and amount of exercise, evidence-based recommendations were limited by the small number of high-quality comparative RCTs. High-intensity strength or endurance training was the most effective for reducing depression, while participation in Tai-Chi or multifactorial training programs was most effective to reduce fear of falling.

### Keywords

Physical activity · Exercise · Physical fitness · Fear of falling · Depression

auf wie bei jüngeren Menschen [98]. Die Berliner Altersstudie (BASE) gibt für über 70-Jährige eine Gesamtprävalenz von 9,1% (Männer 5,6%, Frauen 10,3%, chronisch Kranke 36,8%) an; bei subdiagnostischer Depression liegt sie bei 27% [51]. Zudem hängen altersassoziierte neurodegenerative Krankheitsbilder, z. B. Alzheimer-Demenz, mit der Entwicklung depressiver Symptome zusammen. Anteilig leiden ca. 40–50% der Personen mit beginnender Demenz unter Depressionen [26].

## » Depressionen im Alter werden unzureichend diagnostiziert und therapiert

Entgegen der hohen Prävalenz werden Depressionen im Alter unzureichend diagnostiziert oder zu wenig in psychotherapeutische und pharmakologische Therapien eingebunden [35, 40]. Nur knapp ein Drittel der älteren Patienten mit diagnostizierter Depression wird medikamentös

behandelt [51], wobei Antidepressiva gerade im Alter zu erheblichen Nebenwirkungen führen können [43]. Zudem ist der wirksame Einsatz von Antidepressiva zur Behandlung von Depressionen bei Menschen mit Demenz derzeit nur unzureichend belegt [9, 60]. Aufgrund der Nebenwirkungen von Psychopharmaka bei älteren Menschen und der fehlenden Evidenz der Wirksamkeit von Antidepressiva bei Menschen mit Demenz werden zunehmend innovative Ansätze zur Behandlung von Depressionen untersucht und eingesetzt, die auf einem körperlichen Training basieren.

### Zusammenhang körperliche Aktivität und Depression

Repräsentative Querschnittsstudien berichten über einen signifikanten Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und mentaler Gesundheit sowie Depression [1, 79, 93]. In einer Untersuchung von 15 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union [1] konnten zudem Hinweise für eine Dosis-Wirkungs-Beziehung von körperlicher Aktivität und mentaler Gesundheit gefunden werden. Personen, die körperlich aktiver waren, wiesen hier eine deutlich bessere psychische Gesundheit auf. Dies zeigt sich zwar nicht in allen Nationen, aber für alle soziodemographischen Teilpopulationen. Demnach bestätigt sich die Assoziation zwischen körperlicher Aktivität und psychischer Gesundheit auch für ältere Menschen (65 bis 85 Jahre [69]). Teilweise ist der Zusammenhang geschlechtsspezifisch [11], wobei eine länger andauernde körperliche Aktivität pro Tag bei Männern stärker protektiv wirkt als bei Frauen.

Die Ergebnisse assoziativer Querschnittsstudien wurden in repräsentativen Längsschnittstudien [28, 58, 62] bestätigt und belegen den Zusammenhang auch für ältere Menschen [42, 80]. Eine Längsschnittstudie von Paffenbarger et al. [62] konnte bei ehemaligen 35- bis 74-jährigen Collegestudenten nach 23 bis 27 Jahren bei denjenigen ein um 27% geringeres Depressionsrisiko nachweisen, die mindestens 3 Stunden pro Woche körperlich aktiv waren. Eine Untersuchung von Motl et al. [58] legt darüber hinaus eine Dosis-Wirkungs-Beziehung nahe: Ein höheres

# Hier steht eine Anzeige.



Tab. 1 Effekte körperlichen Trainings auf die Sturzangst			
Studie	Teilnehmer (n) Durchschnittsalter (A) ± SD/ (Minimum–Maximum)	Intervention (RCTs)	Ergebnisse
Tennstedt et al. [82]	n=434 A: 77,8±7,71 Personen mit Sturzangst und Aktivitätsvermeidung	IG: kognitive Verhaltenstherapie mit niedrig intensiven Kraftübungen; 2-mal/Wo (4 Wo) KG: 1 Sitzung mit Informationen zur Sturzprävention Follow-up: 12 Mo	Sign. Reduktion – nach Intervention (p<0,05; mod. FES) – nach 12-Mo-Follow-up (p<0,05; mod. FES)
Brouwer et al. [15]	n=38 A: 77,5±5,3 Personen mit Sturzangst und Aktivitätsvermeidung	IG: Kraftübungen mit niedrigem Widerstand KG: Gesundheitserziehung mit Identifizierung und Reduzierung von Sturzrisikofaktoren Beide Gruppen 1-mal/Wo (8 Wo) Follow-up: 6 Wo	Sign. Reduktion in beiden Gruppen Zeiteffekte: p<0,006, keine Gruppeneffekte (ABC)
Devereux et al. [24]	n=50 A: 73,3±3,9 Selbstständig lebende Frauen mit Osteoporose	IG: Wasserübungen (Tai-Chi, Beweglichkeit, Kräftigung), Ausbildung 2-mal/Wo (10 Wo) KG: Keine Aktivität	Keine sign. Reduktion (p=0,38; mod. FES)
Li et al. [46, 47]	n=256 A: 77,5±4,95 Selbstständig lebende, gehfähige, inaktive Personen	IG: Tai-Chi KG: Dehnungsübungen (meist im Sitzen) Beide Gruppen 3-mal/Wo (6 Mo)	Sign. Reduktion (p<0,001; SAFFE)
Sattinet al. [70]	n=311 A: 80,9±3,2 Gebrechliche Personen nach Sturz	IG: Tai-Chi 2-mal/Wo ansteigend 60–90 min (48 Wo) KG: Instruktionen zur Sturzprävention 1-mal/Wo (48 Wo)	Sign. Reduktion – nach 8 Mo (p<0,001; ABC und p=0,01; FES) – nach 12 Mo (p<0,001; ABC und p<0,001; FES)
Arai et al. [6]	n=171 A: 74,1±5,6 Gehfähige Personen mit und ohne Hilfsmittel	IG: Kraft- und Balancetraining 2-mal/Wo (3 Mo) KG: Gesundheitsbildungsprogramm	Keine sign. Reduktion (FES)
Zijlstra et al. [100]	n=540 A: 78±4,8 Personen mit Sturzangst und Aktivitätsvermeidung	IG: kognitive Verhaltenstherapie mit niedrig intensiven Übungen (Kraft, Beweglichkeit) 1-mal/Wo (2 Mo), Boostersitzung 6 Mo nach der 8. Sitzung KG: normale Pflege Follow-up: 12 Mo	Sign. Reduktion – nach Intervention (OR=0,11; p<0,001; (SIS und p=0,02; CAF) – nach 6 Mo (p=0,005; SIS und p=0,002; CAF und p=0,005; PCF) – nach 12 Mo (p=0,001; SIS und p=0,001; PCF)
Halvarsson et al. [36]	n=59 A: 77 (67–93) Personen mit Sturzangst oder nach Sturz	IG: individuelles progressives Balance-training 3-mal/Wo (3 Mo) KG: keine Aktivität	Sign. Reduktion (p=0,008; FES-I)

Die Ergebnisse sind jeweils für Zwischengruppenvergleich angegeben. In Klammern dahinter stehen die genutzten Assessmentmethoden. **Wo** Wochen, **Mo** Monate, **sign.** signifikant, **FES** Falls Efficacy Scale, **FES-I** Falls Efficacy Scale-International, **ABC** Activities Specific Balance Confidence Scale, **SAFFE** The Survey of Activities and Fear of Falling in the Elderly, **SIS** Single Item Scale („Are you concerned about falling?“), **CAF** Concerns About Falling (14-Item-Skala), **PCF** Perceived Control over Falling (4-Item-Skala), **KG** Kontrollgruppe, **IG** Interventionsgruppe, **OR** Odds Ratio.

Maß an körperlicher Aktivität ist signifikant mit einem geringeren Level an depressiver Symptomatik assoziiert. Zudem spiegelt sich ein wechselndes Ausmaß an körperlicher Aktivität direkt im Grad der depressiven Symptomatik.

### Potenzielle Wirkmechanismen

Wahrscheinlich ist eine komplexe Interaktion zwischen einer Vielzahl an psychologischen und neurobiologischen Wirkmechanismen für die positiven Effekte

körperlicher Aktivität auf Depressionen verantwortlich. Psychologische Faktoren könnten die durch die Aktivität entstehende positive Selbstwirksamkeit, ein wachsender Selbstwert [56] oder auch die sozialen Kontakte bei der Ausführung körperlicher Aktivität [55] sein.

Die Entstehung depressiver Symptome ist im Alter häufig auf die zunehmenden motorisch-funktionellen Einschränkungen zurückzuführen. Es konnte belegt werden, dass die Reduktion depressiver Symptome eng mit subjektiv wahrge-

nommenen verbesserten motorisch-funktionellen Fähigkeiten durch ein gezieltes Krafttraining und damit der gesteigerten Lebensqualität zusammenhängt [84].

Effekte sind auch durch den menschlichen Hormonhaushalt bzw. bestimmte Stoffwechselvorgänge erklärbar. So führt ein Ausdauertraining zu einer Reduktion des Stresshormons Cortisol [25]. Dies könnte die Erklärung für eine bessere Stimmungslage sein. Ein Zusammenhang zwischen einem Ausdauertraining und der Reduktion depressiver Symp-



**Tab. 2** Effekte körperlichen Trainings auf depressive Symptomatik

Studie	Teilnehmer (n) Durchschnittsalter (A) ± SD/ (Minimum–Maximum)	Intervention (RCTs)	Ergebnisse
Blumenthal et al. [13]	n=101 A: 67,0±4,9 gesunde Männer und Frauen	IG: Ausdauer (Gehen/Joggen, Fahrradfahren) 3-mal/Wo (16 Wo); IG: Yoga und Flexibilität 2-mal/Wo (16 Wo) KG: Warteliste Follow-up: 8 Mo und 14 Mo (gesondert publiziert: Blumenthal [14])	Sign. Reduktion bei Männern nach dem Ausdauertraining (p<0,01) Follow-up: keine sign. Unterschiede (CES-D)
Singh et al. [73]	n=32 A: 71,3±1,2 Patienten mit Major- oder Minor-Depression oder Dysthymie	IG: Krafttraining 3-mal/Wo (10 Wo) KG: Gesundheitserziehung 2-mal/Wo	Sign. Reduktion nach Selbstbericht (p=0,002; BDI) und laut Therapeut (p=0,008; HRSD)
Blumenthal et al. [12]	n=156 A: 57,0±7,0 Personen mit Major-Depression	IG: Ausdauertraining (Gehen/Joggen) 3-mal/Wo (16 Wo); IG: Gabe von Antidepressiva (16 Wo); IG: Kombination aus Medikation & und Ausdauer Follow-up: 6 Mo (gesondert publiziert: Babyak [8])	Keine signifikanten Unterschiede Follow-up: sign. geringeres Rückfallrisiko nach Ausdauertraining (p=0,01)
Singh et al. [74]	n=32 A: 71,3±1,2 Patienten mit Major- oder Minor-Depression oder Dysthymie	IG: beaufsichtigtes Krafttraining 3-mal/Wo (10 Wo), gefolgt von unbeaufsichtigtem Krafttraining im Labor, zu Hause oder im Gesundheitszentrum 2- bis 3-mal/Wo (10 Wo) KG: Gesundheitserziehung Follow-up: 26 Mo	Sign. Reduktion nach Krafttraining (p<0,036) und auch nach Follow-up (p=0,047; BDI)
Mather et al. [54]	n=86 A=64,9 (53–91) Depressive Personen mit Resistenz gegen Antidepressiva	IG: Krafttraining 2-mal/Wo (10 Wo) KG: Gesundheitserziehung Follow-up: 8 Mo	Keine signifikanten Unterschiede (HRSD)
Penninx et al. [64]	n=438 A: 68,8±5,6 Ältere Personen mit Arthritis	IG: Ausdauertraining 3-mal/Wo (3 Mo) und zu Hause (15 Mo); IG: Krafttraining 3-mal/Wo (3 Mo) und zu Hause (15 Mo) KG: Gesundheitserziehung	Sign. Reduktion nur nach Ausdauertraining (p<0,001; CES-D)
Timonen et al. [84]	n=68 A: 83±3,9 geriatrische Patientinnen, poststationär	IG: Kraft- und Funktionstraining 2-mal/Wo (10 Wo) KG: unspezifisches Training zu Hause 2- bis 3-mal/Wo Follow-up: 3 und 9 Mo	Sign. Reduktion nach Kraft- und Funktionstraining (p=0,048; ZSDS) und nach 3 Mo (p=0,015)
Chin A Paw et al. [18]	n=173 A: 82,7±5,4 Pflegeheimbewohner mit depressiven Symptomen	IG: Krafttraining 2-mal/Wo (24 Wo); IG: Funktionstraining 2-mal/Wo (24 Wo); IG: Kombination Kraft und Funktion jeweils 1-mal/Wo KG: Gesundheitserziehung 2-mal/Wo	Keine signifikanten Unterschiede (GDS)
Chou et al. [19]	n=14 A: 72,6 Depressive Patienten oder mit Dysthymie	IG: Tai-Chi 3-mal/Wo (12 Wo) KG: Warteliste	Sign. Reduktion (p<0,01; CES-D)
Singh et al. [76]	n=60 A: 69,3±6,3 Personen mit diagnostizierter Major- oder Minor Depression oder Dysthymie	IG: intensives Krafttraining (80% max.) 3-mal/Wo (8 Wo); IG: leichtes Krafttraining (20% max.) 3-mal/Wo (8 Wo) KG: Betreuung durch Hausarzt	Sign. größere Reduktion nach intensivem Krafttraining durch Selbstbericht (p=0,006; GDS) und Therapeutenbericht p=0,14; HRSD)
Sims et al. [72]	n=32 A: 74,3±5,8 Personen mit depressiven Symptomen	IG: Krafttraining 3-mal/Wo (10 Wo) KG: Beratung/Information	Keine signifikante Reduktion (GDS)

**Tab. 2** Effekte körperlichen Trainings auf depressive Symptomatik (Fortsetzung)

Studie	Teilnehmer (n) Durchschnittsalter (A) ± SD/ (Minimum–Maximum)	Intervention (RCTs)	Ergebnisse
Teri et al. [83]	n=153 A: 78,0±7,0 Patienten mit Alzheimer-Demenz	IG: Ausdauer-, Kraft-, Gleichgewichts- und Flexibilitätstraining täglich 30 min (3 Mo) in der häuslichen Umgebung durch geschultes Pflegepersonal KG: gewöhnliche medizinische Pflege Follow-up: 24 Mo	Sign. Reduktion (p=0,04; (HRDS) bzw. (p=0,02; CSDD) auch nach 24 Mo (p=0,04)
William u. Tappen [94]	n=45 A: 87,9±5,9 Pflegeheimbewohner mit Alzheimer-Demenz	IG: Kraft-, Gleichgewichts-, Flexibilitäts- und Gehtraining 5-mal/Wo (16 Wo); KG: Gehtraining 5-mal/Wo (16 Wo) KG: therapeutisch-orientierte Gespräche	Keine signifikante Reduktion (CSDD)

Die Ergebnisse sind jeweils für Zwischengruppenvergleich angegeben. In Klammern dahinter stehen die genutzten Assessmentmethoden. **Wo** Wochen, **Mo** Monate, **sign.** signifikant, **CES-D** Center of Epidemiological Studies-Depression Scale, **GDS** Geriatric Depression Scale, **BDI** Beck Depression Inventory, **HRDS** Hamilton Rating Scale of Depression, **HAM-D** Hamilton Rating Scale for Depression, **ZSDS** Zung Self-rating Depression Scale, **CSDD** Cornell Scale for Depression in Dementia, **KG** Kontrollgruppe, **IG** Interventionsgruppe.

tome könnte zudem mit der Entstehung neuer Gehirnzellen in Verbindung stehen, die den Austausch von Neurotransmittern begünstigen, die relevant für affektive Vorgänge sind [21].

### Literaturrecherche

Die bisher aufgeführten Assoziationsstudien belegen den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und dem psychischen Status. Sie bilden daher die Grundlage für Interventionsstudien, welche die Effektivität eines körperlichen Trainings überprüfen sollen.

Mit dieser Literaturübersicht werden bisher publizierte randomisierte kontrollierte Studien (RCTs) zum Effekt körperlichen Trainings auf depressive Symptome und Sturzangst bei älteren Personen mit und ohne kognitive Schädigung bis zum Jahr 2011 zusammengefasst.

### Methode

#### Einschlusskriterien

Eingeschlossen wurden Studien der Evidenzklasse I (RCTs), um die Kausalität zwischen körperlicher Aktivität und Depressionen bzw. Sturzangst zu belegen. Außerdem wurden systematische Übersichtsarbeiten zum Einfluss körperlichen Trainings auf Depression oder Sturzangst bei älteren Menschen mit und ohne kognitive Einschränkung berücksichtigt.

### Literatursuche

Die selektive Literatursuche erfolgte über PubMed und Gerolit mit den Suchbegriffen „physical activity“ oder „physical exercise“ und „depression“ oder „depressive disorder“ oder „fear of falling“ und „elderly“ oder „older people“. Im zweiten Schritt wurden diese Suchbegriffe durch die Suchbegriffe „cognitive impairment“ oder „cognition disorders“ oder „dementia“ ergänzt. Die Suchstrategie wurde an die jeweilige Datenbank angepasst und umfasste standardisierte Suchbegriffe und zusätzliche Schlüsselbegriffe. Zudem wurde eine manuelle Suche über Referenzlisten identifizierter Studien/Übersichtsarbeiten durchgeführt, um weitere Studien zu bestimmen, die über die o. g. Suchstrategie nicht erfasst wurden. Nach einer Durchsicht von identifizierten Abstracts wurde eine Volltextsuche bei denjenigen Artikeln durchgeführt, die den definierten Suchkriterien entsprachen. Nur Artikel in deutscher und englischer Sprache wurden eingeschlossen.

### Ergebnisse

Einen Überblick über die RCTs mit primärem Endpunkt Sturzangst gibt **Tab. 1**, mit primärem Endpunkt Depression **Tab. 2**. Aufgrund der geringen Anzahl von Studien, die primär Sturzangst bzw. Depressionen untersuchten, wurden auch Publikationen in die Analyse eingeschlossen, die Sturzangst bzw. Depressionen als sekundären Studienendpunkt er-

fassen. Diese wurden aber nicht in die Tabellen aufgenommen.

### Kann körperliches Training Sturzangst verringern?

Bei der Auswertung der Ergebnisse zeigt sich ein heterogenes Bild der Wirksamkeit eines körperlichen Trainings auf die Reduktion der Sturzangst. Im Rahmen der Literaturrecherche wurden 8 RCTs gefunden, die primär die Effekte eines körperlichen Trainings auf die Sturzangst bei älteren Menschen untersuchen. Fünf Studien mit positiven Ergebnissen [36, 46, 70, 82, 100] stehen 3 mit negativen [6, 15, 24] gegenüber (**Tab. 1**).

Weiterhin wurden 16 RCTs gefunden, die sekundär die Effekte eines körperlichen Trainings auf die Sturzangst bei älteren Menschen ermitteln. Von diesen Arbeiten zeigen 10 positive [10, 17, 37, 47, 50, 67, 85, 96, 97, 99] und 6 negative Effekte [20, 49, 61, 66, 71, 95].

Der Großteil der Studien mit negativen Ergebnissen [6, 20, 24, 49, 61, 66, 71, 95] konnte weder Zeit- noch Zwischengruppeneffekte auf die Sturzangst nachweisen. In der Arbeit von Brouwer et al. [15] wurden Zeiteffekte erzielt. Die Sturzangst verringerte sich in der Interventions- und Kontrollgruppe. Zwischengruppenunterschiede konnten aber nicht festgestellt werden.

Die Mehrzahl der Arbeiten [10, 15, 20, 24, 36, 37, 49, 50, 61, 70, 82, 85, 95, 96, 99, 100] schließt gehfähige, selbstständig lebende Männer und Frauen über 60 Jahren ein, die Sturzangst haben und/oder eine

vorausgehende Sturzgeschichte aufweisen oder Sturzrisikofaktoren zeigen. Die Sturzangst wird auf unterschiedliche Weise erfasst, wobei sie als Synonym verschiedener psychologischer Konstrukte (Sturzangst vs. sturzassoziierter Selbstwirksamkeit) verwendet wird.

### Trifft dies auch bei kognitiver Schädigung zu?

Es gibt bisher keine Interventionsprogramme, die speziell die Reduktion der Sturzangst bei kognitiv eingeschränkten Menschen untersucht haben. Die meisten Studien, die in der Auswertung dieser Übersichtsarbeit berücksichtigt wurden, schließen Menschen mit kognitiven Einschränkungen (Mini-Mental-Status-Test, MMST  $\leq 24$ ) aus. Nur 3 Studien mit sekundärem Endpunkt Sturzangst untersuchen gemischte Patientengruppen. Tinetti et al. [85] sowie Wolf et al. [95] analysieren gemischte Kollektive, in die auch Menschen mit leichter bis mittelgradiger kognitiver Schädigung (Cut-off MMST 20 bzw. 17) aufgenommen wurden. In der Arbeit von Lin et al. [50] waren 30% des Kollektivs kognitiv eingeschränkt. Die genaue Definition für „kognitiv eingeschränkt“ bleibt aber unklar. In 2 [50, 85] der 3 Studien konnten positive Effekte auf die Sturzangst in einem gemischten Kollektiv erzielt werden.

### Kann körperliches Training Depressionen verringern?

Die Mehrzahl der Studien, die bei älteren Menschen ohne kognitive Schädigung durchgeführt wurden, weist auf einen antidepressiven Effekt des körperlichen Trainings hin.

In 11 RCTs wurden primär Effekte eines körperlichen Trainings bei älteren Menschen mit klinischer Depression [12, 19, 54, 73, 74, 76] oder mit depressiver Symptomatik ermittelt [13, 18, 72], in 2 Studien wurden gemischte Populationen untersucht [64, 84]. Von den 11 RCTs weisen 8 positive Effekte eines Trainings auf (■ **Tab. 2**; [12, 13, 19, 64, 73, 74, 76, 84]). Bei 3 RCTs konnten keine signifikanten Verbesserungen der Depression erzielt werden [18, 54, 72].

### Trifft dies auch bei kognitiver Schädigung zu?

Bei kognitiv eingeschränkten älteren Menschen zeigt sich ein in der Tendenz negatives Ergebnis. Zwei positiven Ergebnissen [57, 83] stehen vier negative Ergebnisse [53, 59, 88, 94] gegenüber.

Es wurden 2 RCTs gefunden, die primär Effekte eines körperlichen Trainings auf Depressionen bei Patienten mit Alzheimer-Demenz untersuchen. Teri et al. [83] weisen eine signifikante Reduktion depressiver Symptome nach. Ein positiver psychosozialer Einfluss durch ergänzende Schulungen für die Pflegenden kann in dieser Studie nicht ausgeschlossen werden. Bei Williams u. Tappen [94] fand sich kein Einfluss des Trainings auf depressive Symptome (■ **Tab. 2**).

Insgesamt ließen sich 4 RCTs finden, die sekundär die Effekte eines körperlichen Trainings auf Depressionen bei Menschen mit kognitiver Einschränkung dokumentieren. Von diesen weist 1 Studie positive Effekte auf [57]. In 3 Arbeiten konnten keine signifikanten Verbesserungen erzielt werden [53, 59, 88], was entweder auf eine zu kurze Interventionsdauer [53], auf einen nicht angemessenen Trainingsinhalt, wie etwa das Fehlen eines Gehtrainings [59, 88], oder auf ein zu kleines Sample [88] zurückgeführt werden könnte.

### Welches Training wird bei Sturzangst empfohlen?

In den RCTs zur primären und sekundären Reduktion der Sturzangst zeigen sich vier Interventionstypen: Tai-Chi [46, 47, 70, 96, 99], multifaktorielle Interventionen (Kombination aus kognitiver Verhaltenstherapie in Bezug auf Sturzprävention mit Kraft-, Balance- oder Gehtraining [20, 24, 49, 50, 66, 82, 85, 97, 100]), gemischte Sportprogramme (Kombination aus Kraft-, Balance-, Koordinations-, Ausdauer- und Gehtraining [6, 10, 15, 17, 37, 66, 67, 71]) und Balancetraining [36, 61, 95, 96]. Im Überblick zeigen sich die besten Ergebnisse für Tai-Chi und multifaktorielle Trainingsprogramme.

**Tai-Chi.** Alle eingeschlossenen Tai-Chi-Interventionen (Ausnahme Lin et al [49]) konnten die Sturzangst signifikant reduzieren, wobei die Interventionsdauer mit

2 bis 12 Monaten sehr unterschiedlich war. Ein möglicher Wirkmechanismus ist, dass durch die geistige wie auch motorische Anforderung des Tai-Chi physiologische und psychologische Effekte auftreten können [92], die auf die multiplen Ursachen der Sturzangst positiv einwirken. Einerseits verbessert Tai-Chi die Balance, Kraft und Beweglichkeit [92] und reduziert dadurch das Sturzrisiko [5]. Andererseits erhöht es das allgemeine psychische Wohlbefinden (reduzierter Stress, Angst, Depression, erhöhter Selbstwert [45, 91, 92]) und die bewegungsassoziierte Selbstwirksamkeit [48]. Wird Tai-Chi zudem als Gruppentraining durchgeführt, werden soziale Interaktionen unterstützt, was die psychosoziale Gesundheit fördert [45].

**Multifaktorielle Interventionen.** Multifaktorielle Interventionen, die ein Gruppentraining wählen und primär auf eine Sturzangstreduktion zielen [82, 100], führen bis auf eine Ausnahme [24] zu einer deutlich reduzierten Sturzangst und verbessern die sturzassozierte Selbstwirksamkeit, wobei Interventionen unterschiedlichster Dauer und Frequenz (1 bis 4 Monate, 1- bis 3-mal pro Woche) erfolgreich waren. Die Studien, welche die Sturzangst als sekundären Endpunkt untersuchen, zeigen ein heterogenes Bild. Auffällig ist, dass multifaktorielle Heimtrainingsprogramme [50, 85, 97] im Gegensatz zu multifaktoriellen Gruppenprogrammen [20, 49, 66] zu positiven Ergebnissen führen. Die insgesamt positive Wirkungstendenz lässt sich möglicherweise mit der multifaktoriellen Ätiologie bzw. den Risikofaktoren der Sturzangst erklären [78]. Es ist möglich, dass multifaktorielle Ansätze, die multiple (physische, soziale und psychologische) Faktoren berücksichtigen [15, 44, 85] bzw. auf eine gleichzeitige Reduktion mehrerer Risikofaktoren ausgelegt sind, effektiver wirken können als Ansätze, die auf nur einen Faktor fokussieren [78].

**Gemischte Sportprogramme.** Die Wirksamkeit gemischter Sportprogramme ist uneinheitlich. Interventionen, welche die Probanden durch Hausbesuche, Telefonate oder Informationsmaterial zur Sturzvermeidung zusätzlich zum Training mo-

tivierten [10, 17, 67], konnten positive Effekte erzielen. Eine eindeutige Empfehlung für ein Sportprogramm ist aufgrund der unterschiedlichen Organisationsformen (Training zu Hause vs. Gruppentraining) und Inhalte (Kraft, Balance, Koordination, Ausdauer) der Studien schwierig. Die vorliegenden Arbeiten belegen aber, dass eine längere Dauer (12 Monate [10, 17, 67]) und eine höhere Intensität [37] zu stärkeren Effekten führen.

**Balancetraining.** Ansätze, die auf einem Balancetraining aufbauen, zeigen in Bezug auf eine Sturzangstreduktion nur sehr eingeschränkte Wirkung. Von 4 Arbeiten, die Balancetraining als körperliche Aktivität gewählt haben, konnte nur eine Studie [36] durch ein individuelles, progressives Gleichgewichtstraining die Sturzangst signifikant reduzieren. In 3 weiteren Studien konnte dieser Effekt weder durch ein individuelles noch durch ein Balancetraining in der Gruppe erreicht werden [61, 95, 96]. Dieses Resultat überrascht einerseits, da ein Balancetraining effektiv in Bezug auf eine Sturzprävention wirkt [32], wodurch die Erwartung einer gleichzeitigen Reduktion der Sturzangst naheliegt, da Stürze und Sturzangst in wechselseitiger Beziehung stehen [31]. Auf der anderen Seite bekräftigt das Ergebnis die Annahme, dass eine multifaktorielle Intervention notwendig ist, um das multiple Geschehen der Sturzangst effektiv zu bewältigen. Eine weitere Bestätigung ergibt sich aus der positiven Wirkung des Tai-Chi auf die Sturzangst, das die posturale Kontrolle verbessert, aber auch andere psychosoziale Aspekte berücksichtigt.

### Welches Training wird bei Depressionen empfohlen?

Aus der Analyse von insgesamt 17 eingeschlossenen RCTs zeigen sich heterogene Ergebnisse für Effekte unterschiedlicher Trainingsformen auf Depression bei älteren und kognitiv eingeschränkten Menschen. Eine positive Wirkung konnte aber durch ein Ausdauertraining und eingeschränkt auch durch ein intensives Krafttraining für ältere Menschen belegt werden.

**Krafttraining.** In 4 von 7 RCTs ließ sich eine signifikante Reduktion depressiver

Symptome durch ein intensives Krafttraining (80% der Maximalkraft [73, 74, 76]) bzw. eine Kombination aus intensivem Kraft- und Funktionstraining [84] belegen. Sims et al. [72] konnten dahingegen nach einem intensiven Krafttraining keine Effekte nachweisen [72]. In 2 weiteren RCTs mit negativen Ergebnissen [18, 54] wurden keine konkreten Angaben zur Intensität gemacht. In einem RCT werden Wirkunterschiede eines leichten vs. intensiven Krafttrainings überprüft [76], wobei sich eine signifikant größere Reduktion der Depression nach einem intensiven Krafttraining zeigt. Es fehlen Interventionsstudien, die eine längere mit einer kürzeren Dauer und einen größeren gegenüber einem geringeren Umfang eines Krafttrainings vergleichen. Zwei RCTs geben aber einen Hinweis darauf, dass bei einem Krafttraining, das häufiger (3-mal) pro Woche stattfindet, eine Dauer von 45 min pro Trainingseinheit ausreicht [73, 74]. Bei einem nur 2-mal pro Woche stattfindenden Krafttraining genügen 45–60 min [18, 54] im Vergleich zu einer 90-minütigen Trainingseinheit [84] nicht, um signifikante Effekte zu erhalten. Dass eine längere Gesamtdauer eines Krafttrainings bei älteren Personen einen psychosozialen Einfluss hat, kann hier nicht bestätigt werden: Positive Effekte eines 8-wöchigen Krafttrainings [76] stehen negativen Effekten eines 24-wöchigen Krafttrainings [18] gegenüber.

**Ausdauertraining.** Die positive Wirkung eines Ausdauer- bzw. Gehtrainings kann in 3 Vergleichsstudien nachgewiesen werden. Eine Studie stellt die Wirkung eines aus Gehen, Joggen und Fahrradfahren kombinierten Ausdauertrainings einem Yoga-/Flexibilitätstraining gegenüber [13]. Eine weitere Arbeit vergleicht ein Gehtraining mit einem Krafttraining [64]. Blumenthal et al. [12] untersuchen potenzielle Wirkunterschiede eines Ausdauertrainings (Gehen/Joggen) und einer medikamentösen Therapie. Aufgrund der hohen Variabilität des Intensitätsbereichs (50–85% Herzfrequenz) und der Gesamtdauer (6 Wochen bis 18 Monate) innerhalb dieser Studien können keine konkreten Empfehlungen gegeben werden. Für Menschen mit kognitiver Einschränkung wurde nur eine RCT identifiziert, die ein reines Gehtraining durch-

führte [53]. In dieser Untersuchung konnte keine signifikante Verbesserung depressiver Symptome erzielt werden. In einer Vergleichsstudie von Williams u. Tappen [94], die ein kombiniertes Trainingsprogramm aus Kraft-, Gleichgewichts-, Flexibilitäts- und Gehtraining einem reinen Gehtraining gegenüberstellten, konnten ebenfalls keine signifikanten Gruppenunterschiede nachgewiesen werden.

**Tai-Chi und multifaktorielle Interventionen.** Für ein Tai-Chi-Training [19] und eine multifaktorielle Intervention (Gehtraining, Lichttherapie, Schlafhygiene [57]) liegen ebenfalls positive Ergebnisse vor. Diese Einzelergebnisse lassen jedoch noch keine Bewertung in Bezug auf die Wirksamkeit dieser Trainingsprogramme auf Depressionen zu.

**Gemischte Sportprogramme.** Die positive Wirkung gemischter Sportprogramme auf Depressionen ist sowohl für Ältere als auch für Personen mit kognitiver Einschränkung nicht eindeutig. Nur 2 von 5 RCTs weisen positive Effekte auf. Timonen et al. [84] konnten durch eine Kombination aus Kraft- und Funktionstraining positive Effekte auf Depressionen bei Älteren belegen. Auch eine aus Ausdauer-, Kraft-, Gleichgewichts- und Flexibilitäts-training kombinierte Intervention bei kognitiver Einschränkung [83] führt zur signifikanten Reduktion depressiver Symptome. Demgegenüber weisen Williams u. Tappen [94] durch die gleiche Kombination mit gleicher Dauer und gleichem Umfang keine positiven Effekte nach. Zwei RCTs konnten bei kognitiv eingeschränkten Studienteilnehmern durch eine Kombination aus Hockergymnastik mit Musik [88] und Funktionstraining mit Musik [59] keine signifikanten Verbesserungen der Depression erzielen.

### Nachhaltigkeit des körperlichen Trainings

In 7 der 24 identifizierten RCTs zur Sturzangst wurde die Nachhaltigkeit der Effekte eines körperlichen Trainings mittels Follow-up-Analysen überprüft [15, 37, 47, 50, 71, 82, 100]. Von den 13 RCTs zur Erfassung der Wirksamkeit eines Trainings auf Depression führten 6 Follow-up-Untersuchungen durch [8, 14, 54, 74, 83, 84].

Alle Follow-up-Untersuchungen der Studien, die eine Verminderung der Sturzangst nachweisen konnten [47, 50, 82, 100], belegen eine signifikante, nachhaltige Reduktion nach Beendigung des Trainings (Follow-up 3 bis 12 Monate). Entgegen den Erwartungen zeigte sich dabei kaum eine Verringerung der Interventionseffekte.

In 4 der 6 RCTs zur Verringerung von Depressionen, die eine Follow-up-Untersuchung durchgeführt haben, blieben signifikante Effekte auch nach Abschluss der Intervention erhalten [8, 74, 83, 84]: Singh et al. [74] zeigen eine signifikante Verbesserung durch ein intensives Krafttraining nach 26 Monaten, Teri et al. [83] weisen nachhaltige Effekte durch ein kombiniertes Ausdauer-, Kraft-, Gleichgewichts- und Flexibilitätstraining nach 24 Monaten nach und Timonen et al. [84] belegen längerfristige Effekte durch ein kombiniertes Kraft- und Funktionstraining nach 3, aber nicht mehr nach 9 Monaten. Eine gesondert publizierte Follow-up-Untersuchung von Babyak [8] konnte fortbestehende Verbesserungen depressiver Symptome nach einem Ausdauertraining, die sich in der Studie von Blumenthal [12] zeigten, bestätigen. Außerdem war die Rückfallquote in der Trainingsgruppe nach 6 Monaten signifikant geringer als bei den Studienteilnehmern, die Antidepressiva erhalten hatten.

In einer separat veröffentlichten Follow-up-Untersuchung [14] blieben die signifikanten Effekte des Trainings aus der Studie von Blumenthal et al. [13] nach Ende der Intervention (8 und 14 Monate) nicht erhalten. Die Studie von Mather et al. [54], die schon während der Interventionsphase keine Zwischengruppeneffekte zeigen konnte, fand auch 8 Monate nach Beendigung der Trainingsphase keine signifikanten Ergebnisse.

### **Einfluss der Zielgruppe**

Die Studien geben einen Hinweis darauf, dass ein körperliches Training vor allem bei Personen mit diagnostizierter Depression [12, 19, 73, 74, 76] oder bei schwerer Betroffenen [64] wirksam ist. Alle RCTs, die entweder gesunde Personen oder wenig Betroffene einschlossen, zeigen mit Ausnahme der Arbeit von Blumenthal et al. [13] keine Effekte, wobei nur Männer

eine Reduktion an depressiven Symptomen aufwiesen. Bei Personen ohne diagnostizierte Depression können Deckeneffekte auftreten: Eine signifikante Reduktion der Depression ist kaum möglich, da sie bereits vor der Intervention keine oder nur geringe Symptome aufwiesen.

### **Risiko durch körperliches Training?**

Ein körperliches Training zur Reduktion der Sturzangst oder Depression ist für ältere oder kognitiv eingeschränkte Personen mit keinem oder nur sehr geringem Risiko verbunden.

Vier RCTs machen Angaben zu Nebenwirkungen, die in oder nach einem körperlichen Training auftreten können [12, 74, 76, 83]. Die Arbeiten von Singh et al. [74, 76] unterscheiden außerdem explizit zwischen Krankenhausaufenthalten, Arztbesuchen, Krankheitsfällen, Muskelkater, Schmerzen, Verletzungen sowie Stürzen und Todesfällen während des Trainings. Dem in den Arbeiten erläuterten positiven Einfluss eines körperlichen Trainings auf Depressionen stehen keine schwerwiegenden Nebenwirkungen gegenüber.

In einer eingeschlossenen Vergleichsstudie zur Wirkung von Medikamenten gegenüber körperlichem Training konnte gezeigt werden, dass sich bei Patienten, die mit Antidepressiva behandelt wurden, Nebenwirkungen zeigten, nicht aber bei Patienten, die ein körperliches Training absolvierten [12].

### **Limitationen und Vergleichbarkeit der Ergebnisse**

Ein Vergleich von Studienergebnissen, wie er in dieser Übersichtsarbeit vorgenommen wurde, erweist sich aus unterschiedlichen Gründen als schwierig. Die Charakteristik des Patientenkollektivs weicht in Bezug auf das Alter, das Setting (zu Hause lebende Personen vs. Patientengruppen vs. Pflegeheimbewohner) und das Vorhandensein psychischer Symptome (Gesunde bzw. wenig Betroffene vs. Patienten mit Diagnose) voneinander ab. Auch die Trainingsinhalte (z. B. Ausdauer vs. Krafttraining), die Dauer der Trainingsphase, die Intensität und das Trainingssetting (Gruppentraining in Einrichtungen vs. Training in häuslicher

Umgebung), die Assessmentmethoden zur Beurteilung des Interventionseffekts (z. B. subjektive Ratings vs. standardisierte Assessmentverfahren vs. Fremdratings) unterscheiden sich teilweise deutlich.

### **Ausblick**

Insbesondere die Ausgestaltung von Trainingsinhalten sowie von Dauer und Intensität des Trainings im Zusammenhang mit der Zielgruppe (Primärprävention vs. Rehabilitation) ist bislang wenig ausdifferenziert. Auch der Vergleich von multifaktoriellen Ansätzen, z. B. Kombination von körperlichem Training und psychologischen Therapieansätzen wie kognitiver Verhaltenstherapie, und möglicher Kombinationen unterschiedlicher Trainingsmethoden oder mit pharmakologischen Ansätzen lässt sich derzeit aufgrund des Fehlens vergleichender RCTs nicht durchführen. Komparative Studien sind aber notwendig, um den evidenzbasierten Einsatz nichtpharmakologischer Therapieansätze weiter zu optimieren. Aktuell ist jedoch eine sehr große Zahl (>70) verschiedener Studien im Bereich Depression, eine geringere Zahl (ca. 20) an Studien auch für Sturzangst angelaufen, die in naher Zukunft wichtige Antworten und Ergänzungen zu den oben genannten offenen Fragen und bisherigen Ergebnissen liefern werden (s. <http://www.clinicaltrials.gov>).

### **Fazit für die Praxis**

- Ein hohes Maß an körperlicher Aktivität ist mit einer geringeren depressiven Symptomatik bei Älteren assoziiert.
- Bei Menschen mit kognitiver Einschränkung bzw. Demenz ist die Wirksamkeit von körperlichem Training in Hinblick auf Sturzangst unzureichend untersucht, in Bezug auf Depression zeigt sich eine negative Tendenz.
- Ein standardisiertes körperliches Training kann zur Reduktion von Sturzangst und Depression bei älteren Menschen führen.
- Zur Reduktion von depressiven Symptomen zeigt ein intensives Kraft- oder Ausdauertraining, zur Verringerung der Sturzangst Tai-Chi oder ein multifaktorielles Trainingsprogramm die deutlichsten Effekte.

## Korrespondenzadresse

## S. Gogulla

AGAPLESION Bethanien Krankenhaus  
Geriatrisches Zentrum  
an der Universität Heidelberg  
Rohrbacher Str. 149, 69126 Heidelberg  
sgogulla@bethanien-heidelberg.de

## N. Lemke

AGAPLESION Bethanien Krankenhaus  
Geriatrisches Zentrum  
an der Universität Heidelberg  
Rohrbacher Str. 149, 69126 Heidelberg  
n.lemke@bethanien-heidelberg.de

**Danksagung.** Die Studie wurde unterstützt von der Dietmar Hopp Stiftung und durch ein Stipendium des Graduiertenkollegs Demenz der Robert Bosch Stiftung und des Netzwerks Altersforschung der Universität Heidelberg (NAR)

**Interessenkonflikt.** Die korrespondierenden Autoren geben für sich und ihren Koautor an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

- Abu-Omar K, Rütten A, Lehtinen V (2004) Mental health and physical activity in the European Union. *Soz Präventivmed* 49:301–309
- American College of Sports Medicine (1998) Position stand: exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 30:992–1008
- American College of Sports Medicine; Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA et al (2009) Position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 41:1510–1530
- American College of Sports Medicine (2005) Guideline for exercise testing and prescription. Lippincott, Williams, Wilkins, Philadelphia
- American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Fall Prevention (2001) Guideline for the prevention of falls in older persons. *J Am Geriatr Soc* 49:664–672
- Arai T, Obuchi S, Inaba Y et al (2007) The effects of short-term exercise intervention on falls self-efficacy and the relationship between changes in physical function and falls self-efficacy in Japanese older people: a randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil* 86:133–141
- Arfken CL, Lach HW, Birge SJ et al (1994) The prevalence and correlates of fear of falling in elderly persons living in the community. *Am J Public Health* 84:565–570
- Babyak M, Blumenthal JA, Herman S et al (2000) Exercise treatment for major depression: maintenance of therapeutic benefit at 10 months. *Psychosom Med* 62:633–638
- Bains J, Birks JS, Denning TR (2002) The efficacy of antidepressants in the treatment of depression in dementia. *Cochrane Database Syst Rev* 4:CD003944
- Barnett A, Smith B, Lord SR et al (2003) Community-based group exercise improves balance and reduces falls in at-risk older people: a randomized controlled trial. *Age Ageing* 32:407–414
- Bhui K, Fletcher A (2000) Common mood and anxiety states: gender differences in the protective effect of physical activity. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol* 35:28–35
- Blumenthal JA, Babyak MA, Moore KA (1999) Effects of exercise training on older patients with major depression. *Arch Intern Med* 159:2349–2356
- Blumenthal JA, Emery CF, Madden DJ et al (1989) Cardiovascular and behavioral effects of aerobic exercise training in healthy older men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 44:M147–M157
- Blumenthal JA, Emery CF, Madden DJ et al (1991) Long-term effects of exercise on psychological functioning in older men and women. *J Gerontol* 46:P352–361
- Brouwer BJ, Walker C, Rydahl SJ, Culham EG (2003) Reducing fear of falling in seniors through education and activity programs: A randomized trial. *J Am Geriatr Soc* 51:829–834
- Buchner D, Larson E (1987) Falls and fractures in patients with Alzheimer-type dementia. *JAMA* 257:1492–1495
- Campbell AJ, Robertson MC, Gardner MM et al (1997) Randomised controlled trial of a general practice programme of home based exercise to prevent falls in elderly woman. *BMJ* 315:1065–1069
- Chin A Paw MJM, Poppel MNM van, Twisk JWR, Mechelen W van (2004) Effects of resistance and all-round, functional training on quality of life, vitality and depression of older adults living in long-term care facilities. A randomized controlled trial. *BMC Geriatr* 4:5
- Chou K-L, Lee PWH, Yu ECS et al (2004) Effect of Tai-Chi on depressive symptoms amongst Chinese older patients with depressive disorder: a randomized clinical trial. *Int J Ger Psychiatry* 19:1105–1107
- Clemson L, Cumming RG, Kendig H et al (2004) The effectiveness of a community-based program for reducing the incidence of falls in the elderly: a randomized trial. *J Am Geriatr Soc* 52:1487–1494
- Cotman CW, Berchtold NC (2002) Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends Neurosci* 25:295–301
- Cumming RG, Salkeld G, Thomas M et al (2000) Prospective study of the impact of fear of falling on activities of daily living, SF-36 scores, and nursing home admission. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 55:M299–305
- Denkinger M, Nikolaus T, Denkinger C, Lukas A (2012) Physical activity for the prevention of cognitive decline. *Z Gerontol Geriatr* 45:11–16
- Devereux K, Robertson D, Briffa NK (2005) Effects of a water-based program on women 65 years and over: a randomized controlled trial. *Aust J Physiother* 51:102–108
- Duclos M, Gouarne C, Bonnemaïson D (2003) Acute and chronic effects of exercise on tissue sensitivity to glucocorticoids. *J Appl Physiol* 94:869–875
- Ebert D (2008) *Psychiatrie systematisch*. Uni-Med, Bremen, S 94
- Eggermont L, Scherder E (2006) Physical activity and behaviour in dementia. A review of the literature and implications for psychosocial intervention in primary care. *Dementia* 5:411–428
- Farmer ME, Locke BZ, Moscicki EK et al (1988) Physical activity and depressive symptoms: the NHA-NES I Epidemiologic follow up study. *Am J Epidemiol* 128:1340–1350
- Fiatarone MA, O'Neil EF, Ryan ND et al (1994) Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med* 330:1769–1775
- Franzoni S, Rozzini R, Boffelli S et al (1994) Fear of falling in nursing home patients. *Gerontology* 40:38–44
- Friedman SM, Munoz B, West SK et al (2002) Falls and fear of falling: which comes first? A longitudinal prediction model suggests strategies for primary and secondary prevention. *J Am Geriatr Soc* 50:1329–1335
- Gillespie LD, Gillespie WJ, Robertson MC et al (2003) Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev* 4:CD000340
- Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ et al (2009) Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev* 2:CD007146
- Gregg EW, Pereira MA, Caspersen CJ (2000) Physical activity, falls, and fractures among older adults: a review of the epidemiologic evidence. *J Am Geriatr Soc* 48:883–893
- Grobe TG, Bramesfeld A, Schwartz FW (2006) *Versorgungsgeschehen*. Analyse von Krankenkassendaten. In: Stoppe G, Bramesfeld A, Schwartz FW (Hrsg) *Volkskrankheit Depression? Bestandsaufnahme und Perspektiven*. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 39–98
- Halvarsson A, Olsson E, Farén E et al (2011) Effects of new, individually adjusted, progressive balance group training for elderly people with fear of falling and tend to fall: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 25:1021–1031
- Hauer K, Rost B, Rutschle K et al (2001) Exercise training for rehabilitation and secondary prevention of falls in geriatric patients with a history of injurious falls. *J Am Geriatr Soc* 49:10–20
- Howland J, Lachman ME, Peterson EW et al (1998) Covariates of fear of falling and associated activity curtailment. *Gerontologist* 38:549–555
- Howland J, Peterson EW, Levin WC et al (1993) Fear of falling among the community-dwelling elderly. *J Aging Health* 5:229–43
- Kruse A, Wahl HW (2010) *Zukunft Altern – individuelle und gesellschaftliche Weichenstellung*. Spektrum Heidelberg, S 297–300
- Lach HW (2005) Incidence and risk factors for developing fear of falling in older adults. *Public Health Nurs* 22:45–52
- Lampinen P, Heikkinen RL, Ruoppila I (2000) Changes in intensity of physical exercise as predictors of depressive symptoms among older adults: an eight-year follow-up. *Prev Med* 30:371–380
- Laux G, Dietmaier O (2009) *Psychopharmaka: Ratgeber für Betroffene und Angehörige*. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 101–119
- Lawrence RH, Tennstedt SL, Kasten LE et al (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. *J Aging Health* 10:267–286
- Lee LYK, Lee DTF, Woo J (2010) The psychosocial effect of Tai-Chi on nursing home residents. *J Clin Nurs* 19:927–938
- Li F, Fisher KJ, Harmer P et al (2005a) Falls self-efficacy as a mediator of fear of falling in an exercise intervention for older adults. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 60B:P34–P40
- Li F, Harmer P, Fisher KJ et al (2005b) Tai-Chi and fall reductions in older adults: a randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 60A:M187–M194
- Li F, Harmer P, McAuley E et al (2001) Tai-Chi, self-efficacy, and physical function in the elderly. *Prev Sci* 2:229–239

49. Lin MR, Hwang HF, Wang YW et al (2006) Community-based Tai-Chi and its effect on injurious falls, balance, gait, and fear of falling in older people. *Phys Ther* 86:1189–1201
50. Lin MR, Wolf SL, Hwang HF et al (2007) A randomized, controlled trial of fall prevention programs and quality of life in older fallers. *J Am Geriatr Soc* 55:499–506
51. Linden M, Kurtz G, Baltes MM et al (1998) Depression bei Hochbetagten – Ergebnisse der Berliner Altersstudie. *Nervenarzt* 69:27–37
52. Lord S, Sherrington C, Menz H (2001) Falls in older people. Cambridge University Press, Cambridge
53. MacRae PG, Asplund LA, Schnelle JF et al (1996) A walking program for nursing home residents: effects on walk endurance, physical activity, mobility, and quality of life. *J Am Geriatr Soc* 44:175–180
54. Mather AS, Rodriguez C, Guthrie MF et al (2002) Effects of exercise on depressive symptoms in older adults with poorly responsive depressive disorder: randomized controlled trial. *Br J Psychiatry* 180:411–415
55. McAuley E, Blissmer B, Marquez DX et al (2000) Social relations, physical activity, and well-being in older adults. *Prev Med* 31:608–617
56. McAuley E, Courneya KS, Lettunich J (1991) Effects of acute and long-term exercise on self-efficacy responses in sedentary, middle-aged males and females. *Gerontologist* 31:534–542
57. McCurry SM, Gibbons LE, Logsdon RG et al (2005) Night time insomnia treatment and education for Alzheimer's disease: A randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 53:793–802
58. Motl RW, Birnbaum AS, Kubik MY et al (2004) Naturally occurring changes in physical activity are inversely related to depressive symptoms during early adolescence. *Psychosom Med* 66:336–342
59. Mulrow CD, Gerety MB, Kanten D et al (1994) A randomized trial of physical rehabilitation for very frail nursing-home residents. *JAMA* 271:519–524
60. Nelson JC, Devanand DP (2011) A systematic review and meta-analysis of placebo-controlled antidepressant studies in people with depression and dementia. *J Am Geriatr Soc* 59:577–585
61. Nitz JC, Choy NL (2004) The efficacy of a specific balance-strategy training programme for preventing falls among older people: a pilot randomised controlled trial. *Age Ageing* 33:52–58
62. Paffenbarger RS, Lee IM, Leung R (1994) Physical activity and personal characteristics associated with depression and suicide in American college men. *Acta Psychiatr Scand* 377:16–22
63. Patten SB, Williams JV, Lavorato D et al (2011) Mortality associated with major depression in a Canadian community cohort. *Can J Psychiatry* 56:658–666
64. Penninx BWJH, Rejeski WJ, Pandya J et al (2002) Exercise and depressive symptoms: a comparison of aerobic and resistance exercise effects on emotional and physical function in older persons with high and low depressive symptomatology. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 57B:P124–P132
65. Potter R, Ellard D, Rees K et al (2011) A systematic review of the effects of physical activity on physical functioning, quality of life and depression in older people with dementia. *Int J Geriatr Psychiatry* 26:1000–1011
66. Reinsch S, MacRae P, Lachenbruch PA et al (1992) Attempts to prevent falls and injury: a prospective community study. *Gerontologist* 32:450–456
67. Robertson MC, Devlin N, Gardner MM et al (2001) Effectiveness and economic evaluation of a nurse delivered home exercise programme to prevent falls. 1: Randomised controlled trial. *BMJ* 322:697–701
68. Rugulies R (2002) Depression as a predictor for coronary heart disease. a review and meta-analysis. *Am J Prev Med* 23:51–61
69. Ruuskanen JM, I Ruoppila (1995) Physical activity and psychological well-being among people aged 65–84 years. *Age Ageing* 24:292–296
70. Sattin RW, Easley KA, Wolf SL et al (2005) Reduction in fear of falling through intense Tai-Chi exercise training in older, transitionally frail adults. *J Am Geriatr Soc* 53:1168–1178
71. Shigematsu R, Okura T, Rantanen T (2008) Square stepping exercise versus strength and balance training for fall risk factors. *Aging Clin Exp Res* 20:19–24
72. Sims J, Hill K, Davidson S et al (2006) Exploring the feasibility of a community-based strength training program for older people with depressive symptoms and its impact on depressive symptoms. *BMC Geriatr* 6:18
73. Singh NA, Clements KM, Fiatarone M (1997) A randomized controlled trial of progressive resistance training in depressed elders. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 52:27–35
74. Singh NA, Clements KM, Fiatarone M et al (2001) The efficacy of exercise as a long-term antidepressant in elderly subjects: a randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 56:497–504
75. Singh NA, Ding W, Manfredi TJ (1999) Insulin-like growth factor I in skeletal muscle after weight-lifting exercise in frail elders. *Am J Physiol* 52:M27–M35
76. Singh NA, Stavrinou TM, Scarbek Y et al (2005) A randomized controlled trial of high versus low intensity weight training versus general practitioner care for clinical depression in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 60:768–776
77. Sjösten N, Kivelä SL (2006) The effects of physical exercise on depressive symptoms among the aged: a systematic review. *Int J Geriatr Psychiatry* 21:410–418
78. Sjösten N, Vaapio S, Kivelä SL (2008) The effects of fall prevention trials on depressive symptoms and fear of falling among the aged: a systematic review. *Aging Mental Health* 12:30–46
79. Stephens T (1988) Physical activity and mental health in the United States and Canada: evidence from four population surveys. *Prev Med* 17:35–47
80. Strawbridge WJ, Deleger S, Roberts RE et al (2002) Physical Activity Reduces the Risk of Subsequent Depression for Older Adults. *Am J Epidemiol* 156:328–334
81. Ströhle A (2009) Physical activity, exercise, depression and anxiety disorders. *J Neural Transm* 116:777–784
82. Tennstedt S, Howland J, Lachmann M et al (1998) A randomized, controlled trial of a group intervention to reduce fear of falling and associated activity restriction in older adults. *J Gerontol B Psychol Sci* 53:384–392
83. Teri L, Gibbons LE, McCurry SM et al (2003) Exercise plus behavioral management in patients with Alzheimer disease – a randomized controlled trial. *JAMA* 290:2015–2022
84. Timonen L, Rantanen T, Timonen TE et al (2002) Effects of group-based exercise program on the mood state of frail older women after discharge from hospital. *Int J Geriatr Psychiatry* 17:1106–1111
85. Tinetti ME, Baker DJ, McAvay G et al (1994) A multifactorial intervention to reduce the risk of falling among elderly people living in the community. *N Engl J Med* 331:821–827
86. Tinetti ME, Richman D, Powell L (1990) Falls efficacy as a measure of fear of falling. *J Gerontol Psychol Sci* 45:P239–P243
87. Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF (1988) Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med* 319:1701–1707
88. Van de Winckel A, Feys H, De Weerd W et al (2004) Cognitive and behavioural effects of music-based exercises in patients with dementia. *Clin Rehabil* 18:253–260
89. Vellas BJ, Wayne SJ, Romero LJ et al (1997) Fear of falling and restriction of mobility in elderly fallers. *Age Ageing* 26:189–193
90. Visser M, Pluijm SMF, Stel VS et al (2002) Physical activity as a determinant of change in mobility performance: a longitudinal Aging Study Amsterdam. *J Am Geriatr Soc* 50:1774–1781
91. Wang C, Bannuru R, Kupelnick B et al (2010) Tai-Chi on psychological well-being: systematic review and meta-analysis. *BMC* 10:23
92. Wang C, Collet JP, Lau J (2004) The effect of Tai-Chi on health outcomes in patients with chronic conditions. *Arch Intern Med* 164:493–501
93. Weyerer S (1992) Physical inactivity and depression in the community: evidence from the upper Bavarian field study. *Int J Sports Med* 13:492–496
94. Williams CL, Tappen RM (2008) Exercise training for depressed older adults with Alzheimer's disease. *Aging Ment Health* 12:72–80
95. Wolf B, Feys H, Weerd W de et al (2001) Effect of a physical therapeutic intervention for balance problems in the elderly: a single-blind, randomized, controlled multicentre trial. *Clin Rehabil* 15:624–636
96. Wolf SL, Barnhart HX, Kutner NG et al (1996) Reducing frailty and falls in older persons: an investigation of Tai-Chi and computerized balance training. Atlanta FICSIT Group frailty and injuries: cooperative studies of intervention techniques. *J Am Geriatr Soc* 44:489–497
97. Yates SM, Dunnagan TA (2001) Evaluating the effectiveness of a home-based fall risk reduction program for rural community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 56:226–230
98. Zank S, Heidenblut S (2009) Versorgung von Depressionen im Alter. In: Adler G, Gutzmann H, Haupt M et al (Hrsg) Seelische Gesundheit und Lebensqualität im Alter. Depression – Demenz – Versorgung. Schriftreihe der Deutschen Gesellschaft für Gerontopsychiatrie- und psychotherapie e. V. Kohlhammer, Stuttgart, S 15–19
99. Zhang JG, Ishikawa-Takata K, Yamazaki H et al (2006) The effects of Tai-Chi chuan on physiological function and fear of falling in the less robust elderly: an intervention study for preventing falls. *Arch Gerontol Geriatr* 42:107–116
100. Zijlstra GA, van Haastregt JC, Ambergen T et al (2009) Effects of a multicomponent cognitive behavioural group intervention on fear of falling and activity avoidance in community-dwelling older adults: results of a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 57:2020–2028
101. Zijlstra GA, van Haastregt JC, Eijk JT van et al (2007) Prevalence and correlates of fear of falling, and associated avoidance of activity in the general population of community-living older people. *Age Ageing* 36:304–309

## *Schrift 2*

---

In: Therapie bei Demenz – Körperliches Training bei Menschen mit Demenz, Schriftreihe der Baden-Württemberg Stiftung gGmbH (Hrsg.), Stuttgart.

Juli 2014

S. 126-168

***Effekte eines körperlichen Trainings bei älteren Menschen und bei Menschen mit Demenz auf die Psyche.***

Autoren: Gogulla S., Lemke N., Hauer K.

© Baden-Württemberg Stiftung gGmbH 2000-2017

Der Originalartikel wurden mit Erlaubnis von der Baden-Württemberg Stiftung gGmbH in dieser Dissertationsschrift wiederverwendet.

Stiftung; Nr. 74

ISSN 1610-4269

ISBN 978-3-00-045762-3





**IV. EFFEKTE EINES KÖRPERLICHEN  
TRAININGS AUF DIE PSYCHE  
BEI ÄLTEREN MENSCHEN UND  
BEI MENSCHEN MIT DEMENZ**

# IV. EFFEKTE EINES KÖRPERLICHEN TRAININGS AUF DIE PSYCHE BEI ÄLTEREN MENSCHEN UND BEI MENSCHEN MIT DEMENZ

STEFANIE GOGULLA, NELE CHRISTIN LEMKE & KLAUS HAUER

## 1. EINLEITUNG

Der menschliche Alterungsprozess hängt häufig mit Verlusten und Veränderungen zusammen, welche die körperliche und die psychische Gesundheit negativ beeinflussen können. Ursächlich für die Entstehung psychischer Leiden im hohen Lebensalter können einerseits bestimmte Lebensereignisse (z.B. Tod des Ehepartners) oder veränderte Umweltfaktoren (z.B. Einweisung in ein Pflegeheim) sein. Andererseits sind für die Entstehung psychischer Erkrankungen im Alter auch Auslösefaktoren wie körperliche Veränderungen verantwortlich. Vor allem der Verlust motorischer Fähigkeiten, wie Einschränkungen in der Gehfähigkeit oder chronische Erkrankungen, reduzieren das psychische Wohlbefinden. Meistens geht damit die Angst vor dem Verlust der Selbstständigkeit einher. Bei der Entstehung psychischer Erkrankungen im Alter spielen zudem (neuro-) biologische und genetische Faktoren eine Rolle.

Psychische Erkrankungen im hohen Alter und bei Menschen mit Demenz kommen häufig vor: Rund ein Viertel der in Deutsch-

land lebenden über 65-jährigen Menschen leidet unter einer psychischen Erkrankung (Kuzma 2012). Zu den altersspezifischen psychischen Krankheitsbildern zählen insbesondere Demenzen (► **Beitrag I**), die auch mit psychischen und Verhaltenssymptomen, wie z.B. Apathie oder Agitiertheit, (► **Beitrag V**) assoziiert sind. Neben demenziellen Erkrankungen gehören auch Depressionen zu den im hohen Alter am häufigsten auftretenden psychischen Erkrankungen. Beide Erkrankungen treten häufig zusammen auf. Depressive und demenzielle Symptome können sich sogar gegenseitig verstärken (Zimmer & Förstl 2011). Behandlungsmaßnahmen gegen Depressionen sind daher auch für Menschen mit Demenz besonders relevant. Im Zusammenhang mit dem motorisch-funktionellen Abbauprozess und dem dadurch erhöhten Sturzrisiko gerade bei Menschen mit Demenz kommt auch der Sturzangst eine große Bedeutung zu. Daher wird neben den Depressionen im Alter und bei Demenz auch die Sturzangst in diesem Buchkapitel thematisiert.

Im Folgenden wird Depression sowie Sturzangst im Alter und bei Demenz näher beschrieben (Wie werden Sturzangst und Depressionen definiert und wie häufig kommen diese psychischen Veränderungen im Alter und bei Demenz vor?). Vor dem Hintergrund dieser Daten und Fakten werden mögliche Therapiestrategien und speziell die Bedeutung körperlichen Trainings als nicht-pharmakologische Präventions- bzw. Behandlungsmaßnahmen herausgestellt (Welche Therapien gibt es? Was spricht für ein körperliches Training?). Nachfolgend wird ausführlich auf den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und Depression sowie Sturzangst (Wie hängen sie zusammen? Was erklärt diesen Zusammenhang?) eingegangen. Danach werden etablierte Assessmentverfahren zur Erfassung depressiver Symptome und Sturzangst beschrieben. Anschließend folgt eine detaillierte Beschreibung randomisierter kontrollierter Studien, welche die Wirksamkeit verschiedener Trainingsprogramme auf Depression und Sturzangst untersucht haben (Welches Training zeigt die größten Effekte?). Zum Schluss werden sowohl ein Screeningstest zur Erfassung depressiver Symptome (GDS) und ein Verfahren zur Erhebung der sturzassoziierten Selbstwirksamkeit (FESI) vorgestellt als auch Empfehlungen und Hinweise für die Praxis gegeben.

## 2. DEFINITION, EPIDEMIOLOGIE UND ERFASSUNGSMETHODEN VON STURZANGST

### WAS IST STURZANGST?

Sturzangst im hohen Alter ist ein häufig vorkommendes und ernst zu nehmendes psychisches Problem, da die Angst vor einem Sturz gravierende Folgen auf die Mobilität

und damit auf die körperliche Leistungsfähigkeit haben kann (vgl. ► Abb. 1). Ungeachtet dessen existieren im Gegensatz zu definierten Angststörungen (z.B. Phobien oder Panikstörungen) für die Sturzangst bislang keine etablierten Diagnosekriterien nach ICD-10.

Legters (2002) gibt einen kurzen Überblick über häufig verwendete Definitionen: Tinetti und Powell (1993) bezeichnen Sturzangst als anhaltendes Bedenken zu stürzen, welches die Ausführung von Aktivitäten des täglichen Lebens einschränken kann (Tinetti & Powell 1993). Maki (1991) hingegen definiert Sturzangst als den Verlust des Selbstvertrauens einer Person in ihre eigene Gleichgewichtsfähigkeit (Maki 1991). Ein verwandtes, etwas weiter gefasstes Konzept bezeichnet Sturzangst als ein geringes Maß an sturzassoziierten Selbstwirksamkeit [geringe Überzeugung, selbst einen Sturz vermeiden zu können (► Kap. 4)] (Cumming 2000). Somit grenzt sich das Konzept der sturzassoziierten Selbstwirksamkeit über eine kognitive Komponente („Haben Sie Bedenken, eine Alltagsaktivität zu meistern?“) von der emotional fokussierten ursprünglichen Definition der Sturzangst („Haben Sie Angst zu stürzen?“) ab.

In den folgenden Kapiteln wird der Begriff „Sturzangst“ als Synonym zu den unterschiedlichen Konzepten und Definitionen genutzt, wenn dies im Kontext nicht spezifisch definiert ist.

Bei der Entstehung von Sturzangst sind verschiedene Ursachen und Entstehungsfaktoren denkbar. Sie kann aufgrund eines traumatischen Sturzereignisses entstehen.



Abb. 1: Möglicher Teufelskreis der Sturzangst als Resultat eines Sturzes (post-fall-Syndrom)

Daher galt Sturzangst lange als direkte Sturzfolge und wurde dementsprechend eines der wichtigsten Charakteristika des so genannten „post-fall-Syndroms“ (Murphy 1982) (► Abb. 1). Aus Angst zu stürzen kann es zu einer Vermeidung körperlicher Aktivitäten und Einbußen in der Lebensqualität kommen (Jorstadt 2005). Es entsteht ein Teufelskreis von Sturz, Verletzungen/Schmerzen, vermehrter Angst, erneut hinzufallen, Aktivitätsvermeidung, Reduktion der körperlichen Aktivität, Verlust körperlicher Leistung und Bewegungssicherheit und wiederum erhöhtem Sturzrisiko. Diese fatale Abwärtsspirale kann zu einer deutlich verringerten Autonomie und Lebensqualität führen (► Abb. 1).

Ein Sturz in der Vorgeschichte ist aber keine notwendige Bedingung für die Entstehung von Sturzangst. Epidemiologische Untersu-

chungen dokumentieren Sturzangst auch bei Personen, die in der Vorgeschichte keine Stürze angeben (Lawrence 1998; Myers 1996; Tinetti 1988). Als mögliche Ursache stehen hier psychische Einflussfaktoren wie Depressionen und neurotische Persönlichkeitsmuster (Benzinger 2011; Mann 2006; Painter 2012) im Vordergrund, die mit Sturzangst assoziiert sein und diese ebenfalls auslösen können.

Sturzangst kann neben den oben beschriebenen negativen auch positive Konsequenzen haben und gerechtfertigt sein, wenn ein objektivierbares Sturzrisiko vorliegt. Die Angst hinzufallen übernimmt dann eine protektive Funktion: Alltagsbewegungen werden aufmerksamer und sicherer ausgeführt (Delbaere 2004) oder es werden geeignete Hilfsmittel, wie z. B. Rollatoren, genutzt (► **Beitrag II**).

#### WIE HÄUFIG KOMMT STURZANGST VOR?

Prävalenzraten in der Gesamtpopulation zeigen eine hohe Varianz (20–85%) (Arfken 1994; Cumming 2000; Howland 1998). Der Grund dafür liegt meist in unterschiedlichen Erfassungsmethoden, erfassten unterschiedlichen Definitionen des Konstrukts Sturzangst (Verlust des Selbstvertrauens in Gleichgewichtsfähigkeit vs. sturzassoziierte Selbstwirksamkeit) und Auswahl der Studienpopulation.

Die Häufigkeit von Sturzangst liegt bei Frauen höher als bei Männern (Scheffer 2008). Ein erhöhtes Risiko für Sturzangst haben zum Beispiel auch Menschen mit anhaltendem Schwindel und einer subjektiv empfundenen schlechten Gesundheit (Lach 2005; Oh-Park 2011). Zudem liegt die Häufigkeit von Sturzangst bei älteren Menschen in

Pflegeheimen höher (Yardley 2005). Weitere Risikofaktoren für Sturzangst sind das Alter, Adipositas, Seheinschränkungen, Depressionen, Mobilitätseinschränkungen (gehen und Gleichgewicht) und das Einnehmen mehrerer Medikamente (Oh-Park 2011).

Bei gebrechlichen Menschen und bei Menschen, die in der Vorgeschichte Stürze angeben (post-fall-Syndrom), sind die Prävalenzraten für Sturzangst besonders hoch (Delbaere 2011). Allerdings ist auch hier die Varianz groß: Die Häufigkeit von Sturzangst bei über 60-Jährigen liegt hier zwischen 29% und 92% (Legters 2002). Bei Menschen (> 60 Jahre), die noch keine Sturzerfahrung gemacht haben, liegt die Prävalenzrate von Sturzangst zwischen 12% und 65% (Legters 2002).

Das Sturzrisiko bei Menschen mit Demenz liegt deutlich höher als bei gesunden älteren Menschen. Zwei Gründe, welche die höhere Sturzhäufigkeit bei Demenz erklären, sind die verminderte Aufmerksamkeitsleistung und reduzierte räumliche Wahrnehmung (Buchner & Larson 1987; Lord 2001). Obwohl Menschen mit Demenz häufiger stürzen, weisen sie ein geringeres Level an Sturzangst

auf als kognitiv nicht eingeschränkte Personen (Uemura 2011). Darüber hinaus schränken Alzheimer-Patienten ihre körperlichen Aktivitäten nach einem Sturz weniger ein, was auf eine geringe Sturzangst hindeutet (Fletcher 2004). Dies ist möglicherweise eine Folge von einer bei Demenz auftretenden falschen Sturzrisikoeinschätzung bei der Ausübung von Aktivitäten (Delbaere 2011). Es zeigt sich eine geringe Übereinstimmung von hohem objektiven Sturzrisiko und geringem subjektiv empfundenen Sturzrisiko.

#### WIE KANN MAN STURZANGST ERFASSEN?

Sturzangst kann auf ganz unterschiedliche Art und Weise definiert sein (siehe oben). Je nachdem, welches Konzept von Sturzangst (z. B. sturzassoziierte Selbstwirksamkeit vs. Bestimmung der Angst) erfasst werden soll, kommen unterschiedliche Erhebungsinstrumente in Frage. Ein Überblick über häufig angewendete Sturzangst-Erfassungsinstrumente ist in Tabelle 1 dargestellt und weiter unten kurz beschrieben.

Einer der international etabliertesten Tests ist die „Falls-Efficacy-Scale International“ oder kurz FESI (Yardley 2005). Dieses Instrument dient vor allem der Erfassung der sturz-

Erhebungsinstrument	untersuchte Population	erfasstes Konstrukt/Konzept
Falls-Efficacy-Scale International (FESI) (Yardley 2005)	Allgemeinheit/Patienten mit und ohne Demenz	sturzassoziierte Selbstwirksamkeit
Activities-Specific-Balance-Confidence-Scale (ABC) (Powell & Myers 1995)	Allgemeinheit/Patienten	Vertrauen in die Gleichgewichtsfähigkeit
Survey of Activities and Fear of Falling in the Elderly (SAFE) (Lachmann 1998)	Allgemeinheit	Sturzangst

Tab. 1: Etablierte Erfassungsinstrumente zur Sturzangst

assoziierten Selbstwirksamkeit bei älteren Menschen. Einer Person werden beim FESI unterschiedliche Aktivitäten des täglichen Lebens vorgegeben. Es soll anhand einer Skala bewertet werden, wie groß die Bedenken sind, bei den jeweiligen Aktivitäten, wie z. B. Ankleiden oder Treppensteigen, zu stürzen.

Der FESI hat eine herausragende prädiktive Validität für zukünftige Stürze und Reduktion motorisch-funktioneller Fähigkeiten (je höher der Testwert, desto größer das Risiko für Stürze und den motorisch-funktionellen Abbau). Zudem ist dieser Fragebogen für Menschen mit Demenz validiert (Hauer 2010). Sowohl für Menschen mit als auch ohne kognitive Einschränkung ist der FESI sehr veränderungssensitiv und damit für den Einsatz in Interventionsstudien geeignet.

Die deutsche Version des FESI (Dias 2006) ist auch als Kurzversion (nach Kempen 2008) anwendbar. Diese wird am Ende des Beitrags ausführlich beschrieben (► Abb. 10).

Im Gegensatz zum FESI, der die Bedenken einer Person hinsichtlich des Sturzrisikos bei Alltagsaktivitäten erfasst, erhebt die „Activities-Specific-Balance-Confidence-Scale“ oder kurz ABC-Skala (Powell & Myers 1995) die Wahrscheinlichkeit, das Gleichgewicht in gefährlichen Situationen nicht zu verlieren. Die ABC-Skala ist ebenso wie der FESI reliabel und valide.

Den Zusammenhang zwischen Sturzangst und auftretenden Problemen bei der Ausführung von Aktivitäten (Aktivitäten des täglichen Lebens, außerhäusliche Aktivitäten, soziale Aktivitäten) erfasst der „Survey of Activities and Fear of Falling in the Elderly“

(SAFE) (Lachman 1998). Eine Person gibt an, welche bestimmte Aktivitäten sie noch ausführt und welche nicht. Bei den Aktivitäten, welche die Person nicht ausführt, wird die Sturzangst ermittelt. Der SAFE-Fragebogen weist eine gute Reliabilität und Validität auf (Lachmann 1998).

### 3. DEFINITION, EPIDEMIOLOGIE UND ERFASSUNGSMETHODEN VON DEPRESSIONEN

#### WAS SIND DEPRESSIONEN?

Eine der häufigsten psychischen Leiden im hohen Lebensalter ist die Depression. Sie gehört zu den affektiven Störungsbildern. Depressionen sind durch eine Veränderung der Stimmungslage, Freudlosigkeit, emotionale Leere und Interessensverlust charakterisiert. Zusätzlich können körperlich-vegetative (z.B. Schlafstörungen) und kognitive Symptome (verminderte Konzentrationsfähigkeit) auftreten. Zudem zählen negative Denkmuster (z. B. das Gefühl der Wertlosigkeit oder Suizidgedanken) zu den Symptomen der Depression. Es ist wichtig zu unterscheiden, ob depressive Symptome als einzelnes Ereignis (einzelne depressive Episode) oder wiederkehrend auftreten (depressive Störung bzw. Major-Depression). Die wichtigsten Symptome und die Diagnosekriterien für eine depressive Episode nach ICD-10 (Ebert 2008) sind in der folgenden Tabelle (► Tab. 2) dargestellt. Wenn depressive Symptome auftreten, muss es sich nicht zwangsläufig um eine klinisch relevante Depression handeln. Sie können auch als Folge bestimmter Lebensereignisse nur kurzzeitig und in geringerem Ausmaß auftreten. Häufig ist die Unterscheidung zwischen klinisch relevanter Depression und vorübergehenden depressiven Symptomen schwierig.

Diagnosekriterien nach ICD-10	
2 oder 3 Hauptsymptome und 2 bis 4 Begleitsymptome für mindestens 2 Wochen	
Hauptsymptome	Begleitsymptome
gedrückte Stimmung Freudlosigkeit Antriebsstörung	Konzentrationsschwäche vermindertes Selbstwertgefühl Schuldgefühle Suizidgedanken Schlafstörungen Appetitminderung

Tab. 2: Haupt- und Begleitsymptome sowie Diagnosekriterien der Depression nach ICD-10 (Ebert 2008)

Eine ärztliche Abklärung ist daher immer ratsam.

Depressionen im hohen Alter zeigen sich nicht anders als im jüngeren Lebensalter. Allerdings ist die Diagnosestellung bei älteren Menschen erschwert und erhöht somit das Risiko einer Chronifizierung, da häufig gleichzeitig vorhandene körperliche Erkrankungen und kognitive Auffälligkeiten (Pseudodemenz) das klinische Bild bestimmen können (Kuzma 2012).

Häufig treten Depressionen gleichzeitig mit Angststörungen, Schlafstörungen, somatoformen Störungen und Demenzen auf

(Komorbidität). Einerseits können Depressionen als Folge einer Erkrankung auftreten. Andererseits können sie auch ein Prädiktor für ein erhöhtes Morbiditätsrisiko, insbesondere für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, sein (Rugulies 2002). Auch die im Alter häufig auftretenden subdiagnostischen Depressionen (depressive Symptome mit Beeinträchtigung des psychosozialen Funktionsniveaus, ohne dass die Diagnosekriterien einer depressiven Störung nach ICD-10 erfüllt sind) erhöhen das Risiko für spätere Erkrankungen (Zank & Heidenblut 2009). Aufgrund des erhöhten Morbiditätsrisikos bzw. der hohen Komorbiditätsrate besteht

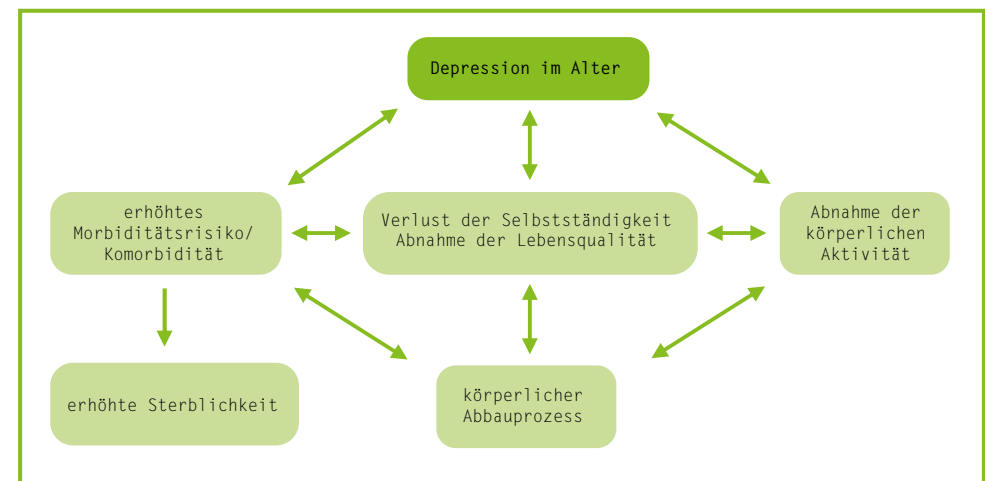


Abb. 2: Komplexe Zusammenhänge zwischen Depression und den Folgen

gegenüber nicht depressiven Menschen eine erhöhte Mortalität (Kuzma 2012; Patten 2011). Neben Morbidität und Mortalität haben Depressionen im Alter auch direkte Auswirkungen auf die Alltagsgestaltung. Häufig kommt es zu einem Antriebsmangel sowie zur Abnahme der körperlichen Aktivität und damit einhergehend zu körperlichen Abbauprozessen wie z. B. Muskelabbau. Dies kann zum Verlust der Selbstständigkeit führen und damit die Lebensqualität einschränken. Gleichzeitig erhöhen die körperlichen Veränderungen aber erneut das Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko und verstärken somit auch die depressive Stimmung (▶ Abb. 2).

Zu den auslösenden Faktoren zählen gerade im hohen Alter Verluste Erfahrungen wie etwa der Wegfall beruflicher Rollen oder der Verlust nahestehender Personen. Neben chronischen Erkrankungen zählen auch depressive Störungen in der Vorgeschichte und Demenzen zu den Auslösefaktoren für Depressionen im Alter (Kuzma 2012). Im folgenden Kapitel wird näher auf das Zusammenwirken von Depressionen und Demenz eingegangen.

Generell haben Depressionen eine multifaktorielle Ätiologie: Nicht nur die beschriebenen äußeren (Auslöse-) Faktoren, wie zum Beispiel kritische Lebensereignisse oder psychosoziale Faktoren wie Stress, sondern auch familiäre Dispositionen (Gene) können das Depressionsrisiko erhöhen. Zudem können bei der Entstehung von Depression auch Störungen in der Neurotransmission der Botenstoffe Noradrenalin und Serotonin eine Rolle spielen. An dieser Stelle wird nicht vertiefend auf die komplexe Pathogenese der Depression eingegangen, da dies den Rahmen des Kapitels sprengen würde. Für eine

detaillierte Beschreibung der unterschiedlichen und meist miteinander interagierenden neurobiologischen, psychologischen und psycho-sozialen Prozesse wird hier auf Laux (2011) verwiesen.

### DEPRESSIONEN UND DEMENZEN

Depressionen im hohen Lebensalter und eine beginnende Demenz sind häufig sehr schwer zu unterscheiden. Gerade im hohen Lebensalter können sich einige im Folgenden aufgeführte Symptome, die sowohl bei einer Demenz als auch bei einer Depressionen auftreten können, überschneiden (aus Hampel & Pantel 2011):

- ▶ Abnahme der Leistungsfähigkeit und zunehmende Müdigkeit
- ▶ Agitation, psychomotorische Verlangsamung
- ▶ Einschränkung der Konzentrations- und Auffassungsfähigkeit
- ▶ Verlangsamung des Denkens
- ▶ örtliche und zeitliche Orientierungsstörungen/Beeinträchtigung des Sozialverhaltens
- ▶ Einschränkung der Kritik- und Urteilsfähigkeit

Wissenschaftliche Untersuchungen konnten zeigen, dass depressive Menschen ein um das zweifach erhöhte Risiko aufweisen, an einer Demenz zu erkranken als nicht-depressive Personen (Laux 2011). Eine Demenz kann im frühen Stadium aber auch eine depressive Symptomatik auslösen („demenzinduzierte Depression“, Zimmer & Förstl 2001). Patienten im frühen Stadium können den Verlauf der demenziellen Erkrankung noch bewusst wahrnehmen und reagieren schließlich auf dieses „Selbst-

Merkmal	Alzheimer-Demenz	Depression
Schwere des kognitiven Defizits	alle Schweregrade (leicht bis schwer)	leicht
Beginn	schleichend	plötzlich
Dauer	über 6 Monate	unter 6 Monaten
Beschwerdeschilderung	bagatellisierend	aggravierend
Affektive Befundschwankung	ausgeprägt	gering
Befindlichkeitsverlauf	Leistungstief am Abend	Stimmungstief am Morgen
Orientierungsstörung	ja, anfangs aber nicht	nein
Alltagskompetenz	eingeschränkt	erhalten
Sprachstörung, Einschränkung der Visuokonstruktion	ja	nein

Tab. 3: Differenzialdiagnose Demenz-Depression aus Laux 2011

bewusst werden des Krankheitsverlaufes“ (Hampel & Pantel 2011) mit depressiven Symptomen. Die Depression stellt dann eine Begleitsymptomatik der Demenz dar, die im weiteren Verlauf der Erkrankung allerdings wieder abnimmt, weil die Reflexionsfähigkeit bei Menschen mit Demenz nachlässt. Die Depression stellt dann eine Begleitsymptomatik im Sinne einer Bewältigungs- bzw. Copingstrategie der Demenz dar. Copingstrategien bezeichnen allgemein den Umgang einer Person mit einer belastenden Situation wie etwa einer chronischen Erkrankung. Darüber hinaus können kognitive Symptome, wie Aufmerksamkeitseinschränkungen und Defizite in Gedächtnisfunktionen sowie in visuell-räumlichen Fähigkeiten, im Rahmen einer depressiven Störung auftreten. Derartige „depressionsinduzierte kognitive Störungen“ (Zimmer & Förstl 2011) werden auch als depressive Pseudodemenz bezeichnet. Depressionen im hohen Lebensalter gehen oft mit diesen kognitiven Störungen einher, wobei die Ausprägung der kognitiven Symptome auch abhängig von der Schwere und Art der depressiven Erkrankung ist. So weisen z. B. Menschen, die unter einer Major-Depression leiden, häufiger kognitive Symptome auf (Gunzelmann &

Oswald 2005). Daher ist eine Differenzialdiagnostik zu einer beginnenden demenziellen Erkrankung schwierig. Tabelle 3 liefert einen Überblick über bestimmte Merkmale zur Abgrenzung von der Alzheimer-Demenz mit depressiven Auffälligkeiten und der Depression mit kognitiven Symptomen (aus Laux 2011).

### EPIDEMIOLOGIE:

#### WIE HÄUFIG TRETEN DEPRESSIONEN AUF?

Die Prävalenz von Depressionen ist nicht altersabhängig, d. h. im hohen Alter treten sie genauso häufig auf wie bei jüngeren Menschen (Zank & Heidenblut 2009). Die Berliner Altersstudie (Linden 1998) berichtet für über 70-Jährige eine Gesamtprävalenz von 9,1%. Die Prävalenzraten der Major-Depression (schwere phasenhafte depressive Symptomatik) liegen für ältere Menschen zwischen 1 und 7% (Gunzelmann & Oswald 2005). Der Anteil von subdiagnostischen Depressionen unter den über 70-Jährigen liegt laut Berliner Altersstudie bei 27%. Frauen leiden im Laufe ihres Lebens generell häufiger an Depressionen (26%) als Männer (12%) (Gunzelmann & Oswald 2005).

Bei über 75-Jährigen Menschen, die an einer chronischen Erkrankung leiden, nimmt die Prävalenzrate der Depressionen bei über 75-Jährigen bis auf rund 40 % zu (Wernicke 1997). Knapp ein Drittel (33 %) aller älteren Krankenhauspatienten weist depressive Symptome auf (Gunzelmann & Oswald 2005).

Anteilig leiden ca. 40 bis 50 % der Personen mit beginnender Demenz unter einem depressiven Syndrom (Ebert 2008). Bei Depressionen können aber auch kognitive Auffälligkeiten auftreten (z.B. Konzentrations- und Aufmerksamkeitsdefizite), wobei die Ausprägung der kognitiven Symptome auch abhängig von der Schwere und Art der depressiven Erkrankung ist. So weisen z.B. Menschen, die unter einer Major-Depression leiden, häufiger kognitive Symptome auf (Gunzelmann & Oswald 2005).

Die Häufigkeit von Depressionen in Pflegeheimen beträgt ca. 15 bis 25 %. Viele Pflegeheimbewohner werden allerdings hinsichtlich depressiver Symptome nicht untersucht (mangelhaftes Assessment) oder äußern

eher körperliche als seelische Beschwerden (Gunzelmann & Oswald 2005).

**WIE KANN MAN DEPRESSIVE SYMPTOME ERFASSEN?**

Die Diagnostik einer Depression erfordert eine umfangreiche, fachärztliche Untersuchung und ist an feste klinische Diagnosekriterien gebunden (► Tab. 2). Screeningtests können erste Hinweise zum Vorliegen einer depressiven Symptomatik liefern, die aber immer ärztlich und psychologisch abzuklären sind. Es gibt zahlreiche (interviewgestützte) Selbst- und Fremdbeurteilungsbögen für ältere Menschen, die depressive Symptome erfassen können. In folgender Tabelle wird ein kurzer Überblick über häufig verwendete Tests gegeben (► Tab. 4).

Um den Schweregrad depressiver Symptome erfassen zu können, wird im klinischen Bereich häufig das Beck-Depressions-Inventar (BDI; Beck 1961) verwendet. Insgesamt beinhaltet dieser Fragebogen 21 Kategorien (z.B. traurige Stimmung, Schuldgefühle, Schlafstörungen, Reizbarkeit usw.). Zu jeder Kategorie werden dem Patienten vier Antwortmöglichkeiten (nach Schweregrad) vor-

gelegt (z.B. für die Kategorie „traurige Stimmung“: „0 = Ich bin nicht traurig“ bis „3 = Ich bin so traurig, dass ich es kaum ertrage“). Insgesamt können 63 Punkte erreicht werden. Mindestens 14 Punkte geben einen Hinweis auf eine Depression. Der BDI erfüllt wichtige Gütekriterien wie Reliabilität, Validität und Veränderungssensitivität (Beck 1988; Hautzinger 1991).

Im Vergleich zum Beck-Depressions-Inventar erfasst die Cornell Depressionsskala (CDS) (Alexopoulos 1988; Herrmann 1995) depressive Symptome bei Menschen mit Demenz. Sie erhebt sowohl Stimmungsauffälligkeiten (z.B. Angst oder Trauer), Verhaltensauffälligkeiten (z.B. Verlangsamung oder Unruhe), körperliche Auffälligkeiten (z.B. Appetitverlust), Störungen des biologischen Rhythmus (z.B. frühes Erwachen oder Stimmungsschwankungen) und Auffälligkeiten bezüglich der Lebenseinstellung (Suizidvorstellungen, Pessimismus, Wahnideen etc.). Insgesamt beinhaltet diese Skala 19 Items. Erfasst wird, ob die aufgeführten Symptome nicht einschätzbar sind („a“), nicht vorhanden sind („o“), geringfügig oder zeitweise vorhanden sind („1“), oder schwer und deutlich ausgeprägt sind („2“). Insgesamt können 38 Punkte erreicht werden. Ein Gesamtpunktwert von 8 Punkten deutet auf eine Depression bei Demenz hin und sollte weiter abgeklärt werden. Die Cornell Depressionsskala ist reliabel (Inter-Rater Reliabilität) und valide (Herrmann 1995).

Die Hamilton Depressionsskala (HAMD) (Hamilton 1960) dient der Erfassung des Schweregrads depressiver Symptome bei älteren Menschen. Mittels 21 Items werden sowohl depressive Symptome als auch

andere mit Depressionen einhergehende Verhaltensauffälligkeiten und Symptome erfasst (z.B. Suizidalität, Gewichtsverlust, Angst oder Schlaf-Wach-Rhythmusstörungen). Es gibt aber auch Versionen, die mehr oder weniger Items beinhalten. In der ursprünglichen Version gibt es für jedes der 21 Items mehrere Schweregradabstufungen, für die Punkte vergeben werden (0–2 Punkte, oder 0–4 Punkte). Maximal sind 66 Punkte zu erreichen. Je höher der Punktwert, desto schwerer die Depression (0–9 = keine Depression, 10–20 = Hinweis auf leichte Depression, 21–30 = Hinweis auf mittelschwere Depression, >30 = Hinweis auf schwere Depression).

Die Allgemeine Depressionsskala (ADS) (Hautzinger & Bailer 1993) dient der Feststellung depressiver Symptome im nicht-klinischen Bereich (Allgemeinbevölkerung). Hier werden mittels 20 oder 15 Items depressive Symptome, wie Unruhe, Konzentrationsauffälligkeiten, Traurigkeit usw., erfasst (z.B. „in der letzten Woche war ich niedergeschlagen“). Für jedes Item gibt es vier Antwortmöglichkeiten (0 = selten/überhaupt nicht bis 3 = meistens/die ganze Zeit). Liegt der Gesamtwert bei mindestens 23 Punkten, liegt ein Hinweis auf eine depressive Störung vor.

Eine der einfachsten und sehr etablierten Screeningtests ist die Geriatrische Depressionsskala (GDS) (Yesavage 1983). Die Skala zur Selbstbeurteilung depressiver Verstimmungen ist an ältere Menschen angepasst worden. Sie erfasst anhand unterschiedlicher Fragen, die mit „ja“ oder „nein“ beantwortet werden, verschiedene depressive Symptome. Eine Depression ist laut GDS

Erhebungsverfahren	untersuchte Population	erfasstes Konstrukt/Konzept
Beck-Depressions-Inventar (BDI) (Beck 1961)	ältere Patienten	schwere depressive Symptome im klinischen Bereich durch Selbstbeurteilung
Cornell Depressionsskala (CDS) (Alexopoulos 1988; dt. Version: Herrmann 1995)	ältere Menschen mit Demenz	depressive Symptomatik bei Demenz durch Fremdbeurteilung
Hamilton Depressionsskala (HAMD) (Hamilton 1960)	ältere Menschen	depressive Symptomatik im Alter durch Fremdbeurteilung
Allgemeine Depressionsskala (ADS) (Hautzinger & Bailer 1993)	Allgemeinbevölkerung	depressive Symptome durch Selbstbeurteilung
Geriatrische Depressionsskala (GDS) (Yesavage 1983)	geriatrische Patienten mit und ohne Demenz	depressive Symptome im Alter durch interviewgestützte Selbstbeurteilung

Tab. 4: Mögliche Erfassungsinstrumente von Depression

umso wahrscheinlicher, je höher der Punktwert (1–30 Punkte) liegt. Es wurde auch eine Kurzversion des GDS mit 15 Fragen entwickelt. Erreicht hier eine Person mehr als 5 Punkte, ist dies ein Hinweis auf eine leichte bis mittelschwere depressive Störung. Die Geriatriische Depressionsskala unterscheidet zuverlässig depressive von nicht depressiven Personen und stimmt mit Ergebnissen, die mittels Fremdbeurteilung erhoben wurden, gut überein (Gunzelmann & Oswald 2005). Sowohl die Lang- als auch die Kurzversion des GDS sind für ältere Menschen valide und reliabel. Die Kurzversion des GDS kann auch bei älteren Menschen mit beginnender bis moderater Demenz angewendet werden (Lach 2010; Lucas-Carrasco 2012).

#### 4. DER EINSATZ KÖRPERLICHEN TRAININGS IM ALTER UND BEI DEMENZ GEGEN STURZANGST UND DEPRESSIONEN

Im folgenden Abschnitt werden kurz mögliche Therapieformen bei psychischen Erkrankungen vorgestellt und anschließend die besondere Relevanz eines körperlichen Trainings herausgestellt. Zudem werden Ergebnisse wissenschaftlicher Arbeiten beschrieben,

welche die Wirksamkeit körperlichen Trainings auf Sturzangst und Depression untersucht haben.

#### WARUM IST GERADE EIN KÖRPERLICHES TRAINING IM ALTER UND BEI DEMENZ GEGEN STURZANGST UND DEPRESSIONEN BESONDERS SINNVOLL?

Präventions- bzw. Interventionsmaßnahmen bezüglich Depressionen und Ängsten im Alter sollten sich nicht nur auf die direkte Linderung des psychischen Leidens fokussieren. Ein weiterer wichtiger Bestandteil ist das Verarbeiten der auslösenden Faktoren, zum Beispiel die Bewältigung von Krisen oder kritischen Lebensereignissen. Allgemein umfasst die Behandlung psychischer Erkrankungen bei älteren Menschen ein breites Spektrum von Therapiemaßnahmen. Ein kurzer Überblick über die wichtigsten Behandlungsmaßnahmen ist im Folgenden (► Tab. 5) dargestellt.

In den letzten Jahren ist eine große Anzahl wissenschaftlicher Untersuchungen zu positiven Effekten körperlichen Trainings publiziert worden, die Eingang in Therapieempfehlungen internationaler Fachgesellschaften gefunden haben (z.B. American

Die wichtigsten Behandlungsmöglichkeiten psychischer Erkrankungen	Beispiele
psychotherapeutische Behandlung Lindert Verhaltensstörungen bzw. Symptome durch den Einsatz psychologischer Kommunikationsstrategien	<ul style="list-style-type: none"> <li>► Verhaltenstherapie, z.B. bei Demenz</li> <li>► Gruppenpsychotherapie, z.B. bei Depressionen</li> </ul>
sozialpsychiatrische Behandlungsmethoden Beziehen sich immer auf das soziale Umfeld (Integration in das soziale Umfeld/ Kontakte verstärken)	<ul style="list-style-type: none"> <li>► Beschäftigungstherapie (Ergotherapie)</li> <li>► Bewegungstherapie (körperliches Training), z.B. bei Depressionen</li> </ul>
somatisch-biologische Therapien Wirken direkt auf das Gehirn bzw. auf die Gehirnprozesse ein	<ul style="list-style-type: none"> <li>► Pharmakologische Therapien, z.B. Antidepressiva bei Depressionen</li> <li>► Lichttherapie bei Depressionen</li> <li>► Schlafentzug bei Depressionen</li> </ul>

Tab. 5: Wichtige Behandlungsmöglichkeiten bei psychischen Erkrankungen (nach Ebert 2008)

#### 1. Ein körperliches Training bei Demenz wirkt auf mehreren Ebenen

Da ältere Menschen und Menschen mit Demenz mit psychischen Leiden, wie Depressionen oder Sturzangst, nicht nur seelisch, sondern auch körperlich in hohem Maße betroffen sind, liegt es nahe, dass diese von einem körperlichen Training profitieren können (Denkinger 2012; Eggermont & Scherder 2006). Bewegungsprogramme haben den Vorteil, dass sie sowohl die alltagsrelevanten motorisch-funktionellen Fähigkeiten erhalten oder verbessern als auch indirekt durch multiple Wirkmechanismen das subjektive Wohlbefinden bzw. die psychische Gesundheit fördern und steigern können. Es gibt zahlreiche hochwertige wissenschaftliche Arbeiten, die positive Effekte eines körperlichen Trainings auf die Psyche belegen.

#### 2. Körperliches Training ist eine wichtige Ergänzung zur medikamentösen Therapie

Eine medikamentöse antidepressive Therapie bei Menschen mit Demenz ist wirksam und wird empfohlen. Im Rahmen einer Therapie mit Antidepressiva können bei älteren Menschen jedoch unerwünschte Nebenwirkungen, wie Übelkeit, Erbrechen, Herzrhythmusstörungen oder Kopfschmerzen (Laux 2009) auftreten. Ein antidepressiver Therapieansatz bei älteren Menschen und Menschen mit Demenz sollte daher immer mehrere Behandlungsstrategien miteinander kombinieren, um den größtmöglichen Erfolg erzielen zu können. Ein körperliches Training ist unter den ergänzenden nicht-medikamentösen Therapieansätzen (z.B. Soziotherapie oder Verhaltenstherapie) bei Menschen mit Demenz derzeit am besten wissenschaftlich untersucht.

Abb. 3: Zwei Argumente, die für ein körperliches Training sprechen

College of Sports Medicine 2005). Die zunehmende Bedeutung von Bewegungsprogrammen in Forschung und Praxis begründet sich aus zwei Argumenten (► Abb. 3), die für ein körperliches Training gerade bei Menschen mit Demenz sprechen, um insbesondere Depressionen und Ängste zu verringern.

#### ZUSAMMENHANG VON STURZANGST UND BEWEGUNG

##### KÖNNEN SICH STURZANGST UND KÖRPERLICHE AKTIVITÄT GEGENSEITIG BEEINFLUSSEN?

Sturzangst und körperliche Aktivität stehen in gegenseitiger Wechselwirkung: Die Sturzangst hat einen negativen Einfluss auf körperliche Aktivitäten. Die Angst vor einem Sturz bei Alltagsbewegungen ist häufig so groß, dass es zu der Verminderung körperlicher Aktivitäten bis hin zu einer Aktivitätsvermeidung kommt (Deshpande 2008).

Es fehlen epidemiologische Studien, welche den Einfluss von körperlicher Aktivität

auf die Sturzangst im Alter untersuchen. In Bezug auf Stürze konnte aber gezeigt werden, dass ein höheres Aktivitätsniveau das Sturzrisiko deutlich verringern kann (Gillespie 2003; Gregg 2000). Der Grund dafür liegt in einem verbesserten motorisch-funktionellen Status. So konnte nachgewiesen werden, dass ein gezieltes körperliches Training signifikant positive Effekte auf funktionelle Leistungen (Hauer 2001) und auf die Maximalkraft (Fiatarone 1994; Hauer 2001) hat. Da Stürze und Sturzangst in engem Zusammenhang stehen (Friedman 2002), liegt es nahe, dass körperliche Aktivität aufgrund der Reduktion des Sturzrisikos (Gillespie 2003; Gregg 2000) die Sturzangst verringert. Hauer (2001) konnte zeigen, dass das Training von Kraft und Gleichgewicht nicht nur die motorisch-funktionellen Leistungen verbessert, sondern auch die Sturzangst verringern kann.

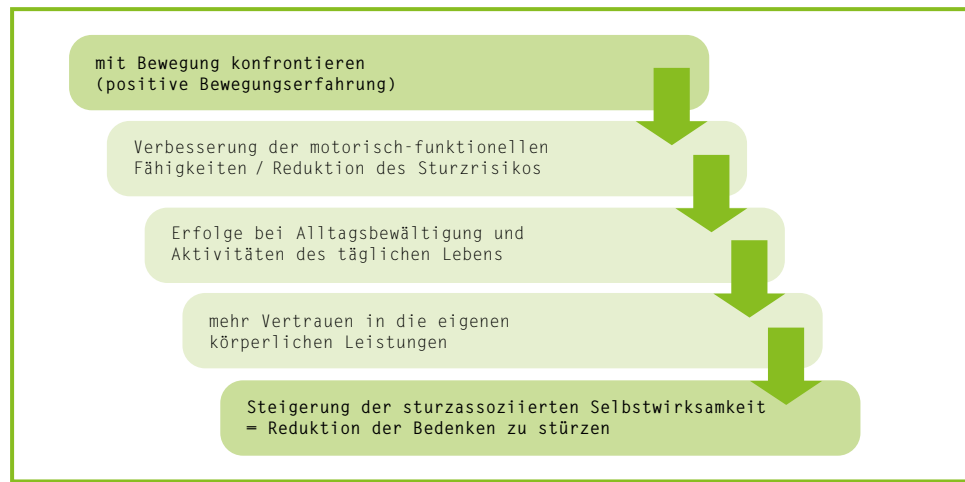


Abb. 4: Darstellung der Wirksamkeit eines körperlichen Trainings auf die sturzassoziierte Selbstwirksamkeit

#### WIE IST DER POSITIVE EINFLUSS VON KÖRPERLICHER AKTIVITÄT ODER KÖRPERLICHEM TRAINING ZU ERKLÄREN?

Warum körperliches Training auf die Sturzangst einen so positiven Einfluss hat, lässt sich erklären, wenn man die Sturzangst nicht als emotionalen Zustand definiert, sondern als kognitiven Prozess und damit als Konzept der sturzassoziierten Selbstwirksamkeit (► Definitionen der Sturzangst Kap. 2). Das Konzept der Selbstwirksamkeit im Allgemeinen bezeichnet die subjektive Einschätzung der eigenen Fähigkeiten, bestimmte Herausforderungen zu meistern (nach Bandura 1994). Das Konstrukt der sturzassoziierten Selbstwirksamkeit beschreibt die individuelle Überzeugung davon, in der Lage zu sein, Aktivitäten des täglichen Lebens durchzuführen, ohne zu stürzen oder die Balance zu verlieren (Li 2005a; Tinetti 1990). Eine Person mit geringer sturzassoziierte Selbstwirksamkeitserwartung hat dementsprechend Bedenken zu stürzen, da sie nur wenig Vertrauen in ihre eigenen

Fähigkeiten (z.B. gehen) hat. Eine geringe sturzassoziierte Selbstwirksamkeit führt häufig zu einer Verringerung körperlicher Aktivitäten. Erwartungsgemäß führt die Aktivitätsvermeidung und damit einhergehend die Reduktion motorisch-funktioneller Leistungen (z.B. Muskelabbau) wiederum zu einer Abnahme der Selbstwirksamkeit. Eine zunehmend geringe Selbstwirksamkeitserwartung erhöht dann erneut das Bedenken zu stürzen. Der Teufelskreis schließt sich.

Die sturzassoziierte Selbstwirksamkeitserwartung hängt mit der körperlichen Leistungsfähigkeit im Alter zusammen (Tinetti 1994). In Abbildung 4 wird dargestellt, dass ein körperliches Training eine deutliche Verbesserung dieser sturzassoziierten Selbstwirksamkeitserwartung bewirken kann. Ein möglicher erklärender Mechanismus ist die positive Bewegungserfahrung, die mit einem körperlichen Training einhergeht: Durch das Training verbessern sich die motorisch-funktionellen Leistungen und

das Sturzrisiko wird reduziert. Dies nimmt die Person subjektiv wahr, was dazu führt, dass sie sich bei der Ausführung von Aktivitäten sicherer fühlt und dadurch vermehrt Erfolge bei der Alltagsbewältigung erfährt (McAuley 1991). Die Person gewinnt mehr Vertrauen in die eigenen körperlichen Leistungen, was letztendlich zu einer Zunahme der sturzassoziierten Selbstwirksamkeitserwartung bzw. zu einer Abnahme der Bedenken zu stürzen führt.

#### WELCHE SPEZIELLEN TRAININGSFORMEN SIND BEI ÄLTEREN MENSCHEN OHNE DEMENZ EFFEKTIV GEGEN STURZANGST?

Tai Chi konnte in einigen wissenschaftlichen Arbeiten die Sturzangst bei älteren, selbstständig lebenden Menschen signifikant reduzieren (Li 2005; Zhang 2006). Erklärende Mechanismen für die positiven Effekte sind die physiologischen und psychologischen Auswirkungen durch die geistigen und motorischen Anforderungen beim Tai Chi (Wang 2004).

Ein reines Balancetraining zur Sturzangstreduktion bei älteren Menschen zeigte nur sehr begrenzte Wirkung. Nur eine Arbeit konnte bei Personen mit Sturzangst oder bei Personen, die einen Sturz erfahren haben, die Verringerung der Sturzangst belegen (Halvarsson 2011). Ein Gleichgewichtstraining gilt als eine effektive Trainingsmethode zur Vermeidung von Stürzen im Alter (Gillespie 2003). Da Stürze und Sturzangst in einer wechselseitigen Beziehung stehen (Friedman 2002), überrascht es einerseits, dass diese Trainingsmethode in Bezug auf Sturzangst zu keinen positiven Effekten führte. Andererseits gibt dieses Ergebnis einen Hinweis darauf, dass im Gegensatz zu eindimen-

sionalen Trainingsformen eher kombinierte oder multimodale Ansätze notwendig sind, um die Sturzangst im Alter zu reduzieren.

#### IST EINE KOMBINATION AUS UNTERSCHIEDLICHEN TRAININGSFORMEN EFFEKTIV?

Eine Kombination aus unterschiedlichen Trainingsformen zur Verringerung von Sturzangst im Alter ist sehr wirksam. Zu diesem Ergebnis kamen einige wissenschaftliche Studien: So führt sowohl ein kombiniertes Kraft- und Gleichgewichtstraining gegenüber einer herkömmlichen Pflege und sozialen Besuchen (Campbell 1997), als auch ein aus Kraft-, Ausdauer (Gehtraining) und Gleichgewichtsübungen kombiniertes Training (Robertson 2001) zu einer signifikanten Sturzangstreduktion. Auch sehr umfassende Trainingsprogramme, wie eine Kombination aus Kraft-, Ausdauer und Balancetraining mit Musikbegleitung sind effektiv (Barnett 2003).

#### WIE EFFEKTIV IST EIN KÖRPERLICHES TRAINING GEGEN STURZANGST IN KOMBINATION MIT PSYCHOTHERAPEUTISCHEN VERFAHREN?

Bei multifaktoriellen Interventionen werden unterschiedliche körperliche Trainingsprogramme mit anderen Interventionsmaßnahmen, wie z.B. mit psychologischen Therapieformen oder auch sozialen Maßnahmen, kombiniert. Multifaktorielle Ansätze, die mehrere Quellen der Sturzangst berücksichtigen (Brouwer 2003; Lawrence 1998; Tinetti 1994) bzw. auf eine gleichzeitige Reduktion mehrerer Risikofaktoren ausgelegt sind, sind effektiver als Ansätze, die sich auf nur einen Faktor fokussieren (Sjösten 2008). Die Effektivität dieser multifaktoriellen Therapieprogramme bei Sturzangst im Alter lässt sich durch die multifaktorielle Ätiologie der Sturzangst (Neurotizismus, man-



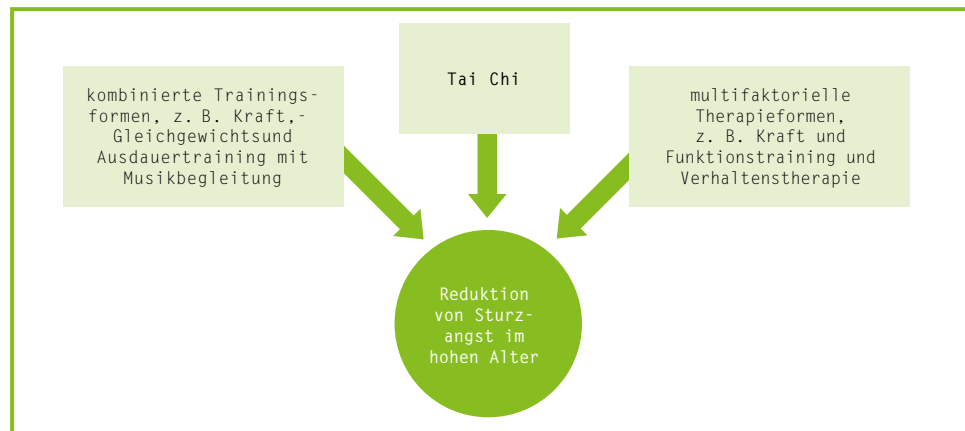


Abb. 5: Wirksame Trainingsformen gegen Sturzangst bei älteren Menschen ohne Demenz

gelnde Selbstwirksamkeit, Sturzerfahrung) erklären, welche die Anwendung unterschiedlicher Interventionsansätze erlaubt.

Tennstedt (1998) konnte in einer Studie zeigen, dass ein intensives Krafttraining kombiniert mit verhaltenstherapeutischen Interventionsmaßnahmen (z.B. Gruppendiskussionen, Problemlösestrategien) im Vergleich zu Sitzungen, welche lediglich Informationen zur Sturzprävention im Alter gegeben haben, positiv auf die Sturzangst wirkt. Auch Zijlstra (2009) kam zu ähnlich positiven Ergebnissen: Ein ebenfalls aus verhaltenstherapeutischen Maßnahmen und Kraft- sowie Beweglichkeitstraining bestehendes Programm führte zu einer signifikanten Verringerung der Sturzangst.

Eine Studie aus dem Jahr 2011 verglich Effekte einer Verhaltenstherapie in Kombination mit Tai Chi oder ohne Tai Chi auf die Sturzangst bei älteren Menschen (Huang 2011). Probanden, welche die Verhaltenstherapie in Kombination mit Tai Chi durchführten, zeigten die stärkste Reduktion der Sturzangst. Die Ergebnisse dieser Studien geben einen

Hinweis darauf, dass multifaktorielle Programme bei Sturzangst wirksamer sein können, als eindimensionale Trainingsprogramme. Eine bildliche Zusammenfassung der effektiven Trainingsprogramme bei Menschen ohne Demenz ist in Abbildung 5 dargestellt.

Es existieren bislang keine vergleichenden Interventionsstudien, welche die Wirksamkeit eines körperlichen Trainings bei älteren Menschen mit unterschiedlichem Schweregrad von Sturzangst oder bei Menschen mit oder ohne Stürzen in der Vorgeschichte untersuchen. Viele wissenschaftliche Arbeiten verwenden zur Erfassung der Sturzangst meist unterschiedliche Assessmentverfahren, die verschiedene Konstrukte der Sturzangst erheben (z. B. Sturzangst vs. sturzassoziierte Selbstwirksamkeit). Eine einheitliche Schweregradbestimmung von Sturzangst ist daher nur begrenzt möglich.

#### **SPIELEN FAKTOREN WIE INTENSITÄT, DAUER UND FREQUENZ BEI EINEM KÖRPERLICHEN TRAINING GEGEN STURZANGST EINE ROLLE?**

Eine eindeutige Empfehlung für ein

bestimmtes Trainingsprogramm oder eine ganz spezifische Kombination von Trainingsformen ist aufgrund der unterschiedlichen Organisationsformen (Training zu Hause vs. Gruppentraining) und Inhalte (Kraft, Balance, Koordination, Ausdauer) der Studien schwierig. Es fehlen Vergleichsstudien, welche die Bedeutung der Intensität, Dauer und Frequenz für unterschiedliche Trainingsformen unter ansonsten standardisierten Bedingungen untersuchen. Einige wissenschaftliche Arbeiten geben aber einen Hinweis darauf, dass eine längere Gesamtdauer (ca. 12 Monate) (Barnett 2003; Campbell 1997) und eine höhere Intensität (Hauer 2001) zu starken Effekten hinsichtlich der Sturzangstreduktion führen können.

#### **SIND DIE EFFEKTE EINES KÖRPERLICHEN TRAININGS AUF STURZANGST NACHHALTIG?**

Einige der oben erläuterten randomisierten kontrollierten Studien haben untersucht, ob die Wirksamkeit eines körperlichen Trainings auf die Reduktion von Sturzangst auch längerfristig bestehen bleibt. In den fünf Studien zur Sturzangst bei älteren Menschen ohne Demenz wurde die Nachhaltigkeit der Effekte eines körperlichen Trainings mittels „Follow-up“-Analysen überprüft (Brouwer 2003; Hauer 2001; Lin 2007; Tennstedt 1998; Zijlstra 2009). Alle „Follow-up“-Untersuchungen der Studien, die zu einer Reduktion der Sturzangst führten (Lin 2007; Tennstedt 1998; Zijlstra 2007), belegten eine signifikante, nachhaltige Reduktion nach Beendigung des Trainings (Follow-up 3–12 Monate), wobei sich kaum eine Verringerung der Interventionseffekte zeigte.

#### **WIRKEN DIE TRAININGSPROGRAMME AUCH BEI ÄLTEREN MENSCHEN MIT DEMENZ GEGEN STURZANGST?**

Es gibt bisher keine Interventionsprogramme, die speziell die Reduktion der Sturzangst bei kognitiv eingeschränkten Menschen untersucht haben. Die meisten Studien, welche die Reduktion der Sturzangst durch ein Trainingsprogramm thematisieren, schließen Menschen mit kognitiven Einschränkungen aus. Es stellt sich die Frage, ob die Trainingsprogramme, die bei älteren gesunden Menschen in ihrer Wirksamkeit wissenschaftlich belegt sind (Tai Chi, kombinierte Trainingsprogramme, multifaktorielle Programme), auch die Sturzangst von Menschen mit Demenz verringern könnten. Im Folgenden wird diskutiert, ob bzw. warum die Trainingsprogramme, welche bei älteren Menschen positive Effekte auf die Sturzangst erzielen, auch bei Menschen mit Demenz wirksam sein können.

Tai Chi ist zwar bei gesunden Älteren eine effektive Maßnahme zur Sturzangstreduktion, bei Menschen mit Demenz gibt es allerdings bislang keine wissenschaftlichen Belege für die Wirksamkeit gegen Sturzangst. Die komplexen motorischen und kognitiven Anforderungen (dreidimensionale Bewegungsmuster in einer zeitlichen Abfolge) könnten Menschen mit Demenz aber eher überfordern.

Vor allem der Einsatz multifaktorieller Trainingsprogramme (Kombination aus Training und Verhaltenstherapie) erwies sich in wissenschaftlichen Studien als effektiv gegen Sturzangst. Die Ergebnisse zeigen, dass multifaktorielle Programme, die im häuslichen Umfeld durchgeführt werden

(Lin 2007; Tinetti 1994; Yates 2001), im Vergleich zu Gruppenprogrammen (Clemson 2004; Lin 2006; Reinsch 1992) ebenfalls positive Effekte auf Sturzangst erzielen.

Es ist fraglich, inwiefern bei Menschen mit Demenz multifaktorielle Therapieformen überhaupt zur Sturzangstreduktion führen können. Verhaltenstherapeutische Ansätze werden häufig in frühen Stadien der Demenz vor allem zur Modifikation von psychischen und Verhaltenssymptomen angewendet. Inwiefern eine Verhaltenstherapie zur Behandlung von Sturzangst bei Demenz wirksam ist, ist bislang zu wenig untersucht.

Ob eine Kombination aus Training und Verhaltenstherapie wirksamer ist, ist bislang noch nicht belegt. Zudem existieren keine vergleichenden Studien, die untersuchen, ob multifaktorielle Therapieverfahren bei Menschen mit Demenz eher im häuslichen Umfeld oder als Gruppenmaßnahmen in externen Einrichtungen effektiver sind (► Abb. 6).

Körperliche Sportprogramme für ältere Menschen ohne kognitive Einschränkung, welche sich aus unterschiedlichen Trainingsinhalten zusammensetzen (kombinierte Trainingsprogramme), verringern vor allem dann die Sturzangst, wenn die Teilnehmer zusätzlich zum Training durch Hausbesuche, Telefonate oder Informationsmaterial zur Sturzvermeidung motiviert wurden. Dies konnten drei wissenschaftliche Studien belegen (Barnett 2003, Campbell 1997; Robertson 2001). Derartige motivierende Strategien können auch bei Menschen mit Demenz sinnvoll sein. Insbesondere für eine Verringerung der Sturzangst im häuslichen Umfeld ist nicht auszuschließen,

dass Motivationsmaßnahmen zu mehr körperlicher Aktivität verhelfen. Allerdings ist dies ebenfalls noch nicht wissenschaftlich belegt. Vergleichende Studien, die unter ansonsten standardisierten Bedingungen verschiedene Motivationsstrategien (z. B. häusliche Besuche, Supervision, Tagebücher oder im Rahmen der Verhaltenstherapie?) untersuchen, fehlen. Auch die Frage, wer das Training durchführen bzw. betreuen sollte (Trainer vs. psychologische Supervision), bleibt bislang ungeklärt (► Abb. 6).

Generell sollte bei Ansätzen zur Reduktion der Sturzangst bei Menschen mit Demenz der Fokus nicht nur auf der Wahl einer geeigneten Trainingsform liegen (z. B. Kraft vs. kombiniertes Training), sondern vor allem auch auf zusätzlichen Bedingungen bzw. Faktoren, welche die Wirksamkeit eines körperlichen Trainings bei Menschen mit Demenz stark beeinflussen können. Solche Faktoren können das Trainingssetting (Wo findet das Training statt? Zu Hause? In der Gruppe?) und demenzspezifische Kommunikations- bzw. Motivationsstrategien durch geschulte Trainer bzw. eine zusätzliche psychologische Betreuung sein (► Abb. 6; ► **Beitrag II**). Studien mit älteren Menschen ohne Demenz können zwar Hinweise auf den Einfluss solcher Faktoren liefern, letztendlich bleibt aber unklar, ob diese Ergebnisse auf Menschen mit Demenz übertragbar sind.

## ZUSAMMENHANG VON DEPRESSION UND BEWEGUNG

### WIE HÄNGEN DEPRESSION UND KÖRPERLICHE AKTIVITÄT ZUSAMMEN?

Depressionen und körperliche Aktivität stehen in wechselseitiger Beziehung: Einerseits

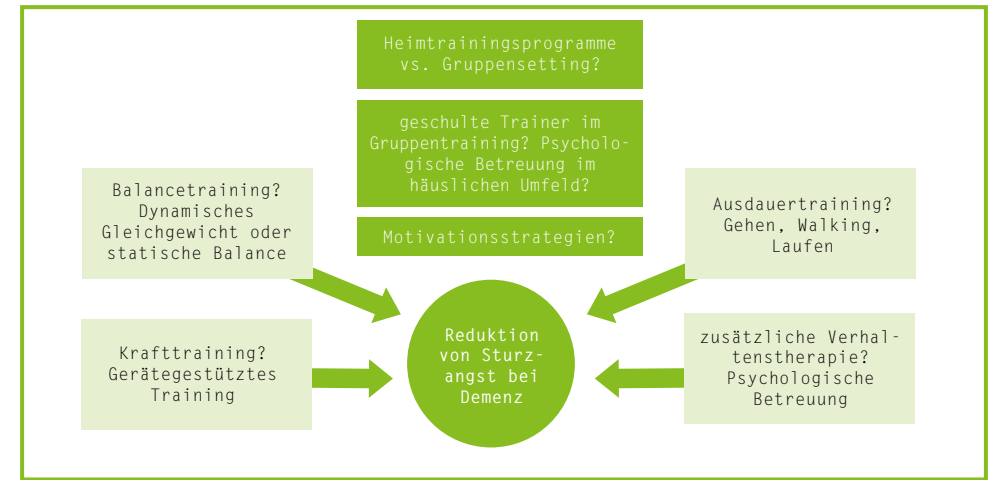


Abb. 6: Denkbare Trainingsformen und Trainingsbedingungen gegen Sturzangst bei Demenz

erhöhen Depressionen im Alter das Risiko eines geringen Aktivitätslevels. Eine Erklärung dafür ist eine größere Anzahl an Barrieren bei depressiven älteren Menschen, im Vergleich zu gesunden Älteren, welche die Ausführung körperlicher Aktivität behindern. Dazu zählen u. a. Ängste oder ein schlechter Gesundheitszustand (Rosqvist 2009), die mit einer Depression häufig einhergehen. Zudem können depressive Symptome, wie Antriebsmangel oder der zunehmende Interessenverlust selbst das Level an körperlicher Aktivität heruntersetzen.

Andererseits dokumentieren repräsentative Querschnittsstudien einen signifikanten Einfluss von körperlicher Aktivität auf die mentale Gesundheit wie etwa bei Depression (Abu-Omar 2004; Weyerer 1992). Auch repräsentative Längsschnittstudien (Motl 2004; Paffenbarger 1994) belegen diesen Zusammenhang. Eine Längsschnittstudie von Paffenbarger (1994) konnte z. B. bei ehemaligen 35 bis 74-jährigen College-Studenten nach 23 bis 27 Jahren bei denjenigen ein

um 27% geringeres Depressionsrisiko nachweisen, die mindestens drei Stunden pro Woche körperlich aktiv waren.

Dass körperliche Aktivität eine protektive Wirkung auf die körperliche und psychische Gesundheit auch im hohen Lebensalter (> 60 Jahre) hat, wurde in weiteren wissenschaftlichen (Übersichts-) Arbeiten bestätigt (Lampinen 2000; Ruuskanen 1995; Strawbridge 2002).

In einigen Arbeiten konnten zudem Hinweise für eine Dosis-Wirkungsbeziehung von körperlicher Aktivität und mentaler Gesundheit gefunden werden: Eine Untersuchung von Motl (2004) konnte zeigen, dass ein höheres Maß an körperlicher Aktivität signifikant mit einem geringeren Level an depressiver Symptomatik assoziiert ist. Ein Wechsel im Ausmaß an körperlicher Aktivität bildet sich sogar direkt im Grad der depressiven Symptomatik ab.

In einer Untersuchung von 15 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (Abu-Omar

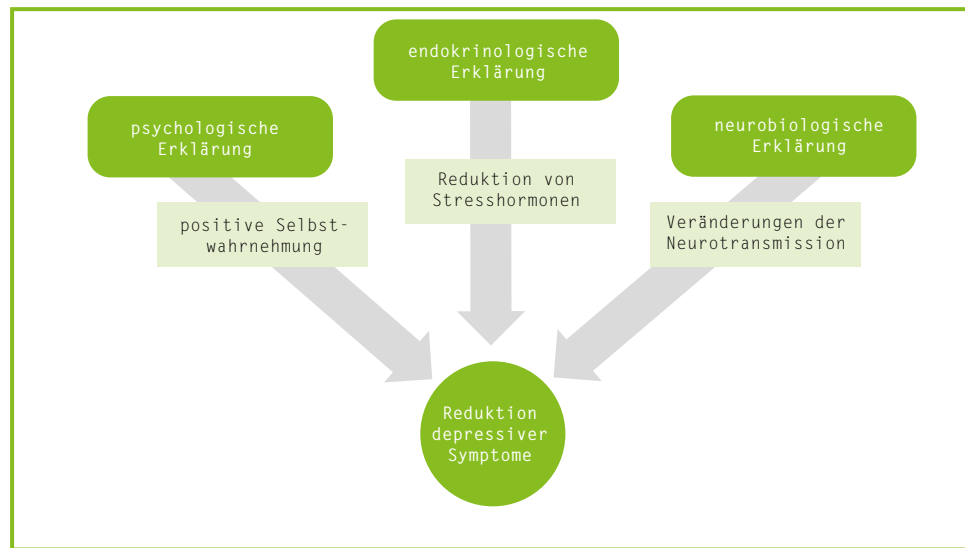


Abb. 7: Potenzielle Wirkmechanismen körperlicher Aktivität auf Depression

2004) konnte ebenfalls nachgewiesen werden, dass Personen, die körperlich aktiver sind, eine deutlich bessere psychische Gesundheit aufweisen. Dies zeigt sich zwar nicht in allen Nationen, aber für alle soziodemografischen Teilpopulationen – auch für ältere Menschen.

Körperliche Aktivität muss allerdings nicht immer eine sportliche Aktivität bedeuten. Eine Besserung depressiver Symptome im Alter zeigt sich nicht nur nach einem Sportprogramm wie z. B. Walking (Heesch 2011; Smith 2010), sondern auch nach Freizeitaktivitäten wie z. B. Gemeinschaftsaktivitäten in Pflegeheimen (Cheng 2012).

#### WELCHE MECHANISMEN KÖNNEN DIE POSITIVE WIRKSAMKEIT VON KÖRPERLICHER AKTIVITÄT AUF DEPRESSIONEN ERKLÄREN?

Möglicherweise haben ganz unterschiedliche neurobiologische, stoffwechselbedingte und psychologische Mechanismen einen

Einfluss auf den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und Depressionen. Bislang sind die genauen Vorgänge, die bei körperlicher Aktivität zu einer Stimmungsaufhellung führen, nicht geklärt (Stöhle 2009). Man geht aber davon aus, dass die multiplen Mechanismen in enger Beziehung stehen und sich gegenseitig beeinflussen. Es gibt einige potenzielle Wirkmechanismen, die in Abbildung 7 skizziert sind.

Mit der Ausübung von körperlicher Aktivität oder körperlichem Training gehen wichtige psychologische Vorgänge einher, welche zu einer Reduktion von depressiven Symptomen führen können. Ein gesteigertes Selbstwertgefühl (Spence 2005), eine gesteigerte Selbstwirksamkeitserwartung (Netz 2005) und ein verbessertes psychisches Selbstkonzept (Taylor & Fox 2005) können zu einer positiven Selbstwahrnehmung und damit zu einer positiven Stimmung führen. Zudem ist denkbar, dass die vermehrten sozialen

Kontakte bei der Ausführung körperlicher Aktivität depressive Symptome positiv beeinflussen können (McAuley 2000).

Neben dem Einfluss psychologischer Vorgänge spielen womöglich auch (neuro-) biologische Mechanismen eine Rolle. Vermutlich gibt es einen engen Zusammenhang zwischen der körperlichen Aktivität und der Veränderung der Neurotransmission (Noradrenalin und Serotonin), der zu einer gesteigerten Stimmung führt (Stöhle 2009). Auch hormonelle Regulationsprozesse, wie etwa die Reduktion des Stresshormons Cortisol durch körperliche Aktivität, könnten zu der Verringerung depressiver Symptome führen (Duclos 2003).

#### WELCHE SPEZIELLEN TRAININGSPROGRAMME FÜR ÄLTERE MENSCHEN OHNE DEMENZ HABEN EINEN ANTIDEPRESSIVEN EFFEKT?

In drei randomisierten kontrollierten Studien (Singh 1997, 2001, 2005) konnte bei älteren Menschen mit diagnostizierter (Major- oder Minor-) Depression, aber ohne kognitive Einschränkung, belegt werden, dass ein reines Krafttraining zu einer signifikanten Reduktion depressiver Symptome führt.

Auch ein reines Ausdauertraining hat einen antidepressiven Effekt. Diese positive Wirkung auf depressive Symptome sowie auf eine diagnostizierte Depression bei älteren Menschen ohne Demenz konnte in drei vergleichenden Studien nachgewiesen werden: Blumenthal (1989) belegt die positive Wirkung eines aus Gehen, Joggen und Fahrradfahren kombinierten Ausdauertrainings auf depressive Symptome im Vergleich zu einem Yoga/Flexibilitätstraining.

Dass ein Ausdauertraining (Gehen/Joggen) bei Depressionen im Alter ähnlich wirksam sein kann wie eine medikamentöse Therapie, hat Blumenthal (1999) in einer weiteren Vergleichsstudie bei älteren Menschen mit diagnostizierter Major-Depression zeigen können. Es wurden drei Gruppen miteinander verglichen: Das reine Ausdauertraining wurde einer medikamentösen Therapie mit Antidepressiva und einer Kombination aus Ausdauertraining und Medikation gegenübergestellt. Nach den Interventionen verringerte sich die depressive Symptomatik signifikant, sowohl in der Trainingsgruppe als auch in der Gruppe, welche Antidepressiva erhielt.

Eine dritte Vergleichsstudie bestätigt den antidepressiven Effekt eines reinen Ausdauertrainings im Vergleich zu einem reinen Krafttraining bei älteren Teilnehmern mit depressiven Symptomen (Penninx 2002). Eine mögliche Erklärung für die negativen Effekte des Krafttrainings in der Studie von Penninx (2002) im Vergleich zu den Studien, die nach einem Krafttraining positive Effekte erzielten (Singh 1997, 2001, 2005), könnte die Auswahl des Trainingssettings sein. Bei Penninx (2002) wurde das Krafttraining ausschließlich im häuslichen Umfeld durchgeführt, bei Singh (2001) erfolgte der erste Teil des Trainingsprogramms supervidiert und nur der zweite Teil unbeaufsichtigt auch im häuslichen Umfeld.

Die Ergebnisse einer Tai-Chi-Studie (Chou 2004) belegen die Wirksamkeit auf die Stimmungslage bei depressiven Menschen. Neben Tai Chi kann auch Qigong bei älteren Menschen als antidepressiv wirkende Bewegungstherapie dienen (Tsang 2006). Im Ver-

gleich zu einer regelmäßig stattfindenden Lesegruppe erzielten die Probanden nach einem reinen Qigong-Training eine signifikante Reduktion der depressiven Symptome. Die Studien geben einen Hinweis darauf, dass eindimensionale Trainingsprogramme, wie Kraft- oder Ausdauertraining vor allem bei älteren Personen mit diagnostizierter Depression (Blumenthal 1999; Chou 2004; Singh 1997, 2001, 2005) oder mit schwereren depressiven Symptomen (Penninx 2002) wirksam sind. Zwar konnte auch Blumenthal (1999) bei älteren Personen mit nur leichter depressiver Symptomatik die Wirksamkeit eines Ausdauertrainings belegen, allerdings zeigten sich die signifikanten Effekte nur bei den männlichen Trainingsteilnehmern. Bei älteren Menschen ohne depressive Symptomatik können Deckeneffekte auftreten. Das heißt, dass eine signifikante Reduktion der depressiven Symptome nur begrenzt möglich ist, da die Teilnehmer bereits vor dem Training keine oder nur geringe Symptome aufweisen. Um aber belegen zu können, inwiefern der Schweregrad einer Depression Einfluss auf die Wirksamkeit eines körperlichen Trainings hat, sind vergleichende Interventionsstudien notwendig.

#### IST EINE KOMBINATION AUS UNTERSCHIEDLICHEN TRAININGSFORMEN BEI DER REDUKTION VON DEPRESSIONEN IM ALTER EBENFALLS EFFEKTIV?

In einigen randomisierten kontrollierten Studien konnte die Wirksamkeit von aus mehreren Trainingsmethoden kombinierten Interventionsmaßnahmen gegen Depressionen im Alter nachgewiesen werden (► Abb. 8):

So führt zum Beispiel eine Kombination aus einem Kraft- und Funktionstraining (Gleichgewicht, Flexibilität) im Vergleich zu

einem unspezifischen Gymnastiktraining im häuslichen Umfeld zu positiven Effekten bei ehemaligen geriatrischen Patienten mit depressiven Symptomen ohne Demenz (Timonen 2002).

In einer randomisiert kontrollierten Pilotstudie von Brenes (2007) führte ein im Fitnessstudio kombiniertes Aerobic- und Krafttraining bei älteren Teilnehmern mit diagnostizierter Minor-Depression sogar in gleichem Maße wie die Gabe von Antidepressiva zu einer signifikanten Reduktion der depressiven Symptome.

#### KOMMT ES NUN AUF DIE TRAININGSINHALTE AN ODER SPIELEN ANDERE FAKTOREN WIE INTENSITÄT, DAUER ODER FREQUENZ EINE ROLLE?

Die Ergebnisse der Studien lassen vermuten, dass ganz unterschiedliche Trainingsinhalte positiv auf Depressionen wirken können: Ein Krafttraining kann ebenso effektiv sein wie ein Gehtraining oder eine Kombination aus beidem. Alle genannten körperlichen Trainingsinhalte wirken im Gegensatz zu Bewegungstherapien oder Achtsamkeitstraining, die speziell zur Reduktion für psychische Auffälligkeiten ausgelegt sind, unspezifisch auf die Psyche. Belastungsnormativa, wie Dauer, Frequenz oder Intensität des Trainings, stellen möglicherweise wichtige Stellschrauben für die antidepressiven Effekte dar.

Inwiefern diese Faktoren die Wirksamkeit des körperlichen Trainings auf Depressionen beeinflussen, ist bislang nur wenig untersucht. Häufig ist die Vergleichbarkeit der in den Studien angewendeten Trainingsmethoden eingeschränkt. Deutlich wird das vor allem in den Studien, die ein Ausdauertraining gegen Depressionen im Alter

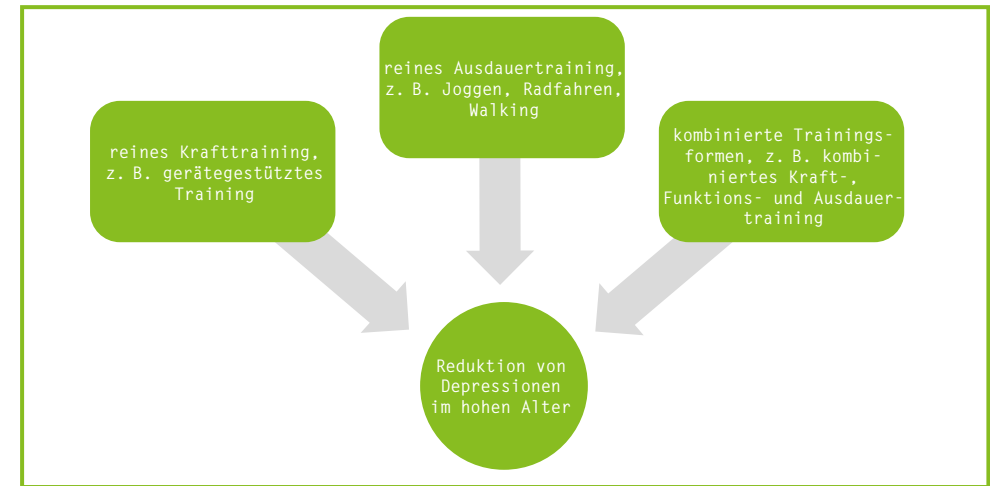


Abb. 8: Wirksame Trainingsinhalte gegen Depressionen bei älteren Menschen ohne Demenz

untersucht haben (Blumenthal 1989, 1999; Penninx 2002): Es besteht eine sehr große Varianz des Intensitätsbereiches (50–85% Herzfrequenz) und der Gesamtdauer des Ausdauertrainings (6 Wochen – 18 Monate) innerhalb dieser Studien. Daher bleibt unklar, welcher Umfang und welche Dauer des Trainings den größten antidepressiven Effekt bei Depressionen im Alter hat.

Im Gegensatz zu einem Ausdauertraining konnte für ein Krafttraining hinsichtlich der Reduktion von depressiven Symptomen eine Dosis-Wirkungsbeziehung nachgewiesen werden: Ein intensives Krafttraining führt zu stärkeren Effekten auf Depressionen. Singh (2005) verglich bei 60 Probanden mit diagnostizierter Depression in einem Alter von durchschnittlich 69 Jahren ein intensives Krafttraining (80% der Maximalkraft) mit einem leichten Krafttraining (20% der Maximalkraft). Beide Trainingsmaßnahmen wurden dreimal wöchentlich mit einer Dauer von 45 Minuten und für insgesamt acht Wochen durchgeführt. Zusätzlich

wurden die Trainingseffekte des jeweiligen Krafttrainings auf die Depression jenen einer Vergleichsgruppe gegenübergestellt, die nur medizinisch durch den Hausarzt betreut wurde. Die Ergebnisse zeigen, dass es nach einem intensiven Krafttraining zu einem signifikant stärkeren Absinken der Depressivität kam, als nach einem leichten Krafttraining.

#### WIRKEN EINDIMENSIONALE TRAININGSFORMEN AUCH BEI MENSCHEN MIT DEMENZ EFFEKTIV GEGEN DEPRESSIONEN?

Fest steht, dass ältere Menschen mit Depressionen von unterschiedlichen Trainingsformen profitieren können. Leider gibt es nur sehr wenige Untersuchungen, die Menschen mit einer demenziellen Erkrankung einschließen. Die Ergebnisse der wenigen Studien, welche eindimensionale Trainingsprogramme anwendeten, sind eher negativ: Eine randomisierte kontrollierte Studie (MacRae 1996) untersuchte Effekte eines reinen Gehtrainings auf Depressionen bei Pflegeheimbewohnern mit Demenz,

konnte aber keine signifikante Reduktion von depressiven Symptomen nachweisen. Auch für die Trainingsformen Tai Chi und Qigong existieren bislang keine wissenschaftlichen Belege für deren Wirksamkeit auf Depressionen bei Menschen mit Demenz.

Cheng (2012) veröffentlichte eine Arbeit, die spielerische Aktivitäten (chinesisches Gesellschaftsspiel Mahjong) mit Tai Chi und Kunsttherapie bei Pflegeheimbewohnern mit leichter demenzieller Symptomatik verglich. Es konnte eine Reduktion der Depression nur in der Gruppe, die regelmäßig an dem Gesellschaftsspiel teilnahm, nachgewiesen werden.

#### SIND KOMBINIERTE ODER MULTIMODALE TRAININGSFORMEN BEI MENSCHEN MIT DEMENZ EFFEKTIVER?

Wissenschaftliche Arbeiten, welche kombinierte Trainingsformen zur Reduktion von Depressionen bei Demenz untersuchten, liefern ebenfalls eher negative Ergebnisse: Williams und Tappen (2008) haben durch ein Ausdauer-, Kraft-, Gleichgewichts- und Flexibilitätstraining im Vergleich zu einem reinen Gehtraining keine positiven Effekte auf Depressionen bei Demenz nachweisen können.

Zwei randomisierte kontrollierte Studien konnten bei kognitiv eingeschränkten Studienteilnehmern durch eine Kombination aus Hockergymnastik mit Musik (Van de Winkel 2004) und Funktionstraining mit Musik (Mulrow 1994) ebenfalls keine signifikanten Verbesserungen der Depression erzielen.

Es bleibt unklar, ob die überwiegend negativen Ergebnisse der Studien hinsichtlich der Wirksamkeit von Trainingsprogrammen bei Menschen mit Demenz auf methodische

Mängel zurückzuführen sind. Eines der größten Probleme ist eine zu kleine Anzahl an Probanden oder der inadäquate Einsatz von Assessmentverfahren, die nicht auf Menschen mit Demenz angepasst wurden.

Eine Studie (Teri 2003) belegt hingegen die Wirksamkeit eines multimodalen Trainingsprogramms auf Depressionen bei demenziell erkrankten Menschen. Bei Patienten mit Alzheimer-Demenz wurde in der häuslichen Umgebung durch geschultes Pflegepersonal (die Schulung war Bestandteil der Intervention) ein kombiniertes körperliches Training (Ausdauer-, Kraft-, Gleichgewichts- und Flexibilitätstraining) täglich für 30 Minuten, drei Monate lang durchgeführt. Dem körperlichen Training wurde eine herkömmliche pflegerische Betreuung in den Privathaushalten gegenübergestellt. Das Trainingsprogramm bewirkte eine signifikante Verbesserung depressiver Symptome. Die Bestandteile dieses Trainingsansatzes sind in Abbildung 9 dargestellt.

Basierend auf diesen Ergebnissen ist zu erwarten, dass die Wirksamkeit von Trainingsprogrammen bei Menschen mit Demenz nicht nur von dem Einsatz unterschiedlicher Trainingsinhalte abhängt, sondern auch von externen Faktoren wie demenzspezifischen Umgangsformen bzw. Kommunikationsstrategien durch enge Angehörige oder nahestehende Personen. Das zeigt sich insbesondere in der Studie von Teri (2003), die im Gegensatz zu den anderen Arbeiten die Personen, welche engen Kontakt zu den Menschen mit Demenz hatten (Pflegepersonal), in die Intervention mit einschloss. Ein positiver psycho-sozialer Einfluss durch die in der Studie durchgeführten

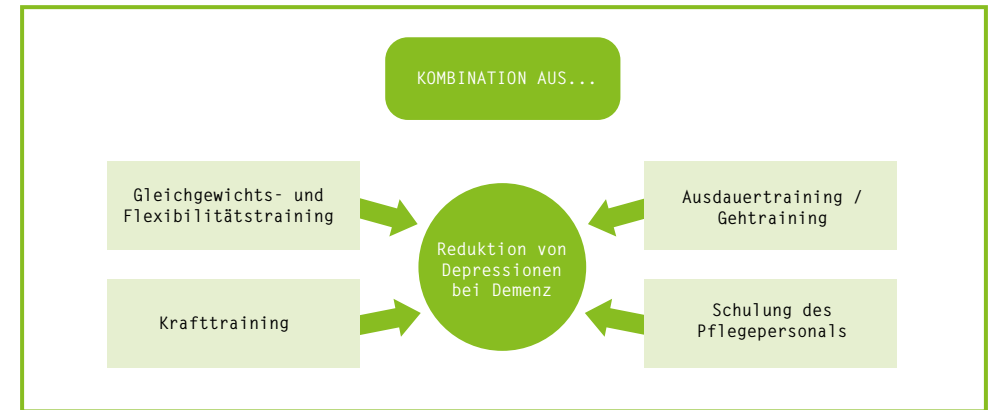


Abb. 9: Wirksames körperliches Training bei Demenz gegen Depressionen nach Teri 2003

ergänzenden Schulungen für die Pflegenden kann hier nicht ausgeschlossen werden. So können etwa demenzspezifische Kommunikationsstrategien einen großen Einfluss auf die Effektivität eines Trainings haben (► Beitrag II).

#### BLEIBEN DIE INTERVENTIONSEFFEKTE BEI DEPRESSIONEN ÜBER EINEN LÄNGEREN ZEITRAUM BESTEHEN?

Einige der Studien zur Erfassung der Wirksamkeit eines körperlichen Trainings auf Depressionen bei älteren Menschen ohne (Singh 2001; Timonen 2002), aber auch mit Demenz (Teri 2003), führten Follow-Up Untersuchungen durch. In allen Untersuchungen blieben signifikante Effekte auch nach Abschluss der Intervention erhalten. Singh (2001) zeigt eine signifikante Verbesserung durch ein intensives Krafttraining nach 26 Monaten, Teri (2003) weist nachhaltige Effekte durch ein kombiniertes Ausdauer-, Kraft-, Gleichgewichts- und Flexibilitätstraining bei Menschen mit Demenz nach 24 Monaten nach und Timonen (2002) belegt längerfristige Effekte durch ein kombiniertes Kraft- und Funktionstraining nach drei, aber nicht mehr nach neun Monaten.

#### GIBT ES EIN RISIKO BEI EINEM KÖRPERLICHEN TRAINING MIT ÄLTEREN MENSCHEN?

Ein körperliches Training zur Reduktion der Sturzangst oder Depression ist für ältere oder kognitiv eingeschränkte Personen generell mit keinem oder nur einem sehr geringen Risiko verbunden.

Einige der aufgeführten wissenschaftlichen Arbeiten machen sehr allgemeine Angaben zu Risiken bzw. Nebenwirkungen, die in oder nach einem körperlichen Training auftreten können (Blumenthal 1999; Singh 2001, 2005; Teri 2003). Die Arbeiten von Singh (2001; 2005) unterscheiden im Vergleich zu den anderen Studien konkret zwischen Krankenhausaufenthalten, Arztbesuchen, Krankheitsfällen, Muskelkater, Schmerzen und Verletzungen während des Trainings, Stürzen und Todesfällen. Dem in den Arbeiten erläuterten positiven Einfluss eines körperlichen Trainings auf Depressionen stehen keine schwerwiegenden Nebenwirkungen gegenüber, d.h. die aufgeführten Risiken traten nicht auf oder wurden nicht vom Training hervorgerufen.



## KÖRPERLICHES TRAINING REDUZIERT STURZANGST

# ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNGEN

Im folgenden Abschnitt werden die wichtigsten Punkte zum Thema Depressionen und Sturzangst im Alter und bei Demenz zusammengefasst. Anschließend werden Empfehlungen und Hinweise für die Durchführung eines körperlichen Trainings zur Reduktion dieser psychischen Auffälligkeiten gegeben.

### FAZIT:

**DIE WICHTIGSTEN ASPEKTE ZUSAMMENGEFASST**  
Ältere Menschen können in vielerlei Hinsicht von körperlichem Training profitieren. Ein körperliches Training führt zu unspezifischen Effekten, d. h. es gehen mehrere positive Veränderungen mit einem Training einher. Regelmäßige Bewegung im Alter kann demnach positive Auswirkungen

auf körperliche Funktionen, wie Kraft und Gleichgewicht, auf die geistige Leistungsfähigkeit und auf die Psyche haben. Vor allem Depressionen und Sturzangst im Alter können durch ein körperliches Training reduziert werden. Wichtige Aspekte, wie Definitionen, Entstehungsfaktoren sowie Folgen der Sturzangst und von Depressionen, sind in Tabelle 6 kurz zusammengefasst.

Im Gegensatz zu Studien mit älteren Menschen ohne kognitive Einschränkung existieren nur wenige qualitativ hochwertige Untersuchungen zu der Wirksamkeit körperlicher Trainingsprogramme für Menschen mit Demenz. Die wichtigsten Ergebnisse der Arbeiten sind ebenfalls in Tabelle 6 dargestellt.

Was Sie über Sturzangst wissen sollten	Was Sie über Depressionen wissen sollten
<p>Sturzangst wird ganz unterschiedlich definiert. Häufig gilt Sturzangst als Angst davor, hinzufallen (emotionaler Zustand) oder weiter gefasst, als geringe sturzassoziierte Selbstwirksamkeit (kognitives Konzept).</p> <p>Sturzangst kann situationsbezogen sein und als posttraumatische Reaktion nach einem schweren Sturz auftreten (<i>Post-Fall</i>-Syndrom). Sturzangst kann aber auch unabhängig von Sturzereignissen entstehen. Ursachen sind hier psychologische Faktoren, z.B. Depressionen oder Persönlichkeitsmerkmale wie Neurotizismus.</p>	<p>Depressionen zählen zu den affektiven Störungen (Erkrankungen, die unsere Gefühle beeinflussen). Depressionen sind durch eine Veränderung der Stimmungslage, Verlust der Freude, emotionale Leere und Interessenverlust charakterisiert. Es können zusätzlich körperlich-vegetative (z.B. Unruhe, Schlafstörungen) sowie kognitive Symptome (z.B. Konzentrationsverlust) auftreten. Im Alter zeigen sich Depressionen nicht anders, als in jüngeren Jahren. Allerdings ist häufig eine Diagnosestellung erschwert, da zusammen mit den depressiven Symptomen häufig auch körperliche Symptome auftreten und diese das klinische Bild bestimmen können.</p>
<p>Neben Risikofaktoren wie Alter, weibliches Geschlecht oder Mobilitätseinschränkungen, erhöhen bei älteren Menschen vor allem vorausgegangene Stürze das Risiko, Sturzangst zu entwickeln. Menschen mit Demenz weisen aufgrund einer falschen Einschätzung der eigenen Sturzgefährdung ein geringeres Level an Sturzangst auf.</p>	<p>Lebenskrisen und chronische Erkrankungen und Demenzen können das Risiko für Depressionen erhöhen. Frauen leiden häufiger an Depressionen als Männer.</p>
<p>Sturzangst kann die Lebensqualität einer Person aufgrund der zunehmenden Aktivitätsvermeidung und dem damit einhergehenden Verlust motorisch-funktioneller Leistungen erheblich beeinträchtigen. Die Folge können Pflegebedürftigkeit und Abhängigkeit sein.</p>	<p>Depressionen im Alter und bei Demenz haben negative Auswirkungen auf die Lebensqualität, was sich u. a. in einem erhöhten Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko sowie in sozialer Isolation und Verlust motorisch-funktioneller Leistungen aufgrund der zunehmend eingeschränkten Aktivitäten widerspiegelt.</p>
<p>Es ist zu erwarten, dass körperliche Aktivität Sturzangst reduzieren kann, da sich durch die mit der körperlichen Aktivität einhergehende verbesserte motorische Leistung das Sturzrisiko verringert. Ein denkbares Bindeglied zwischen verbesserter motorischer Leistung und verringerter Sturzangst ist eine gesteigerte Selbstwirksamkeit.</p>	<p>Körperliche Aktivität kann in jedem Lebensalter depressive Symptome reduzieren und sogar vorbeugend wirken. Die zugrunde liegenden Mechanismen sind multifaktoriell (neurobiologisch = Veränderung von Neurotransmission, hormonell = Reduktion von Stresshormonen und psychologisch = Steigerung des Selbstwertes.)</p>
<p>Studien konnten belegen, dass vor allem kombinierte und multifaktorielle Trainingsprogramme Sturzangst im Alter reduzieren können.</p>	<p>Neben pharmakologischen sowie psychotherapeutischen Behandlungsansätzen ist ein körperliches Training von Bedeutung. Es konnte nachgewiesen werden, dass bei älteren Menschen vor allem ein intensives Kraft- sowie Ausdauertraining wirkt.</p>
<p>Trainingsprogramme bei Menschen mit Demenz sind bislang nicht untersucht.</p>	<p>Bei Menschen mit Demenz sind eher multifaktorielle Trainingsprogramme effektiv, die Angehörige oder betreuende Personen mit einschließen. Allerdings fehlen vergleichende Studien, welche die Wirksamkeit eines körperlichen Trainingsprogramms bei Menschen mit Demenz belegen können.</p>

Tab. 6: Zusammenfassung

## EMPFEHLUNGEN: VON DER THEORIE ZUR PRAXIS

Zwar können auf der Basis der Ergebnisse von Teri (2003) und basierend auf den Ergebnissen der Studien mit älteren Teilnehmern ohne kognitive Einschränkung allgemeine Empfehlungen für ein körperliches Training bei Demenz gegeben werden (► Tab. 7), konkrete Richtlinien für ein Training bei Demenz zur Reduktion von Sturzangst und Depressionen existieren aber

<p><b>Welches Training kann bei Menschen mit Demenz empfohlen werden, um Depressionen zu verringern?</b></p> <p>Für Menschen mit Demenz sind multifaktorielle Trainingsprogramme unter Einbezug nahestehender Personen/Betreuer oder Pflegepersonal wissenschaftlich belegt. Empfehlenswert wäre eine Kombination aus Krafttraining (z.B. Gerätetraining), Ausdauer (z.B. strammes Gehen) und Funktionstraining (z.B. Alltagsleistungen, Gleichgewichtsübungen) unter Supervision.</p> <p>Je häufiger, regelmäßiger und intensiver das Training ist, desto größer sind die Effekte! Gerade für ein Krafttraining empfiehlt sich mit 80% der Maximalkraft zu trainieren. Empfehlenswert sind mindestens zwei Durchgänge mit jeweils 10-15 Wiederholungen pro Übung. Der Schweregrad des Trainings sollte zunehmen (progressives Training). Ein von geschulten Trainern geführtes Training kann aufgrund des psycho-sozialen Einflusses bei Menschen mit Demenz zu größeren Trainingseffekten führen.</p>
<p><b>Welches Training kann bei Menschen mit Demenz empfohlen werden, um Sturzangst zu verringern?</b></p> <p>Zwar gibt es noch keine wissenschaftlichen Belege zur Wirksamkeit eines körperlichen Trainings gegen Sturzangst bei Menschen mit Demenz. Dennoch weisen die Studien mit älteren Menschen ohne kognitive Einschränkung darauf hin, dass eine Kombination aus unterschiedlichen Trainingsformen und verhaltenstherapeutischen Aspekten bei Sturzangst positive Effekte erzielen könnte. Ergebnisse aus Studien mit nicht demenziell erkrankten Menschen zeigen, dass je häufiger und intensiver das Training ist, desto größer sind die Trainingseffekte auf Sturzangst.</p>
<p><b>Kann bei einem körperlichen Training etwas passieren? Gibt es Nebenwirkungen?</b></p> <p>Ein körperliches Training zur Reduktion der Sturzangst oder Depression ist für ältere oder kognitiv eingeschränkte Personen mit keinen schwerwiegenden Nebenwirkungen verbunden. Trainiert man intensiv, können gelegentlich Muskelkater oder vorübergehende Schmerzen (z.B. in den Gelenken) auftreten. Allgemeine Kontraindikationen zum körperlichen Training gelten natürlich auch hier: schwere Herzerkrankungen, ein entgleister Diabetes mellitus oder instabile Frakturen.</p>
<p><b>Ist ein körperliches Training im Alter und bei Demenz nachhaltig?</b></p> <p>Ein zeitlich begrenztes körperliches Training bei älteren Menschen und bei Menschen mit Demenz kann langfristige Effekte haben. Es empfiehlt sich aber generell, ein körperliches Training nicht nur für einen bestimmten Zeitraum, sondern längerfristig und regelmäßig durchzuführen.</p>
<p><b>Welche äußeren Faktoren könnten die Wirksamkeit des Trainings bei Demenz beeinflussen?</b></p> <p><b>Einfluss der Umgebung:</b> Bei Menschen mit Demenz ist eine vertraute Umgebung sehr wichtig. Ein Training im häuslichen Umfeld ist möglich (Heimtraining). In Pflegeheimen oder in Sportgruppen, die den Vorteil der Supervision haben, sollte das Setting immer gleich sein (Versammlungs-/Trainingsraum).</p> <p><b>Einfluss der Kompetenz des Trainers:</b> Die wichtigste Voraussetzung für einen Trainer wäre, sich hinsichtlich der Erkrankungen (z.B. Depression/Demenz) und bezüglich des Trainings (z.B. Grundlagen der Trainingslehre) auszubilden bzw. zu informieren. Vor allem demenzspezifische Kommunikationsstrategien und Umgangsformen sind eine wichtige Voraussetzung.</p>

Tab. 7: Mögliche Empfehlungen für ein körperliches Training bei Demenz

aufgrund mangelnder wissenschaftlicher Belege bislang nicht.

## ETABLIERTE FRAGEBÖGEN FÜR DEN SELBSTTEST: DER FESI UND DER GDS

Im Folgenden sind zwei Verfahren dargestellt, die häufig in Kliniken, aber auch in der Wissenschaft, zur Erfassung von Sturzangst und Depressionen im Alter und bei Demenz angewendet werden. Es handelt sich hierbei um Screeningstests, die nur einen ersten Hinweis auf Sturzangst und Depressionen geben. Sie erlauben aber keine Diagnose, insbesondere für die Depression als ICD-10 definierte Erkrankung. Auffällige Ergebnisse sollten fachärztlich abgeklärt werden.

### DER FESI:

#### WIE KÖNNEN SIE STURZANGST IM ALTER ERKENNEN?

In nachfolgender Abbildung (► Abb. 10) ist der FESI-Screeningtest (Falls Efficacy Scale-International, 7-Item-Kurzversion) mit einem Beispiel dargestellt. Der Test erfasst

die sturzassoziierte Selbstwirksamkeit, also einen spezifischen Aspekt in Bezug auf die Sturzangst. Er ist auch für Personen mit beginnender bis mittelschwerer kognitiver Schädigung als Interview geeignet (Hauer 2010).

**Testanleitung:** Wir würden Ihnen gerne einige Fragen darüber stellen, welche Bedenken Sie haben, hinzufallen, wenn Sie bestimmte Aktivitäten ausführen. Bitte denken Sie noch einmal darüber nach, wie Sie diese Aktivität normalerweise ausführen. Wenn Sie die Aktivität nicht ausführen, geben Sie bitte (trotzdem) eine Antwort, um anzuzeigen, ob Sie Bedenken hätten, zu stürzen, wenn Sie die Aktivität ausführen würden. Markieren Sie bitte diejenige Angabe, die am ehesten Ihrem eigenen Empfinden entspricht, um anzuzeigen, welche Bedenken Sie haben, zu stürzen, wenn Sie diese Aktivität ausüben.

		keinerlei Bedenken 1	einige Bedenken 2	ziemliche Bedenken 3	sehr große Bedenken 4
1	Sich an- oder ausziehen	×			
2	Ein Bad nehmen oder duschen				×
3	Von einem Stuhl aufstehen oder sich hinsetzen			×	
4	Eine Treppe hinauf oder hinunter gehen		×		
5	Etwas erreichen, was sich oberhalb des Kopfes oder auf dem Boden befindet	×			
6	Eine Steigung hinauf- oder hinunter gehen		×		
7	Eine Veranstaltung besuchen (z.B. ein Familientreffen, eine Vereinsversammlung oder einen Gottesdienst)	×			

Abb. 10: FESI deutsche Version

Ein Gesamtwert kann ermittelt werden, indem die Punktwerte für jede Ausprägung (1 = keinerlei Bedenken bis 4 = sehr große Bedenken) aufsummiert werden. Es können maximal 28 Punkte erreicht werden, was sehr großen Bedenken zu stürzen entspricht. Für die Kurzversion definiert Delbaere (2010) folgende Cut-off-Werte für zwei unterschiedliche Klassifikationsmodelle, die zwischen zwei bzw. drei Gruppen unterscheiden (Delbaere 2010):

**MODELL 1: (2 GRUPPEN)**

7–10 Punkte = geringe Bedenken zu stürzen  
 11–28 Punkte = große Bedenken zu stürzen

**MODELL 2 (3 GRUPPEN):**

7–8 Punkte = geringe Bedenken zu stürzen  
 9–13 Punkte = moderate Bedenken zu stürzen  
 14–28 Punkte = große Bedenken zu stürzen

Im Beispiel (▶ Abb. 10) erreicht die Person insgesamt 14 Punkte. Dies entspricht großen Bedenken zu stürzen (und einer geringen sturzassoziierten Selbstwirksamkeit).

**DER GDS: WIE KANN MAN DEPRESSIONEN IM ALTER UND BEI DEMENZ ERKENNEN?**

Die Geriatrische Depressionsskala (GDS) wurde speziell für ältere Menschen entwickelt und validiert (Yesavage 1983). In Abbildung 11 ist die Kurzversion (15 Items) dargestellt. Die 15-Item-Kurzversion des GDS eignet sich auch für die Anwendung bei Menschen mit beginnender bis moderater demenzieller Erkrankung (Lach 2010; Lucas-Carrasco 2012).

Im Beispiel in Abbildung 11 erreichte die Testperson insgesamt 7 Punkte (gezählt werden die Kreuze in den grauen Kästchen; die restlichen Kreuze werden nicht gezählt). Ein Testergebnis von 7 Punkten liefert einen Hinweis auf eine leichte bis mäßige Depression und sollte ärztlich abgeklärt werden.

1. Sind Sie grundsätzlich mit Ihrem Leben zufrieden?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
2. Haben Sie viele von Ihren Aktivitäten und Interessen aufgegeben?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
3. Haben Sie das Gefühl, Ihr Leben sei leer?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
4. Ist Ihnen oft langweilig?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
5. Sind Sie meistens guter Laune?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
6. Befürchten Sie, dass Ihnen etwas Schlechtes zustoßen könnte?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
7. Sind Sie meistens zufrieden?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
8. Fühlen Sie sich oft hilflos?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
9. Sind Sie lieber zu Hause, statt auszugehen und etwas zu unternehmen?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
10. Glauben Sie, dass Sie mit dem Gedächtnis mehr Probleme haben, als andere Leute?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
11. Finden Sie, es sei wunderbar, jetzt zu leben?	JA <input type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
12. Fühlen Sie sich wertlos?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
13. Fühlen Sie sich energiegeladener?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
14. Finden Sie, Ihre Lage sei hoffnungslos?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input type="checkbox"/>
15. Glauben Sie, dass es den meisten anderen Leuten besser geht als Ihnen?	JA <input checked="" type="checkbox"/>	NEIN <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Zu erreichende Punkte insgesamt:</b>	<b>15</b>	
0–5 Punkte	kein Hinweis auf Depression	
5–10 Punkte	Hinweis auf leichte bis mäßige Depression	
11–15 Punkte	Hinweis auf schwere Depression	

Abb. 11: Beispiel für den Screeningtest Geriatrische Depressionsskala (GDS)



## LITERATUR

**Abu-Omar K, Rütten A, Lehtinen V (2004).** Mental health and physical activity in the European Union. *Soz Präventivmed* 49, 301–309.

**American College of Sports Medicine. Lippincott, Williams, Wilkins (2005).** Guideline for Exercise Testing and Prescription. Philadelphia.

**Alexopoulos GS, Abrams RC, Young RC et al. (1988).** Cornell scale for depression in dementia. *Biological Psychiatry*, 23, 271–284.

**Arfken CL, Lach HW, Birge SJ et al. (1994).** The prevalence and correlates of fear of falling in elderly persons living in the community. *Am J Public Health*, 84, 565–570.

**Bandura A (1994).** Self efficacy. In: Ramachandran V.S. (Hrsg.): *Encyclopedia of Human Behavior*. Academic Press. (71–81). New York, 4.

**Barnett A, Smith B, Lord SR et al. (2003).** Community-based group exercise improves balance and reduces falls in at-risk older people: A randomised controlled trial. *Age Ageing*, 32, 407–414.

**Beck AT, Ward CH, Mendelson M et al. (1961).** An inventory for measuring depression. *Arch Gen Psychiatry*, 4, 561–571.

**Beck AT, Steer RA, Garbin MG (1988).** Psychometric properties of the Beck Depression Inventory: twenty-five years of evaluation. *Clin Psychol Rev*, 8, 77–100.

**Benzinger P, Rixt Zijlstra GA, Lindemann U et al. (2011).** Depressive symptoms and fear of falling in previously community-dwelling older persons recovering from proximal femoral fracture. *Aging Clin Exp Res*, 23(5–6), 450–456.

**Blumenthal JA, Babyak MA, Moore KA (1999).** Effects of exercise training on older patients with major depression. *Arch Intern Med*, 159, 2349–2356.

**Blumenthal JA, Emery CF, Madden DJ et al. (1989).** Cardiovascular and behavioral effects of aerobic exercise training in healthy older men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 44, 147–157.

**Brenes GA, Williamson JD, Messier SP et al. (2007).** Treatment of minor depression in older adults: a pilot study comparing sertraline and exercise. *Aging Ment Health*, 11(1), 61–68.

**Brouwer BJ, Walker C, Rydahl SJ, Culham EG (2003)** Reducing fear of falling in seniors

through education and activity programs: A randomized trial. *J Am Geriatr Soc*, 51, 829–834.

**Buchner D & Larson E (1987).** Falls and fractures in patients with Alzheimer-type dementia. *JAMA*, 257, 1492–1495.

**Campbell AJ, Robertson MC, Gardner MM et al. (1997).** Randomised controlled trial of a general practice programme of home based exercise to prevent falls in elderly woman. *BMJ*, 315, 1065–1069.

**Cheng ST, Chow PK, Yu EC et al. (2012).** Leisure activities alleviate depressive symptoms in nursing home residents with very mild or mild dementia. *Am J Geriatr Psychiatry*, 20(10), 904–908.

**Chou K-L, Lee PWH, Yu ECS et al. (2004)** Effect of tai chi on depressive symptoms amongst Chinese older patients with depressive disorder: a randomized clinical trial. *Int J Ger Psychiatry*, 19, 1105–1107.

**Clemson L, Cumming RG, Kendig H et al. (2004).** The effectiveness of a community-based program for reducing the incidence of falls in the elderly: A randomized trial. *J Am Geriatr Soc*, 52, 1487–1494.

**Cumming RG, Salkeld G, Thomas M et al. (2000).** Prospective study of the impact of fear of falling on activities of daily living, SF-36 scores, and nursing home admission. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55, 299–305.

**Delbaere K, Crombez G, Vanderstraeten G et al. (2004).** Fear-related avoidance of activities, falls and physical frailty. A prospective community-based cohort study. *Age Ageing*, 33(4), 368–373.

**Delbaere K., Smith ST, Lord SR (2011).** Development and initial validation of Iconographical Falls Efficacy Scale. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 66, 674–680.

**Delbaere K, Close JC, Mikolaizak AS et al. (2010).** The Falls Efficacy Scale International (FES-I). A comprehensive longitudinal validation study. *Age Ageing*, 39(2), 210–216.

**Denkinger M, Nikolaus T, Denkinger C, Lukas A. (2012).** Physical activity for the prevention of cognitive decline. *Z Gerontol Geriatr*, 45, 11–16.

**Deshpande N., Metter E.J, Lauretani F et al. (2008).** Activity restriction induced by fear of falling and objective and subjective measures of physical function: a prospective cohort study. *J Am Geriatr Soc*, 56(4), 615–620.

**Dias N, Kempen GI, Todd CJ et al. (2006).** Die Deutsche Version der Falls Efficacy Scale – International Version (FES-I). *Z Gerontol Geriatr*, 39, 1–4.

**Duclos M, Gouarne C, Bonnemaïson D (2003).** Acute and chronic effects of exercise on tissue sensitivity to glucocorticoids. *J Appl Physiol*, 94, 86.

**Ebert D & Thomas L (2008).** *Psychiatrie systematisch*. Bremen: UNI.MED (Klinische Lehrbuchreihe).

**Eggermont L & Scherder E (2006).** Physical activity and behaviour in dementia. A review of the literature and implications for psychosocial intervention in primary care. *Dementia*, 5, 411–428.

**Fatarone MA, O’Neil EF, Ryan ND et al. (1994).** Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med*, 330, 1769–1775.

**Fletcher PC, Hirdes JP (2004).** Restriction in activity associated with fear of falling among community-based seniors using home care services. *Age Ageing*, 33, 273–279.

**Friedman SM, Munoz B, West SK et al. (2002).** Falls and fear of falling: which comes first? A longitudinal prediction model suggests strategies for primary and secondary prevention. *J Am Geriatr Soc*, 50, 1329–1335.

**Gillespie LD, Gillespie WJ, Robertson MC et al. (2003).** Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev* 4:CD000340.

**Gregg EW, Pereira MA, Caspersen CJ (2000).** Physical activity, falls, and fractures among older adults: a review of the epidemiologic evidence. *J Am Geriatr Soc*, 48, 883–893.

**Gunzelmann T & Oswald WD (2005).** *Gerontologische Diagnostik und Assessment*. Stuttgart: Kohlhammer GmbH.

**Halvarsson A, Olsson E, Farén E et al. (2011).** Effects of new, individually adjusted, progressive balance group training for elderly people with fear of falling and tend to fall: a randomized controlled trial. *Clin Reha*, 25, 1021–1103.

**Hamilton M (1960).** A rating scale for depression. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 23, 56–62.

**Hampel H & Pantel J (2011).** Demenz. Möller HJ et al. (Hrsg.) *Psychiatrie, Psychosomatik, Psychotherapie* (S. 32–96). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

**Hauer K, Rost B, Rutschle K et al. (2001).** Exercise training for rehabilitation and secondary prevention of falls in geriatric patients with a history of injurious falls. *J Am Geriatr Soc*, 49, 10–20.

**Hauer K, Yardley L, Beyer N et al. (2010).** Validation of the Falls Efficacy Scale and Falls Efficacy Scale International in geriatric patients with and without cognitive impairment: results of self-report and interview-based questionnaires. *Gerontology*, 56(2), 190–199.

**Hauer K, Kempen GI, Schwenk M et al. (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.

**Hautzinger M (1991).** Das Beck-Depressionsinventar (BDI) in der Klinik. *Nervenarzt*, 62, 689–696.

**Hautzinger M & Bailer M (1993).** *Allgemeine Depressionsskala (ADS)*. Göttingen: Beltz Test Gesellschaft.

**Heesch KC, Burton NW, Brown WJ (2011).** Concurrent and prospective associations between physical activity, walking and mental health in older women. *J Epidemiol Community Health*, 65(9), 807–813.

**Herrmann M, Bartels C, Keller A et al. (1995).** Die Cornell-Depressionsskala: Ein Verfahren zur Fremdbeurteilung depressiver Veränderungen bei Patienten mit hirnorganischen Läsionen? – Psychometrische Gütekriterien. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 2, 83–100.

**Howland J, Lachman ME, Peterson EW et al. (1998).** Covariates of fear of falling and associated activity curtailment. *Gerontologist*, 38, 549–555.

**Huang TT, Yang LH, Liu CY (2011).** Reducing the fear of falling among community-dwelling elderly adults through cognitive-behavioural strategies and intense Tai Chi exercise: a randomized controlled trial. *J Adv Nurs*, 67(5), 961–971.

**Jørstad EC, Hauer K, Becker C et al. (2005).** ProFaNE Group. Measuring the psychological outcomes of falling: a systematic review. *Age Ageing*, 34(3), 501–510.

**Kempen GI, Yardley L, van Haastregt JC et al. (2008).** The Short FES-I: a shortened version of the falls efficacy scale-international to assess fear of falling. *Age Ageing*, 37, 45–50.

**Kuzma E, Pantel J, Schröder J (2012).** Prävention psychischer Krankheiten im Alter. In Wahl, Tesch-Römer, Ziegelmann (Hrsg.), *Angewandte Gerontologie – Interventionen für ein gutes Altern in 100 Schlüsselbegriffen* (S. 188–193). Stuttgart: W. Kohlhammer GmbH.

**Lach HW (2005).** Incidence and risk factors for developing fear of falling in older adults. *Public Health Nurs*, 22, 45–52.

**Lach HW, Chang YP, Edwards D (2010).** Can older adults with dementia accurately report depression using brief forms? Reliability and validity of the Geriatric Depression Scale. *J Gerontol Nurs*, 36(5), 30–37.

**Lachman ME, Howland J, Tennstedt S et al. (1998).** Fear of falling and activity restriction: the survey of activities and fear of falling in the elderly (SAFE). *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci.*, 53(1), 43–50.

**Lampinen P, Heikkinen RL, Ruoppila I (2000).** Changes in intensity of physical exercise as predictors of depressive symptoms among older adults: an eight-year follow-up. *Prev Med*, 30, 371–380.

**Laux G & Dietmaier O (2009).** *Psychopharmaka: Ratgeber für Betroffene und Angehörige.* Springer Berlin Heidelberg, 101–119.

**Laux G (2011).** *Depressive Störungen.* Möller HJ et al. (Hrsg.) *Psychiatrie, Psychosomatik, Psychotherapie (S.372–443).* Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011.

**Lawrence RH, Tennstedt SL, Kasten LE et al. (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. *J Aging Health*, 10, 267–286.

**Legters K (2002).** Fear of falling. *Phys Ther*, 82, 264–272.

**Li F, Fisher KJ, Harmer P et al. (2005a).** Falls self-efficacy as a mediator of fear of falling in an exercise intervention for older adults. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 60B, 34–40.

**Lin MR, Hwang HF, Wang YW et al. (2006).** Community-based tai chi and its effect on injurious falls, balance, gait, and fear of falling in older people. *Phys Ther*, 86, 1189–1201.

**Lin MR, Wolf SL, Hwang HF et al. (2007).** A randomized, controlled trial of fall prevention programs and quality of life in older fallers. *J Am Geriatr Soc* 55, 499–506.

**Linden M, Kurtz G, Baltes MM et al. (1998).** Depression bei Hochbetagten - Ergebnisse der Berliner Altersstudie. *Nervenarzt*, 69, 27–37.

**Lord S, Sherrington C, Menz H (2001).** *Falls in older people.* Cambridge, Cambridge University, Press.

**Lucas-Carrasco R (2012).** Spanish version of the Geriatric Depression Scale: reliability and validity in persons with mild-moderate dementia. *Int Psychogeriatr.*, 24(8), 1284–1290.

**Lusardi MM & Smith EV Jr. (1997).** Development of a scale to assess concern about falling and applications to treatment programs. *J Outcome Meas*, 1, 34–55.

**MacRae PG, Asplund LA, Schnelle JF et al. (1996).** A walking program for nursing home residents: Effects on walk endurance, physical activity, mobility, and quality of life. *J Am Geriatr Soc*, 44, 175–180.

**Maki BE, Holliday PJ, Topper AK (1991).** Fear of falling and postural performance in the elderly. *J Gerontol.*, 46(4), 123–131.

**Mann R, Birks Y, Hall J, et al. (2006).** Exploring the relationship between fear of falling and neuroticism: a cross-sectional study in community-dwelling women over 70. *Age Ageing*, 35(2), 143–147.

**McAuley E, Courneya KS, Lettunich J (1991).** Effects of acute and long-term exercise on self-efficacy responses in sedentary, middle-aged males and females. *Gerontologist*, 31, 534–542.

**Motl RW, Birnbaum AS, Kubik MY et al. (2004).** Naturally occurring changes in physical activity are inversely related to depressive symptoms during early adolescence. *Psychosom Med*, 66, 336–342.

**Mulrow CD, Gerety MB, Kanten D et al. (1994)** A randomized trial of physical rehabilitation for very frail nursing-home residents. *JAMA* 271, 519–524.

**Murphy J & Isaacs B (1982).** The post-fall syndrome. A study of 36 elderly patients. *Gerontology*, 28(4), 265–270.

**Myers AM, Powell LE, Maki BE, et al. (1996).** Psychological indicators of balance confidence: relationship to actual and perceived abilities. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 51, 37–43.

**Netz Y, Wu MJ, Becker BJ, Tenenbaum G (2005).** Physical activity and psychological well-being in advanced age: a meta-analysis of intervention studies. *Psychol Aging*, 20, 272–284.

**Oh-Park M, Xue X, Holtzer R et al. (2011).** Transient versus persistent fear of falling in community-dwelling older adults: incidence and risk factors. *J Am Geriatr Soc*, 59(7), 1225–1231.

**Paffenbarger RS, Lee IM, Leung R (1994).** Physical activity and personal characteristics associated with depression and suicide in American college men. *Acta Psychiatr Scand*, 377, 16–22.

**Painter JA, Allison L, Dhingra P et al. (2012).** Fear of falling and its relationship with anxiety, depression, and activity engagement among community-dwelling older adults. *Am J Occup Ther*, 66(2), 169–176.

**Patten SB, Williams JV, Lavorato D et al. (2011).** Mortality associated with major depression in a canadian community cohort. *Can J Psychiatry*, 56, 658–666.

**Penninx BWJH, Rejeski WJ, Pandya J et al. (2002).** Exercise and depressive symptoms: a comparison of aerobic and resistance exercise effects on emotional and physical function in older persons with high and low depressive symptomatology. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 57B, 124–132.

**Powell LE & Myers AM (1995).** The Activities-specific Balance Confidence (ABC) Scale. *J Gerontol Biol Sci Med Sci*, 50A, 28–34.

**Reinsch S, MacRae P, Lachenbruch PA et al. (1992).** Attempts to prevent falls and injury: A prospective community study. *Gerontologist*, 32, 450–456.

**Robertson MC, Devlin N, Gardner MM et al. (2001).** Effectiveness and economic evaluation of a nurse delivered home exercise programme to prevent falls. 1: Randomised controlled trial. *BMJ*, 322, 697–701.

**Rosqvist E, Heikkinen E, Lyyra TM et al. (2009).** Factors affecting the increased risk of physical inactivity among older people with depressive symptoms. *Scand J Med Sci Sports*, 19(3), 398–405.

**Rugulies R (2002).** Depression as a predictor for coronary heart disease. A review and meta-analysis. *Am J Prev Med*, 23, 51–61.

**Ruuskanen JM & Ruoppila I (1995).** Physical activity and psychological well-being among people aged 65 to 84 years. *Age and Ageing*, 24, 292–296.

**Scheffer AC, Schuurmans MJ, van Dijk N et al. (2008).** Fear of falling: measurement strategy, prevalence, risk factors and consequences among older persons. *Age Ageing*, 37, 19–24.

**Singh NA, Clements KM, Fiatarone M (1997).** A randomized controlled trial of progressive resistance training in depressed elders. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52, 27–35.

**Singh NA, Clements KM, Fiatarone M et al. (2001).** The efficacy of exercise as a long-term antidepressant in elderly subjects: a randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Med Sci*, 56, 497–504.

**Singh NA, Stavrinou TM, Scarbek Y et al. (2005).** A Randomized Controlled Trial of High Versus Low Intensity Weight Training Versus General Practitioner Care for Clinical Depression in Older Adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 60, 768–776.

**Sjösten N, Vaapio S, Kivelä SL (2008).** The effects of fall prevention trials on depressive symptoms and fear of falling among the aged: A systematic review. *Aging Mental Health*, 12, 30–46.

**Smith TL, Masaki KH, Fong K et al. (2010).** Effect of walking distance on 8-year incident depressive symptoms in elderly men with and without chronic disease: the Honolulu-Asia Aging Study. *J Am Geriatr Soc*, 58(8), 1447–1452.

**Spence JC, McGannon KR, Poon P (2005).** The effect of exercise on global self-esteem: a quantitative review. *J Sport Exerc Psychol*, 27, 311–334.

**Strawbridge WJ, Deleger S, Roberts RE et al. (2002).** Physical Activity Reduces the Risk of Subsequent Depression for Older Adults. *Am J Epidemiol*, 156, 328–334.

**Ströhle A (2009).** Physical Activity, exercise, depression and anxiety disorders. *J Neural Transm*, 116, 777–784.

**Taylor AH & Fox KR (2005).** Effectiveness of a primary care exercise referral intervention for changing physical self-perceptions over 9 months. *Health Psychol*, 24, 11–21.

**Tennstedt S, Howland J, Lachmann M et al. (1998).** A randomized, controlled trial of a group intervention to reduce fear of falling and associated activity restriction in older adults. *J Gerontol B Psychol Sci*, 53, 384–392.

**Teri L, Gibbons LE, McCurry SM et al. (2003).** Exercise plus behavioral management in patients with Alzheimer disease – a randomized controlled trial. *JAMA*, 290, 2015–2022.

**Timonen L, Rantanen T, Timonen TE et al. (2002).** Effects of group-based exercise program on the mood state of frail older women after discharge from hospital. *Int J Geriatr Psychiatry*, 17, 1106–1111.

**Tinetti ME, Baker DI, McAvay G et al. (1994).** A multifactorial intervention to reduce the risk of falling among elderly people living in the community. *N Engl J Med*, 331, 821–827.

**Tinetti ME & Powell I (1993).** Fear of falling and low self-efficacy: a case of dependence in elderly persons. *J Gerontol*, 48, 35–38.

**Tinetti ME, Mendes de Leon CF, Doucette JT et al. (1994).** Fear of falling and fall-related efficacy in relationship to functioning among community-living elders. *J Gerontol*, 49(3), 140–147.

**Tinetti ME, Richman D, Powell L (1990).** Falls efficacy as a measure of fear of falling. *J Gerontol: Psychol Sci*, 45, 239–243.

**Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF (1988).** Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med*, 319, 1701–1707.

**Tsang HW, Fung KM, Chan AS et al (2006).** Effect of a qigong exercise programme on elderly with depression. *Int J Geriatr Psychiatry*, 21(9), 890–897.

**Uemura K, Shimada H, Makizako H et al. (2012).** A lower prevalence of self-reported fear of falling is associated with memory decline among older adults. *Gerontology*, 58(5), 413–418.

**Van de Winckel A, Feys H, De Weerd W et al. (2004).** Cognitive and behavioural effects of music-based exercises in patients with dementia. *Clin Rehabil*, 18, 253–260.

**Wang C, Collet JP, Lau J (2004).** The effect of tai chi on health outcomes in patients with chronic conditions. *Arch Intern Med*, 164, 493–501.

**Wenicke TF, Geiselmann B, Linden M et al. (1997).** Prävalenz von Depressionen im Alter: Die Berliner Altersstudie (BASE). In H. Radebold RD, Hirsch J, Kipp R et al. (Hrsg.), *Depressionen im Alter* (S. 81–83). Darmstadt: Steinkopff.

**Weyerer S (1992).** Physical Inactivity and Depression in the Community. Evidence from the Upper Bavarian Field Study. *Int J Sports Med*, 13, 492–496.

**Williams CL & Tappen RM (2008).** Exercise training for depressed older adults with Alzheimer's disease. *Aging Ment Health*, 12, 72–80.

**Yardley L, Beyer N, Hauer K et al. (2005).** Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale - International (FES-I). *Age 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. *Gerontologist*, 42, 17–23.

**Yates SM & Dunnagan TA (2001).** Evaluating the effectiveness of a home-based fall risk reduction program for rural community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 56, 226–230.

**Yesavage JA, Brink TL, Rose TL et al. (1983).** Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *J Psychiatr Res*, 17(1), 37–49.

**Zank S & Heidenblut S (2009).** Versorgung von Depressionen im Alter. Adler G, Gutzmann H, Haupt M et al. (Hrsg), *Seelische Gesundheit und Lebensqualität im Alter. Depression – Demenz – Versorgung* (S. 15–19). Schriftreihe der Deutschen Gesellschaft für Gerontopsychiatrie- und psychotherapie e.V. Kohlhammer.

**Zhang JG, Ishikawa-Takata K, Yamazaki H et al. (2006).** The effects of tai chi chuan on physiological function and fear of falling in the less robust elderly: An intervention study for preventing falls. *Arch Gerontol Geriatr*, 42, 107–116.

**Zijlstra GA, van Haastregt JC, Ambergen T et al. (2009).** Effects of a multicomponent cognitive behavioural group intervention on fear of falling and activity avoidance in community-dwelling older adults: results of a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc*, 57, 2020–2028.

**Zimmer R & Förstl H (2011).** *Depression und Dissoziation: Ganser-Syndrom und andere*. Förstl H (Hrsg.), *Demenzen in Theorie und Praxis* (S. 234–239). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

## *Schrift 3*

---

In: Therapie bei Demenz – Körperliches Training bei Menschen mit Demenz, Schriftreihe der Baden-Württemberg Stiftung gGmbH (Hrsg.), Stuttgart.

Juli 2014

S. 98 - 123

***Effekte körperlicher Aktivität auf die Kognition im Alter und bei Demenz.***

Autoren: Lemke N., Gogulla S., Hauer K.

© Baden-Württemberg Stiftung gGmbH 2000-2017

Der Originalartikel wurden mit Erlaubnis von der Baden-Württemberg Stiftung gGmbH in dieser Dissertationsschrift wiederverwendet.

Stiftung; Nr. 74

ISSN 1610-4269

ISBN 978-3-00-045762-3

An elderly couple is riding bicycles in a park. The man, on the left, has white hair and glasses, wearing a blue denim jacket over a red shirt and blue jeans. The woman, on the right, has blonde hair and is wearing a tan jacket over a light blue top and blue jeans. They are both smiling and looking forward. The background is a blurred green field with trees in the distance. The text is overlaid in the bottom left corner.

**III. EFFEKTE KÖRPERLICHER  
AKTIVITÄT AUF DIE KOGNITION  
IM ALTER UND BEI DEMENZ**

# III. EFFEKTE KÖRPERLICHER AKTIVITÄT AUF DIE KOGNITION IM ALTER UND BEI DEMENZ

NELE CHRISTIN LEMKE, STEFANIE GOGULLA & KLAUS HAUER

## 1. EINLEITUNG

Der biologische Alterungsprozess schließt strukturelle sowie funktionelle Veränderungen des Gehirns ein. Häufig treten neben diesen alterstypischen Veränderungen aber auch pathologische, d.h. über das altersentsprechende Maß hinausgehende, Verschlechterungen auf, die sowohl Kognition als auch die funktionelle Leistungsfähigkeit des Menschen stark beeinträchtigen können. Die dabei am häufigsten auftretenden Veränderungen sind die leichten kognitiven Störungen (Mild Cognitive Impairment = MCI, ICD-10, Fo6.7) und die demenziellen Erkrankungen (hierbei vor allem die Alzheimer-Demenz) (► **Beitrag I**).

Kausal wirksame Therapieansätze, die das Demenzrisiko reduzieren können und kognitive Verluste dauerhaft verhindern, existieren bislang nicht. Bisherige pharmakologische Ansätze (Antidementiva) zeigen nur einen limitierten positiven Einfluss auf die Symptomatik altersassoziierter kognitiver Dysfunktionen und sind zudem mit relevanten Kosten und zum Teil auch mit Nebenwirkungen verbunden.

Den pharmakologischen Therapieansätzen stehen nicht-pharmakologische gegenüber,

von denen körperliche Aktivität bzw. körperliches Training bislang am intensivsten untersucht wurden.

Die positive Wirkung von körperlicher Aktivität wurde bereits in vielerlei Hinsicht, auch für gebrechliche und/oder demenziell erkrankte Menschen, bestätigt. Positive Effekte körperlicher Aktivität können zudem sowohl strukturelle als auch funktionelle Einflüsse auf das Gehirn und dadurch auch auf die damit verbundenen kognitiven Leistungen haben (Colcombe & Kramer 2003; Erickson 2011; Kramer & Erickson 2006).

Im folgenden Kapitel wird die Wirksamkeit von körperlicher Aktivität auf die kognitiven Fähigkeiten im normalen Alterungsprozess und bei bereits bestehender kognitiver Beeinträchtigung (MCI oder Demenz) thematisiert. Basierend auf den physiologischen Funktionen des menschlichen Gehirns werden die Beziehung von körperlicher Aktivität und Kognition aus präventiver Sicht (epidemiologisch assoziative Studien) und die kausalen Zusammenhänge mit Hilfe von randomisierten kontrollierten Interventionsstudien dargestellt. Abschließend erfolgt aus der Übersicht des aktuellen Forschungsstands eine Ableitung von Hinweisen und Empfeh-

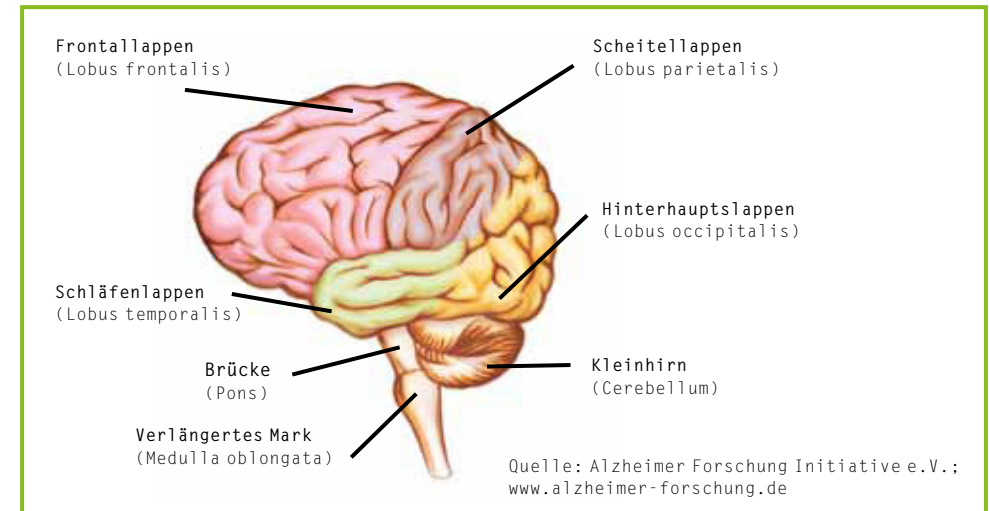


Abb. 1: Bereiche der Großhirnrinde (schematische, seitliche Ansicht)

lungen für ein körperliches Training, welches sich positiv auf die kognitive Leistung von Menschen mit Demenz auswirken kann.

## 2. ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DEMENZIEN ERKRANKUNGEN UND KOGNITION

### WAS BEDEUTET KOGNITION BZW. WELCHE GEHIRNSTRUKTUREN UND -FUNKTIONEN HABEN BESONDERS IM ALTER EINE HOHE RELEVANZ?

Der Begriff der Kognition wird in der Psychologie sehr uneinheitlich verwendet. Nach der Definition von Zimbardo und Floyd (1983) schließt die Kognition alle neuronalen Prozesse ein, durch die Wahrnehmungen aus der Umwelt aufgenommen, verarbeitet, gespeichert und wieder abgerufen werden. Zu diesen Prozessen zählen unter anderem Gedächtnis, Sprache, Aufmerksamkeit, Emotionen, Exekutivfunktionen und die Intelligenz (Wagenknecht 1980; Zimbardo 1995). Das Gehirn ist der Ort, wo diese kognitiven Prozesse ab- bzw. zusammenlaufen.

Das Gehirn lässt sich in drei Hauptbereiche unterteilen:

- Großhirn: wichtig für das Abrufen von Informationen/Erinnerungen, das Problemlösen, Emotionen und die Steuerung von Bewegungsabläufen.
- Kleinhirn: wichtig für die Koordinationsfähigkeit und das Gleichgewicht.
- Hirnstamm: Verbindung von Gehirn und Rückenmark; wichtig für automatisierte Körperfunktionen wie den Herzschlag, die Atmung und die Verdauung.

Bei diesen Strukturen spielt vor allem die Großhirnrinde (auch Cortex genannt) eine besonders relevante Rolle. Sie lässt sich in sechs Hirnloben einteilen, von denen vier an der Oberfläche (Temporal-, Parietal-, Frontal- und Okzipitalloben; ► Abb. 1) und zwei in der Tiefe (Insel- und limbische Loben) liegen (Creutzfeldt 1983).



Frontallappen (Stirnloben)	Parietallappen (Scheitellappen)	Temporallappen (Schläfenloben)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Willkürmotorik (steuert &amp; kontrolliert Bewegungen)</li> <li>▶ motorisches Sprachzentrum (Broca-Areal)</li> <li>▶ Willensstärke vorausschauendes Handeln /Denken</li> <li>▶ Persönlichkeitswahrnehmung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ somatische Sensibilität</li> <li>▶ visuelle Steuerung von Bewegungen</li> <li>▶ Erkennung von Reizen im Raum</li> <li>▶ räumliches Denken</li> <li>▶ „quasi-räumliches“ Denken (rechnen/lesen)</li> <li>▶ switchen zwischen zwei Reizen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ primäres Hörzentrum</li> <li>▶ sensorisches Sprachzentrum (Wernicke-Areal)</li> <li>▶ Sprachverständnis</li> <li>▶ Gedächtnisbildung (über den Hippocampus)</li> <li>▶ Arbeitsgedächtnis</li> </ul>

Tab. 1: Funktionsbereiche des Frontal-, Parietal- und Temporallappens

Von Alterungsprozessen im Gehirn sind strukturell besonders der Frontal-, Parietal- und der obere Temporallappen betroffen (Reuter 2010), auf dessen wichtigste Funktionen im Folgenden eingegangen wird (▶ Tab. 1).

Der **Frontallappen** (Stirnloben bzw. Lobus frontalis) hat primär eine motorische Funktion. Er steuert und kontrolliert Bewegungshandlungen (d.h. die Willkürmotorik) über den sogenannten Motorcortex, der einen großen Anteil des hinteren Frontallappens einnimmt. Zudem befindet sich im hinteren Rindenfeld das motorische Sprachzentrum (Broca-Areal), das für Sprachmotorik, Lautbildung, Artikulation und die Bildung abstrakter Wörter verantwortlich ist (Birbaumer & Schmidt 2010; Spornitz 2004). Die Rindenfelder im vorderen Teil des Frontallappens sind vor allem von großer Bedeutung für moralisches und soziales Handeln, vorausschauendes Handeln bzw. Denken, soziale Intelligenz, zukunftsorientiertes Handeln (persönliche Willensstärke) und das Verständnis für die Realität sowie die eigene Persönlichkeit, weshalb dieses Areal auch als „Sitz der Persönlichkeit“ bezeichnet wird (Spornitz 2004). Kommt es zu Schäden in diesem Bereich, z. B. durch neurodegenerative Erkrankungen, sind vor allem Aufmerksamkeits-, Sprach- (motorische Aphasie) und Gedächtnisleistungen beeinflusst. Zudem treten Probleme im schlussfolgernden Denken auf (Förstl 2012).

Die wichtigste Funktion des **Parietallappens** (Scheitellappen bzw. Lobus parietalis) ist die Integration von sensorischen Informationen (somatische Sensibilität; Spornitz 2004). Der obere Teil des Parietallappens spielt bei der visuellen Steuerung von Bewegungen und der Erkennung von Stimuli im Raum eine große Rolle, wodurch eine räumliche Aufmerksamkeit und der Wechsel zwischen verschiedenen Stimuli (Switching) ermöglicht werden. Der untere Teil ist zuständig für das räumliche Denken und für Prozesse wie Rechnen und Lesen („Quasi-räumliches Denken“; Creutzfeldt 1983).

Im vorderen Teil des **Temporallappens** (Schläfenloben bzw. Lobus temporalis) laufen die Enden der Hörbahnen zusammen, weshalb er auch als primäres Hörzentrum (auditorischer Cortex) bezeichnet wird (Creutzfeldt 1992; Spornitz 2004). Im hinteren Bereich des Temporallappens liegt die Region des sensorischen Sprachzentrums (Wernicke-Areal), welches für das Sprachverständnis ausschlaggebend ist (Spornitz

2004). Zusammen mit dem Broca-Areal im Frontallappen ist das Wernicke-Areal eine der beiden Hauptkomponenten des Sprachzentrums. Störungen des Wernicke-Areals führen zu sensorischen Aphasien, wobei es zu starken Beeinträchtigungen des Sprachverstehens kommt (Birbaumer & Schmidt 2010; Spornitz 2004).

Wichtig ist zudem der Hippocampus im medialen Teil. Hier fließen Informationen aus den verschiedenen sensorischen Systemen zusammen, die dort verarbeitet werden und an die Großhirnrinde zurückgehen, wo sie im Langzeitgedächtnis abgespeichert werden. Funktionell ist der Hippocampus somit von großer Bedeutung für die Gedächtniskonsolidierung. Er überführt Gedächtnisinhalte aus dem Kurzzeit- ins Langzeitgedächtnis (Roth 2002; Spornitz 2004). Einen kurzen Test zur Überprüfung u.a. des Kurzzeitgedächtnisses („Digit Span“) ist am Ende des Beitrags ausführlicher dargestellt.

Die oben beschriebenen Gehirnstrukturen sind der Sitz für wichtige kognitive Prozesse und Funktionen wie Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Orientierung, Wahrnehmung, Konzentration und Exekutivfunktionen. Für die Bewältigung des Alltags und ein möglichst selbstständiges Leben sind die exekutiven Funktionen von großer Bedeutung. Sie umfassen unter anderem die Impulskontrolle (Inhibition), zielgerichtetes Handeln (inklusive Planung, Koordination und Initiierung einer Handlung), die Beobachtung und Fehlerkorrektur von Ausführungen, die Willensbildung sowie die Prioritätensetzung und sind besonders im Bereich des Frontallappens lokalisiert (Duke & Kazniak 2000). Dieser Bereich ist am stärksten von

den Alterungsprozessen betroffen (Coffey 1992; Reuter 2010). Alle Funktionen stehen eng miteinander in Verbindung und beeinflussen sich gegenseitig (Miyake 2000).

### 3. KÖRPERLICHE AKTIVITÄT UND KOGNITION

Im folgenden Kapitel werden wissenschaftliche Erkenntnisse zur präventiven und therapeutischen Wirkung von körperlicher Aktivität und körperlichem Training auf die Kognition zusammenfassend dargestellt.

#### KANN KÖRPERLICHE AKTIVITÄT VOR KOGNITIVEN VERLUSTEN UND DEMENZEN SCHÜTZEN BZW. HAT KÖRPERLICHE AKTIVITÄT EINEN PRÄVENTIVEN NUTZEN FÜR DIE KOGNITION IM ALTER?

(Ergebnisse epidemiologischer Assoziationsstudien)

#### ZUSAMMENHANG ZW. KÖRPERLICHER AKTIVITÄT UND KOGNITIVEN FUNKTIONEN BEI GESUNDEN ÄLTEREN

Zu den ersten Wissenschaftlern, die den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und der Kognition analysierten, gehörten Spirduso und Clifford (1978). Ihre Untersuchung zeigte, dass ältere Männer, die regelmäßig aktiv waren (Racket spielen oder Joggen), deutlich bessere Reaktionszeiten aufwiesen als deren inaktive Altersgenossen. Auf Basis solcher Ergebnisse wurde eine Vielzahl an epidemiologischen Studien initiiert, die den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und kognitiven Leistungen bei gesunden älteren Menschen im Quer- oder Längsschnitt untersuchten.

Die Ergebnisse zeigten eine eindeutig positive Beziehung zwischen höherer körperlicher Aktivität (meist gemessen an sportlichen Aktivitäten oder Alltagsaktivitäten wie Gehstrecken oder Treppensteigen) und der Kognition. Höhere Aktivität im Alter war mit verbesserten kognitiven Leistungen und einer geringeren Wahrscheinlichkeit kognitiver Beeinträchtigung assoziiert (Angevaren 2007; Barnes 2003, 2007; Middelton 2008; Schuit 2001; van Gelder 2004; Weuve 2004; Yaffe 2001). Die Definition kognitiver Beeinträchtigung war dabei unterschiedlich. Meist wurde nur der relative Abbau der kognitiven Leistungen dargestellt, der jedoch nicht mit einer kognitiven Schädigung im Sinne eines Mild Cognitive Impairments oder einer Demenz gleichgesetzt werden kann. Schuit (2001) setzte z.B. eine kognitive Verschlechterung mit einer Veränderung der MMST-Werte von mehr als drei Punkten über einen Zeitraum von drei Jahren gleich.

Die häufigsten Endpunkte der Studien untersuchten, ob ein höheres Aktivitätsniveau mit einer verbesserten Kognition in verschiedenen Bereichen, wie im verbalen Gedächtnis (Weuve 2004), Aufmerksamkeit (Barnes 2008), Exekutivfunktionen (Barnes 2008) und globalen kognitiven Funktionen (Middelton 2008; Weuve 2004), assoziiert ist.

Die Aussagen, wie intensiv Aktivitäten betrieben werden sollen, um effektiv auf die Kognition wirken zu können, sind heterogen:

Eine Querschnittsstudie von Angevaren (2007) zeigte, dass eine intensive körperliche Belastung eher als der Gesamtumfang körperlicher Aktivitäten mit verbesserten kognitiven Leistungen in Verarbeitungsgeschwin-

digkeit, Gedächtnis und mentaler Flexibilität verknüpft ist. Daraus folgte die Annahme, dass es eine Art Intensitätsschwelle geben muss, über welcher der kognitive Benefit deutlich ausgeprägter auftritt. Dem stehen die Ergebnisse von Geda (2010) gegenüber, nach denen moderate Aktivitäten im mittleren oder späten Erwachsenenalter mit einem reduzierten Risiko für Mild Cognitive Impairment verknüpft waren. Ein vergleichbarer Effekt konnte in derselben Studie aber weder für leichte noch für hochintensive Aktivitäten nachgewiesen werden.

Unterschiedliche Ergebnisse erklären sich zum Teil aus Differenzen in der Methodik beider Studien bezüglich der Stichprobengröße, dem Alter der Probanden zu Studienbeginn, den Fragebögen zur Erfassung der körperlichen Aktivität als auch dem Nachuntersuchungszeitraum. So untersuchte Geda (2010) eine kleinere Stichprobe an Probanden, die zu Beginn der Studie bereits älter waren (zwischen 70–89), erfasste die körperliche Aktivität über ein Jahr (mit zusätzlichen Befragungen auch zur Aktivität im mittleren Erwachsenenalter) und setzte einen Nachuntersuchungszeitraum von zwei Jahren an.

Eine weitere Erklärung wäre, dass hochintensive Belastungen in dieser Altersgruppe gar nicht oder nur selten ausgeführt werden, wodurch mögliche Effekte nicht abgebildet werden konnten.

Im Gegensatz dazu erfasste Angevaren (2007) eine größere Stichprobe, die zu Beginn jünger war (45–70 Jahre) und führte eine detailliertere Befragung zur körperlichen Aktivität durch. Der Nachuntersuchungszeitraum war mit sechs Jahren deutlich län-

Studie	Probandenanzahl [n] /Geschlecht	Alter [Jahre]	Messmethoden körperlicher Aktivität/ Nachbeobachtung	Ergebnisse
Rovio (2005)	n = 1449 Frauen/Männer	65 - 79	Selbstauskunft über Fragebogen zur Häufigkeit der KA; 21 Jahre	<b>positiv</b> 2x KA pro Woche im mittleren Lebensalter assoziiert mit reduziertem AD-Risiko
Larson (2006)	n = 1740 Frauen/Männer	≥ 65	Selbstauskunft über Fragebogen zur Häufigkeit der KA; 6,2 Jahre	<b>positiv</b> KA ≥3x pro Woche assoziiert mit reduziertem AD-Risiko
Laurin (2001)	n = 4615 Frauen/Männer	≥ 65	Selbstauskunft über Fragebogen zur Häufigkeit & Intensität der KA; 5 Jahre	<b>positiv</b> hohe KA assoziiert mit reduziertem AD-Risiko (Effekte treten verstärkt bei Frauen auf)
Abbott (2004)	n = 2257 nur Männer	71 - 93	Selbstauskunft über Fragebogen; Gehdistanz pro Tag; 7 Jahre	<b>positiv</b> niedrige KA (Gehaktivität) assoziiert mit erhöhtem AD-Risiko
Buchman (2012)	n = 716 Frauen/Männer	53 - 100	totale KA pro Tag; gemessen mit Akzelerometern; 4 Jahre	<b>positiv</b> hohe Gesamt-KA assoziiert mit reduziertem AD-Risiko
Scarmeas (2009)	n = 1880 Frauen/Männer	≥ 65	Selbstauskunft über Fragebogen; zur Häufigkeit, Dauer & Intensität der KA; 5,4 Jahre	<b>positiv</b> höchste KA assoziiert mit reduziertem AD-Risiko (vgl. zu niedrigster KA)
Wilson (2002a)	n = 835 Frauen/Männer	≥ 65	Selbstauskunft über Fragebogen zur Häufigkeit & Dauer der KA; 4,1 Jahre	<b>negativ</b> keine Beziehung zwischen KA und AD-Inzidenz
Wilson (2002b)	n = 801 Frauen/Männer	≥ 65	Selbstauskunft über Fragebogen zur Häufigkeit der KA; 4,5 Jahre	<b>negativ</b> keine Beziehung zwischen KA und AD-Inzidenz

KA = körperliche Aktivität; AD=Alzheimer-Demenz

Tab. 2: Prospektive Längsschnittstudien zur körperlichen Aktivität und Alzheimer-Demenzrisiko

ger, wodurch die Effekte körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit deutlich länger beobachtet werden konnte.

Zusammenfassend unterscheiden sich die beiden Studien relevant in den oben genannten Punkten sowie auch in ihren Studienendpunkten: So erfasste Angevaren (2007) die graduelle Veränderung der Kognition, die nicht zwingend pathologisch sein muss, über eine neuropsychologische Testbatterie, wohingegen bei Geda (2010) die Pro-

banden zusätzlich über ein Expertenkonsensus nach pathologischen Kriterien für MCI klassifiziert wurden.

### ZUSAMMENHANG ZWISCHEN KÖRPERLICHER AKTIVITÄT UND DEMENZ IM ALTER

Die bisherigen Studien untersuchten die kognitiven Leistungen abhängig vom Grad der körperlichen Aktivität, jedoch unabhängig davon, ob diese Anzeichen für eine spätere kognitive Beeinträchtigung bzw. demenzielle Entwicklung waren. Aus die-

sem Grund war es für Studien mit klinischer Relevanz wichtig, die körperliche Aktivität spezifischer als möglichen Prädiktor für kognitive Beeinträchtigung und demenzielle Entwicklungen im Alter zu untersuchen. Eine Übersicht über einige dieser prospektiven Längsschnittuntersuchungen ist in Tabelle 2 zu finden.

Die Mehrheit der prospektiven Kohortenstudien zeigte signifikant positive Beziehungen zwischen einem hohen körperlichen Aktivitätslevel und einer geringeren Wahrscheinlichkeit nachfolgend eine Demenz, v.a. eine Demenz des Alzheimer-Typs, zu entwickeln. Die positive Assoziation zwischen körperlicher Aktivität und einem späteren Demenzrisiko konnte jedoch nicht in allen Untersuchungen belegt werden (Wilson 2002a, 2002b). Diese Studien untersuchten jedoch nur relativ kleine Stichproben ( $n < 1000$ ) und nutzten kurze Nachuntersuchungsperioden (4–5 Jahre) verglichen mit den Studien, die positive Effekte fanden ( $n = 1449$ – $4615$ , Nachuntersuchungszeitraum 4–21 Jahre; ▶ Tab. 2). Zudem analysierten die Studien von Wilson (2002a, 2002b) eine sehr spezifische Stichprobe (Religious Orders Study), die möglicherweise nicht die Allgemeinbevölkerung repräsentiert.

#### **WIE HÄUFIG UND INTENSIV MUSS KÖRPERLICHE AKTIVITÄT SEIN, UM PRÄVENTIV ZU WIRKEN?**

Larson (2006) untersuchte die Effekte eines regelmäßigen körperlichen Trainings auf das Demenzrisiko. Personen, die drei oder mehr Trainingseinheiten pro Woche durchführten, hatten eine niedrigere Wahrscheinlichkeit, in den späteren Jahren eine Demenz zu entwickeln als diejenigen, die weniger häufig ( $< 3 \times$ /Woche) aktiv waren.

In einer anderen Studie (Rovio 2005) konnte bereits ab einer regelmäßigen körperlichen Aktivität von zwei Mal pro Woche (verglichen mit einem überwiegend inaktiven, sedentären Lebensstil) eine 50 % geringere Wahrscheinlichkeit, eine Demenz zu entwickeln, nachgewiesen werden. Offen, da unzureichend untersucht, bleibt bei beiden Studien die Frage, wie intensiv die körperliche Aktivität war, die zu den positiven Effekten führte.

Gestützt wurden die Ergebnisse von Scarmeas (2009), der zusätzlich auch den Faktor der Intensität mit erhob. Die Untersuchung erfasste, wie häufig und wie lange die Probanden Aktivitäten mit unterschiedlichen Intensitäten ausführten, woraus ein körperlicher Aktivitätswert (Trainingsminuten  $\times$  Häufigkeit der körperlichen Aktivität  $\times$  Intensität, d.h. intensiv, moderat oder leicht) berechnet wurde. Dabei unterschieden sich die Intensitäten der Aktivitäten wie folgt: „intensivere Aktivitäten“ (Aerobic, Joggen, Handball spielen); „moderate Aktivitäten“ (Fahrradfahren, schwimmen, wandern, Tennis spielen) und „leichtere Aktivitäten“ (spazieren gehen, tanzen, golfen, Bowling, Gartenarbeit, reiten). Die Teilnehmer, die auf Grundlage der Bewertung über Dauer, Häufigkeit und Intensität, als „intensiver aktiv“ (ca. 1,3 Stunden/Woche intensivere Aktivitäten) und „moderat aktiv“ (ca. 2,4 Stunden/Woche moderate Aktivitäten) eingestuft wurden, hatten im Vergleich zu denen, die keine Teilnahme an irgendeiner körperlichen Aktivität angaben, eine geringere Wahrscheinlichkeit, eine Alzheimer-Demenz zu entwickeln.

Scarmeas (2009) und Laurin (2001) zeigten sogar eine signifikante Dosis-Wirkungs-Beziehung, die belegt, dass ein reduziertes Risiko mit einem erhöhten Aktivitätsniveau einhergeht, was als wichtiger Hinweis für einen bestehenden Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und Kognition gesehen werden kann.

Daraus ergibt sich die Annahme, dass neben der Häufigkeit auch die Intensität der körperlichen Aktivität eine Rolle für die präventive Funktion spielt. Verschiedene Studien mit dem Endpunkt Demenzprävention zeigten größere Effekte durch intensivere körperliche Aktivitäten (Larson 2006; Laurin 2006; Scarmeas 2009). Zudem war ein höherer Energieverbrauch durch intensivere Trainingseinheiten an mindestens vier Tagen pro Woche mit dem geringsten Risiko verbunden, eine Demenz zu entwickeln.

Die Mehrheit der Studienergebnisse mit dem Studienendpunkt relevante kognitive Beeinträchtigung (Mild Cognitive Impairment) oder Demenz (hier v.a. Alzheimer-Demenz) zeigt eine Abhängigkeit des Grads der Wirksamkeit von der Intensität der körperlichen Aktivität (Colcombe 2003; Kramer 2003; Laurin 2001; Scarmeas 2009; Weuve 2004). Nichtsdestotrotz bewirken auch weniger intensive Aktivitäten einen positiven (wenn auch weniger ausgeprägten) Effekt (Rovio 2005).

Unterstützung findet diese Annahme zu Häufigkeit und Intensität durch eine Metaanalyse prospektiver Studien von Sofi (2011), welche die Beziehung zwischen körperlicher Aktivität und dem Risiko demenzielle Erkrankungen zu entwickeln analysierte.

Insgesamt wurden 15 Studien mit einer Gesamtanzahl von 33.816 Personen, die zu Beginn demenziell nicht erkrankt waren, von denen aber im Verlauf 3.210 Personen von erheblichen kognitiven Verlusten betroffen waren, eingeschlossen. Nach einer Nachbeobachtungszeit (zwischen ein bis 12 Jahren) konnte ein deutlicher protektiver Effekt von körperlicher Aktivität auf den kognitiven Status berichtet werden. Dabei war ein moderates bis intensives Maß an körperlicher Aktivität an mindestens zwei bis drei Tagen pro Woche für mindestens 30 Minuten mit dem größten Benefit assoziiert. Welche spezifischen Effekte die einzelnen Faktoren Häufigkeit, Dauer und/oder Intensität auf die kognitive Leistung haben, konnte nur unzureichend identifiziert werden.

#### **WELCHE METHODISCHEN PROBLEME ZEIGEN EPIDEMIOLOGISCH-ASSOZIATIVE STUDIEN AUF?**

Die bisherigen Erhebungsmethoden sind kritisch zu sehen, da sie die körperliche Aktivität überwiegend als Selbsteinschätzung in Form von Fragebögen erfassten, um den Zusammenhang von körperlicher Aktivität und einem Demenzrisiko zu untersuchen. Aber auch Studien, die qualitativ hochwertige objektive, technische Messmethoden wählten, konnten diesen deutlichen positiven Zusammenhang bestätigen (Barnes 2003, 2008; Buchman 2012).

Messverfahren, die auf Selbstauskünften beruhen (wie z.B. Fragebögen) sind zum Teil fehlerbehaftet, da die gemachten Angaben zur körperlichen Aktivität sehr ungenau bzw. unspezifisch sein können oder nicht der Wahrheit entsprechende Angaben gemacht werden (Stichwort: soziale Erwünschtheit). Die präzise retrospektive Bestimmung der

körperlichen Aktivitäten über das letzte Jahr oder über die Lebensspanne (z.B. im mittleren Erwachsenenalter) allein durch Erinnerungen einer Person stellt eine große Herausforderung dar.

Einige wenige Untersuchungen, die entweder den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und Kognition (Barnes 2003, 2008) oder dem Demenzrisiko (Buchman 2012) analysierten, verwendeten objektive Messverfahren in Form von Akzelerometern oder Labortestungen:

Die Querschnittsstudie von Barnes (2008) dokumentierte die körperliche Aktivität anhand von akzelerometerbasierten Daten, um die Beziehung zwischen Gesamttagesaktivität und kognitiven Funktionen bei älteren Frauen zu bestimmen. Frauen, die im oberen Aktivitätsbereich lagen, hatten durchgehend signifikant bessere Werte in den kognitiven Testungen (Mini-Mental-Status-Test, Trail Making Test B), im Vergleich zu den Frauen, die sich im niedrigen Aktivitätsbereich befanden.

In einer prospektiven Studie (Barnes 2003) wurde die kardiorespiratorische Fitness als indirektes Maß für körperliche Aktivität bei gesunden Älteren über einen Laufbandtest erfasst und der kognitive Status bestimmt. Nach sechs Jahren erfolgte erneut die Kontrolle der Kognition: Probanden, die zum ersten Testzeitpunkt die niedrigsten Werte im Fitnessstest zeigten, hatten nachfolgend auch die schlechtesten kognitiven Werte und wiesen die größte Verschlechterung im Mini-Mental-Status-Test auf.

Buchman (2012), der die Auswirkung der körperlichen Aktivität im direkten Zusam-

menhang mit dem Auftreten einer Alzheimer-Demenz untersuchte, erhob zum ersten Mal die gesamte körperliche Tagesaktivität über Akzelerometer (► Tab. 2). Dabei wurde ein höherer täglicher Aktivitätsumfang mit einem verminderten Alzheimer-Risiko assoziiert. Dies war die erste Studie, welche die Zusammenhänge über objektive Messverfahren belegen konnte.

Zusammenfassend unterstützen die objektiv erhobenen Daten der körperlichen Aktivität die Ergebnisse der vorherigen Studien, die sich auf subjektive Fragebögen beziehen und sprechen somit für einen starken positiven Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und kognitiven Leistungen bzw. der Prävention demenzieller Erkrankungen.

### **KANN KÖRPERLICHE AKTIVITÄT DIE KOGNITION IM ALTER UND BEI EINER DEMENZIELLEN ERKRANKUNG VERBESSERN BZW. ERHALTEN?**

Epidemiologische Studien liefern Assoziationen zwischen körperlicher Aktivität und der Kognition bzw. dem Demenzrisiko. Sie sind aber nicht in der Lage, kausale Zusammenhänge darzustellen und zu belegen. Sie beobachten eine Stichprobe über einen bestimmten Zeitraum. Der Einfluss möglicher anderer Faktoren wird oft nicht oder nur zum Teil mit einbezogen.

Aufgrund dessen ist es notwendig, kontrollierte, randomisierte Interventionsstudien durchzuführen, die kausale Wirkmechanismen nachweisen können. Ergebnisse solcher Studien erlauben evidenzbasierte Empfehlungen der höchsten Evidenzklasse, z.B. durch die medizinischen Fachgesellschaften.

### **ERGEBNISSE VON TRAININGSPROGRAMMEN AUF DIE KOGNITION BEI GESUNDEN ÄLTEREN**

Deutlich positive Effekte von körperlicher Aktivität auf die Kognition konnten sowohl in Tiermodellen als auch in einer Anzahl von Interventionsstudien mit älteren, gesunden Menschen nachgewiesen werden (Erickson & Colcombe 2009; Fillit 2002; Kramer & Erickson 2006). Im Fokus der meisten Studien stand dabei ein aerobes Training zur Verbesserung kognitiver Leistungen, was die (in der Literatur oftmals beschriebene) inverse Beziehung zwischen Kognition und kardiovaskulärer Fitness (Colcombe & Kramer 2003; Erickson & Colcombe 2009) nahelegt.

Dabei zeigte sich, dass durch aerobe körperliche Aktivität vor allem die Exekutivfunktionen, Kontrollprozesse und visuell-räumliche Funktionen im Alter angesprochen werden (Kramer 2004; Scherder 2005). Bei den exekutiven Funktionen fand sich keine spezielle kognitive Teilleistung, die sich signifikant deutlicher verbesserte im Vergleich zu den anderen Teilleistungen: Alle Bereiche wie Arbeitsgedächtnis, Inhibition, Handlungsplanung/-steuerung konnten durch ein aerobes Training verbessert werden. Strukturell zeigten bildgebende Verfahren, dass ein langfristiges (mindestens 6 Monate dauerndes) aerobes Fitnessstraining zu signifikanten Volumenzunahmen der grauen Substanz im frontalen und temporalen Cortex, genauso wie der weißen Substanz bei gesunden Älteren führt (Kramer & Erickson 2006). Zudem kann ein langfristiges moderates aerobes Training das Hippocampusvolumen positiv beeinflussen (Erickson 2011).

Ein systematisches Review der Cochrane Stiftung (Angevaren 2008) berichtete, dass in 8 der 11 eingeschlossenen, randomisierten kontrollierten Studien die kardiorespiratorische Fitness, genauso wie die Kognition, durch ein aerobes Training in den Interventionsgruppen signifikant gesteigert werden konnten. Die größten kognitiven Effekte fanden sich in den motorischen Funktionen, der Aufmerksamkeit (auditiv und visuell) und der Verarbeitungsgeschwindigkeit.

Ähnliche Ergebnisse zeigte die Metaanalyse von Colcombe & Kramer (2003): Ein aerobes Training kann anhaltende (zumindest über einige Monate andauernde) Verbesserungen der kognitiven Leistungen bei älteren Menschen bewirken. Durch weitere Analysen wurden verschiedene moderierende Faktoren der Beziehung zwischen körperlicher Aktivität und Kognition identifiziert: Unter den kognitiven Funktionen profitierten die Exekutivfunktionen am stärksten; die Effekte waren nochmals höher, wenn das aerobe Training mit Kräftigungsübungen kombiniert wurde; Studien, die einen hohen Frauenanteil hatten, zeigten einen größeren Benefit als Studien mit geringem Frauenanteil (► Kap. 4).

Die Wirksamkeit eines Krafttrainings auf die Kognition im Alter wurde weit weniger häufig untersucht. Bisherige randomisierte, kontrollierte Studien konnten Verbesserungen der Kognition nach einer Trainingsdauer von 2 (Perrig-Chiello 1998), 6 (Cassilhas 2007) und nach 12 (Liu-Ambrose 2010) Monaten zeigen.

Zum Beispiel verglich Cassilhas (2007) den Einfluss der Intensität eines Krafttrainings (3x pro Woche, moderat-intensiv oder hochintensiv) auf kognitive Funktionen bei Menschen ohne kognitive Schädigung. Nach sechs Monaten konnten beide Gruppen, unabhängig von der Intensität, gleich starke Verbesserungen des Arbeitsgedächtnisses und des episodischen Gedächtnisses aufweisen. Andere kognitive Leistungen, wie bspw. die Aufmerksamkeit, verbesserten sich hingegen nicht signifikant.

Liu-Ambrose (2010) erweiterte die Erkenntnisse um den Einfluss der Häufigkeit eines Trainings und untersuchte die Effekte eines progressiven hoch-intensiven Krafttrainings auf die spezifischen Exekutivfunktionen selektive Aufmerksamkeit und Problemlösen, wobei die Interventionsgruppen zusätzlich nach der Häufigkeit der Trainingseinheiten (TE) unterschieden wurden (1 TE pro Woche vs. 2 TE pro Woche). Beide Gruppen erzielten nach 12 Monaten eine signifikante Steigerung in beiden primären Studienendpunkten (siehe genannte Exekutivfunktionen oben), jedoch nicht nach sechs Monaten wie bei Cassilhas (2007). Eine mögliche Erklärung für die nicht signifikanten Ergebnisse nach sechs Monaten bei Liu-Ambrose (2010) sind die niedrigere Trainingshäufigkeit pro Woche und/oder Unterschiede in den Kontrollgruppenaktivitäten (Dehnübungen vs. Balancetraining).

Das Heimtrainingsprogramm mit Kräftigungsübungen von Lachmann (2006) konnte keine signifikanten Veränderungen der Gedächtnisleistungen hervorrufen. Interessant war hier allerdings, dass die Probanden mit der größten Steigerung der Trai-

ningsgewichte deutliche Verbesserungen im Arbeitsgedächtnis erreichen konnten. Bei einem Krafttraining scheinen demnach moderat-intensivere Belastungen mit Progression im Trainingsverlauf am effektivsten, um kognitive Funktionen zu beeinflussen.

Ergebnisse einer Metaanalyse (Colcombe & Kramer 2003) fassen zusammen, dass sowohl über einen kürzeren (1–3 Monate) als auch über einen mittleren Zeitraum (4–6 Monate) ein Krafttraining oder aerobes Training signifikante Verbesserungen der Kognition bewirken kann. Die größte Wirkung erzielt allerdings ein langfristiges Training ab sechs Monaten. Dabei zeigte sich, dass die Dauer der einzelnen aeroben Trainingseinheiten eine Rolle spielt. Die besten Effekte ergaben sich bei einer Trainingsdauer von 31 bis 45 Minuten. Dagegen sind sehr kurze aerobe Belastungen (15–30 Minuten) ohne positive Wirkung auf die kognitive Leistungsfähigkeit (Colcombe & Kramer 2003). Bei einem Krafttraining scheint ein progressives moderat-intensiveres Training am wirkungsvollsten (Cassilhas 2007; Lachmann 2006; Liu-Ambrose 2010).

Bislang ist nicht abschließend geklärt, ob die positiven kognitiven Effekte auf Verbesserungen der kardiorespiratorischen Fitness zurückzuführen sind oder ob sich ein Benefit auch aus anderen körperlichen Aktivitäten ableiten lässt. Um die unterschiedliche Wirksamkeit verschiedener Trainingsprogramme zu untersuchen, sind direkte Vergleichsstudien notwendig, die bisher unzureichend durchgeführt wurden.

Studie	Kollektiv	Alter [Jahre]	Intervention	Dauer/ Häufigkeit	wichtigste Effekte auf Kognition [Zwischengruppenvergleich]
Schwenk (2010)	n = 61 mit leichter-, mittel-schwerer Demenz	81,9 ± 7,5	Dual-Task basiertes Übungsprogramm (gehen und rechnen)	3 Monate; 2x pro Woche für ca. 15 Min. (innerhalb eines Kraft-/ Funktionstrainings von insgesamt 120 Min.)	Verbesserung der aufmerksamkeitsabhängigen Dual-Task Leistungen
Lautenschlager (2008)	n = 170 mit MCI oder subjektiven Gedächtnisproblemen	68,6 ± 8,7	moderat-intensives Heimtrainingsprogramm (Gehtraining und leichte Kräftigungsübungen)	6 Monate; 3x pro Woche für 50 Min.	Verbesserung der globalen Kognition (ADAS-COG)
Kemoun (2010)	n = 31 mit mittel-schwerer-, schwerer Demenz	81,8 ± 5,3	Ausdauertraining (gehen, Ergometer)	15 Wochen; 3x pro Woche für 60 Min.	Verbesserung der globalen Kognition (ERFC)
Hernandez (2010)	n = 16 mit leichter-, mittel-schwerer AD	78,5 ± 6,8	gemischtes Sportprogramm (Ausdauer, Krafttraining, Dehn-/ Entspannungsübungen)	6 Monate; 2x pro Woche für 60 Min.	keine Verbesserung im MMST in IG (nur im Innergruppenvergleich: MMST-Werte in IG konstant; sign. Verschlechterung in KG)
Baker (2010)	n = 33 mit MCI	55-85	hochintensives aerobes Training (Laufband, Fahrradergometer)	6 Monate; 4x pro Woche für 45-60 Min.	geschlechtsspezifische Effekte: Frauen verbessern sign. die EF, Männer verbessern nur Teilbereich der EF (Trail Making Test B)
Nagamatsu (2013)	n = 86 Frauen mit subjektiven Gedächtnisproblemen	70-80	zwei Gruppen: IG 1: Ausdauertraining IG 2: Krafttraining	6 Monate; 2x pro Woche für 60 Min.	Verbesserung beider IGs in Reaktionszeit; IG 1 sign. bessere Gedächtnisleistungen; IG 2 sign. besseres assoziatives Gedächtnis
Rolland (2007)	n = 134 mit mittel-schwerer-, schwerer AD	83 (62-103)	Gehtraining (inkl. Übungen zur Kräftigung, Balance und Beweglichkeit)	6 Monate; 3x pro Woche für 60 Min.	keine Verbesserungen im MMST im Vergleich zu KG
Venturelli (2011)	n = 21 mit mittelschwerer AD	84 ± 5	Gehtraining (moderate Intensität)	4 Monate; 4x pro Woche für 30 Min.	Erhaltung der globalen Kognition (MMST)
Eggermont (2009)	n = 97 mit leichter-, mittel-schwerer Demenz MMST 17,7 (10-24)	85,4	Gehtraining	6 Wochen; 5x pro Woche für 30 Min.	keine kognitiven Effekte
Suzuki (2012)	n = 50 mit MCI	75 (65-93)	Multikomponententraining (aerobe Ausdauer, Kräftigung, Balance)	12 Monate; 2x pro Woche für 90 Min.	Verbesserung globaler Kognition (MMST) und verbaler Flüssigkeit

RCT=Randomized Controlled Trial, AD= Alzheimer-Demenz, D=Demenz, MMST=Mini-Mental-Status-Test, ADAS-COG=Alzheimer Disease Assessment Scale - Cognitive Subscale, ERFC=Rapid Evaluation of Cognitive Functions; sign.=signifikant; Min.=Minuten; IG=Interventionsgruppe; KG=Kontrollgruppe; max. HF=maximale Herzfrequenz; EF=Exekutivfunktionen

Tab. 3: Übersicht randomisierter kontrollierter Studien zum Effekt körperlicher Aktivität auf die Kognition bei Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen und/oder Demenz

### ERGEBNISSE VON TRAININGSPROGRAMMEN AUF DIE KOGNITION BEI MENSCHEN MIT KOGNITIVEN BEEINTRÄCHTIGUNGEN (MCI) ODER DEMENZ

Bei Menschen mit bereits bestehenden kognitiven Beeinträchtigungen, Mild Cognitive Impairment (MCI) oder einer Demenz ist ein Nachweis von Trainingseffekten auf die kognitiven Leistungen schwierig, da nur wenige qualitativ hochwertige Studien vorliegen. Die bisherigen Ergebnisse lassen aber vermuten, dass Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen durchaus in vergleichbarem Maße wie gesunde Ältere von körperlicher Aktivität profitieren können, da bisher zumindest ein kurzzeitiger kognitiver Benefit durch ein körperliches Training gezeigt werden konnte (Tab. 3). Die meisten Studien wählen ein Ausdauertraining (Baker 2010; Eggermont 2009; Kemoun 2010; Lautenschlager 2008; Nagamatsu 2013; Venturelli 2011) oder ein kombiniertes Training der Ausdauer, Kraft und Balance (Hernandez 2010; Rolland 2007; Suzuki 2012).

Eine Metaanalyse von randomisierten kontrollierten Studien (Heyn 2004), die Senioren mit MCI oder Demenz einschloss, untersuchte die Effekte körperlicher Aktivität u.a. auf die Kognition (d.h. Kognition war nicht immer primärer Studienendpunkt) mit einer Gesamtdauer von zwei–112 Wochen. Bei den 12 eingeschlossenen Studien konnten durchgehend signifikante Effekte von körperlichem Training auf die kognitiven Funktionen festgestellt werden.

Eine australische Studie (Lautenschlager 2008) bekräftigte als erste randomisierte kontrollierte Untersuchung die Annahme, dass körperliches Training kognitive Verschlechterungen bei MCI verlangsamt bzw.

abmildert, was wichtige Konsequenzen auf die Übergangsrate von MCI zu einer Demenz haben könnte. Lautenschlager (2008) schloss Personen mit (subjektiven) „Gedächtnisstörungen“ oder MCI in ein Training mit moderater Intensität ein. Nach sechs Monaten zeigte die Interventionsgruppe deutlich bessere globale kognitive Leistungen (gemessen anhand der Alzheimer Disease Assessment Scale – Cognitive Subscale). Die Effekte waren zudem nachhaltig und bestanden auch noch nach 12 und 18 Monaten.

Die meisten bisher angeführten Studien (Tab. 3), mit Ausnahme von Schwenk (2010), wählten ein unspezifisches Trainingsprogramm (Ausdauer oder kombinierte Inhalte), welches in der Mehrheit zu Verbesserungen der globalen Kognition führte.

Eine große Bandbreite an kognitiven Funktionen, wie Exekutivfunktionen, Gedächtnis usw. wurde abgefragt und zeigte Verbesserungen in einzelnen Teilbereichen, die allerdings kein eindeutig spezifisches Muster erkennen lassen. Zudem ist die klinische Relevanz solcher Effekte unklar.

Die randomisierte kontrollierte Studie von Schwenk (2010) ging einen Schritt weiter. Im Gegensatz zu vorherigen unspezifischen Interventionsansätzen überprüfte die Untersuchung, ob ein spezifisches defizitorientiertes Training der motorisch-kognitiven Leistungen (Dual-Tasks) zu spezifischen kognitiven Effekten bei Menschen mit leichter bis mittelschwerer Demenz führen kann. Die Probanden nahmen an einem 12-wöchigen Dual-Task-basierten Training teil, d.h. motorische Aufgaben (gehen) wurden mit zusätzlichen kognitiven Anforder-

ungen (rechnen in +2er- und -3er-Schritten) verknüpft. Nach Trainingsende zeigte die Interventionsgruppe signifikante Verbesserungen bei hoher Effektstärke der aufmerksamkeitsabhängigen Dual-Task-Leistungen, die unabhängig von den Verbesserungen in anderen kognitiven Bereichen waren. Dies ist die bisher erste Studie, die zeigte, dass ein spezifisches Training kognitiver Funktionen auch zu spezifischen Effekten bei Menschen mit demenzieller Erkrankung führt.

### LIMITATIONEN DER RANDOMISIERTEN KONTROLLIERTEN STUDIEN

Nur ein Teil dieser Studien schließt Menschen mit bestehender Demenz ein (n=6; Eggermont 2008; Hernandez 2010; Kemoun 2010; Rolland 2007; Schwenk 2010; Venturelli 2011), von denen drei die kognitiven Leistungen verbessern konnten. Einige Untersuchungen fanden bei Menschen statt, die

subjektive „Gedächtnisstörungen“ oder MCI hatten, was aber nicht zwangsläufig zu einer demenziellen Entwicklung führen muss. Zudem sind die untersuchten Stichproben häufig zu klein, um auch kleinere bis mittelstarke Effekte abbilden zu können.

### 4. MÖGLICHE WIRKMECHANISMEN DER KÖRPERLICHEN AKTIVITÄT AUF DAS GEHIRN UND DIE KOGNITIVEN LEISTUNGEN

Die genauen Mechanismen, die der protektiven Wirkung von körperlicher Aktivität auf die Entstehung kognitiver Beeinträchtigungen oder einer Demenz zugrunde liegen, sind bislang unklar. Die Basis bisheriger Annahmen beruht meist auf Untersuchungen an Tiermodellen, die nachweisen konnten, dass Bewegung über strukturelle und funktionelle Änderungen hilft, die neuronale Plastizität zu verbessern (Kronberg 2006; Uda

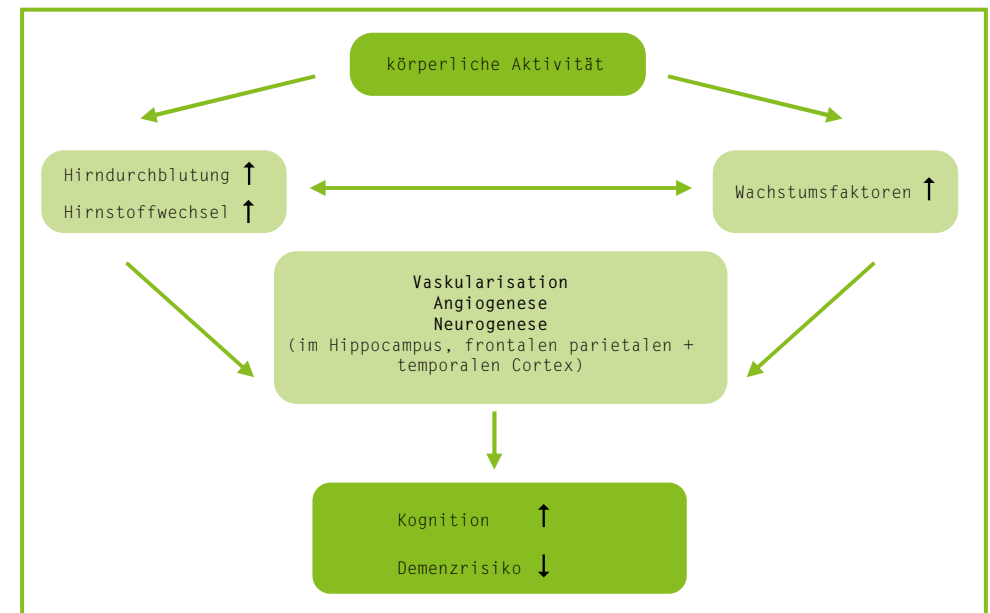


Abb. 2: Mögliche Wirkmechanismen von körperlicher Aktivität auf die Kognition

2006). Einer der Mechanismen besagt, dass die gesteigerte Plastizität auf eine verstärkte Hirndurchblutung in Verbindung mit einem erhöhten Hirnstoffwechsel, einer positiven Wirkung der körperlichen Aktivität auf die Vaskularisation (Neubildung kleiner Gefäße) und die Angiogenese [Wachstum von Gefäßen durch Sprossung (Cotman 2002; Pereira 2007; Van Praag 1999)] zurückzuführen ist. Bewegung steigert zudem die Produktion bestimmter Wachstumsfaktoren (z. B. brain derived neurotrophic factor = BDNF), die wiederum die Neubildung der Gefäße fördern und das Wachstum neuer Nervenzellen (Neurogenese) im Gehirn anregen (Van Praag 1999). Diese Wachstumsfaktoren werden ausschlaggebend durch Bewegung reguliert (Vayman 2004). Abbildung 2 zeigt eine Übersicht der beschriebenen Vorgänge und Zusammenhänge.

Durch körperliche Aktivität im Alter werden durch die beschriebenen Mechanismen vor allem die Hirnregionen angesprochen, welche altersbedingt am stärksten betroffen sind: frontaler, parietaler und temporaler Cortex (Kramer 2004) sowie der Hippocampus (Erickson 2009). Beispielsweise zeigten Querschnitts- (Colcombe 2003) und prospektive (Colcombe 2004) bildgebende Studien, dass eine gesteigerte aerobe Fitness bei kognitiv gesunden Älteren mit einer reduzierten Gehirnatrophie und einer gesteigerten Durchblutung in den Hirnregionen einhergeht, welche die Exekutivfunktionen, die Aufmerksamkeit und das Gedächtnis unterstützen und welche am anfälligsten für Alterungsprozesse sind.

Neben den direkten Wirkungen beeinflusst körperliche Aktivität auch indirekt

die Kognition positiv, indem sie zusätzlich auf verschiedene Risikofaktoren kognitiver Beeinträchtigungen und demenzieller Erkrankungen, wie kardiovaskuläre Erkrankungen, Bluthochdruck, Diabetes Mellitus oder Adipositas, einwirkt (Barnes 2007; Colcombe 2004; McAuley 2004).

#### **IST DIE EFFEKTIVITÄT KÖRPERLICHER AKTIVITÄT GESCHLECHTSABHÄNGIG?**

Eine Anzahl an Studien mit sowohl weiblichen als auch männlichen Probanden fand eine stärkere Reaktion auf die körperliche Aktivität bei Frauen in Form von verbesserter kognitiver Leistungen, reduzierter kognitiver Verschlechterung und/oder einem Alzheimer-Demenzrisiko. Des Weiteren belegte eine Metaanalyse (Colcombe & Kramer 2003), dass im Allgemeinen Trainingsinterventionen deutlichere Effekte der körperlichen Aktivität auf die Kognition aufwiesen, bei denen ein höherer Frauenanteil vorhanden war im Vergleich zu Studien mit höherem Männeranteil. Eine mögliche Erklärung ist, dass Frauen insgesamt ein niedrigeres Aktivitätslevel haben, wodurch sie durch eine Trainingsintervention in einem höheren Maße profitieren können.

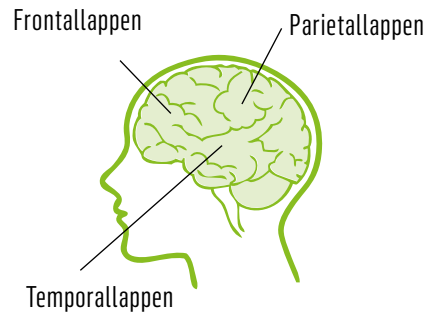
Eine weitere häufig angeführte Erklärung für die Unterschiede in der Wirksamkeit der Trainingsprogramme zwischen Männern und Frauen ist die neuroprotektive Wirkung des Hormons Östrogen (Colcombe & Kramer 2003), das durch ein moderat-intensives Ausdauertraining deutlich ansteigen kann (Geiger 1996). In Bezug auf die Wirkung von Östrogenen im Zusammenhang mit aerobem Training sind die Forschungserkenntnisse heterogen: Tierversuche zeigten, dass eine Kombination aus körperlicher Aktivität

und Hormongabe deutlich effektiver war als körperliche Aktivität oder Hormongabe allein (Berchtold 2001). Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen körperlicher Leistung, Östrogengabe und dem kognitiven Leistungsniveau bei Frauen sind jedoch widersprüchlich. Einige Studien stellten fest, dass aerobe Aktivität nach der Menopause abhängig vom Hormonstatus deutlich positive Effekte auf einen geringeren Gehirnvolumenverlust und die kognitiven Funktionen (v.a. Exekutivfunktionen) hat. Dies konnte nur für eine Hormonsubstitution von bis zu zehn Jahren bestätigt werden. Eine Hormongabe von mehr als 16 Jahren führte jedoch zu negativen Effekten und kann sogar das Demenzrisiko erhöhen (Erickson 2007; Shumaker 2004).

# EMPFEHLUNGEN UND ZUSAMMENFASSUNG

Auf Basis der bisherigen Erkenntnisse können zusammenfassend folgende Hinweise und Empfehlungen für die Verbesserung kognitiver Leistungen bei gesunden und auch bei kognitiv beeinträchtigten älteren Menschen gegeben werden:

## WELCHE GEHIRNSTRUKTUREN UND -FUNKTIONEN SIND IM ALTER BZW. BEI ALZHEIMER-DEMENTZ BESONDERS BETROFFEN?



Im Alter und im Besonderen bei einer Alzheimer-Demenz sind zum großen Teil Strukturen der Großhirnrinde (Temporal-, Parietal- und Frontallappen) von Abbauprozessen betroffen. Funktionell bewirkt dies Defizite besonders im Bereich der Exekutivfunktionen. Probleme in diesem Bereich haben eine hohe Alltagsrelevanz. Jedoch werden gerade diese früh betroffenen Bereiche durch ein körperliches Training besonders angesprochen.

## KANN KÖRPERLICHE AKTIVITÄT VOR EINER DEMENZ SCHÜTZEN?

Die Mehrheit epidemiologischer Längs- und Querschnittstudien zeigt eine signifikant positive Beziehung zwischen einem hohen körperlichen Aktivitätslevel und einem Verlust kognitiver Leistungen (unabhängig davon, ob die Verluste schon pathologisch sind) sowie einer geringeren Wahrscheinlichkeit im Alter eine Demenz, v.a. eine Alzheimer-Demenz, zu entwickeln. Insbesondere langfristige, moderat-intensive Aktivitäten wirken präventiv.

## KANN KÖRPERLICHE AKTIVITÄT DIE KOGNITION IM ALTER UND BEI KOGNITIVEN BEEINTRÄCHTIGUNGEN VERBESSERN BZW. ERHALTEN?

Bisher wurde v.a. die Wirkung von Ausdauertraining, seltener von Krafttraining, auf die Kognition untersucht. Durch ein körperliches Training konnte in einigen Studien die globale Kognition verbessert werden, d.h. es kann zu unspezifischen Effekten v.a. in den Bereichen der: → Exekutivfunktionen, → motorischen Funktionen, → Aufmerksamkeit, → Verarbeitungsgeschwindigkeit, → Gedächtnis und → visuell-räumlichen Funktionen kommen.

Strukturell erhöht körperliche Aktivität das Volumen der grauen und weißen Substanz



im frontalen und temporalen Cortex sowie des Hippocampus.

Für Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen oder Demenz liegen wenige qualitativ hochwertige Studien vor. Bisherige Ergebnisse zeigen, dass Menschen mit Demenz in vergleichbarem Maße von der Wirkung eines körperlichen Trainings auf die Kognition profitieren können. Bisherige Trainingsinhalte (Ausdauer oder Kombination aus Ausdauer, Kraft und Balance) führen zu unspezifischen kognitiven Verbesserungen. Defizitorientierte spezifische Ansätze (motorisch-kognitives Training, z.B. Dual-Tasking) führen zu spezifischen kognitiven Verbesserungen, die alltagsrelevant sind.

Welche genauen Mechanismen die Effekte auf die Kognition durch körperliche Aktivität bewirken, ist weithin noch ungeklärt. Angenommen wird, dass die Aktivität die Gehirndurchblutung und dadurch auch den Gehirnstoffwechsel fördert und zudem die Produktion von Wachstumsfaktoren sti-

muliert, welche die Neurogenese im Gehirn anregen.

## WAS KÖNNEN SIE DARAUS IN IHREN ALLTAG BZW. IN DEN ALLTAG EINES MENSCHEN MIT DEMENZ MITNEHMEN?

Empfehlungen zu einem körperlichen Training finden Sie in der folgenden Übersicht:

## WELCHE TRAININGSINHALTE SIND BISHER BESONDERS EFFEKTIV?

- ▶ Die Basis sollte ein Ausdauertraining (wie Wandern, Ergometertraining oder Spazierengehen) sein. Um die Wirkung zu verstärken empfiehlt es sich, das Ausdauertraining mit Kraftübungen zu kombinieren (eine Anregung für einfache, aber effektive Kräftigungsübungen erhalten Sie auf der Seite [www.bewegung-bei-demenz.de](http://www.bewegung-bei-demenz.de)).
- ▶ Nach neuester Erkenntnis ist ein sehr wichtiger weiterer Baustein ein kognitiv-motorisches Training.



Ein Beispiel sind aufmerksamkeitsabhängige Dual-Task-Übungen wie schnelles Gehen und dabei Rechenaufgaben lösen oder Balanceübungen (wie der Einbeinstand) und gleichzeitiges Aufzählen von Hauptstädten. Es bietet sich an, neben den motorisch-kognitiven Aufgaben auch motorisch-motorische Aufgaben wie schnelles Gehen und einen Ball zu werfen, in das Training einzubauen (auch hier bekommen Sie gute Tipps und einfache Übungsbeispiele auf der Seite [www.bewegung-bei-demenz.de](http://www.bewegung-bei-demenz.de)).



höhere zeitliche Umfänge erhöhen die Wirksamkeit auf die Kognition nach bisherigen Erkenntnissen nicht.

- Für ein Krafttraining sind Belastungen von 50–80 % der maximalen Kraft zu empfehlen, „ermittelt wird die maximale Kraft z. B. durch das 1-Repetition-Maximum = 100 % der möglichen Kraftleistung, von der 50–80 % als Trainingsgewicht errechnet werden.“

#### WIE INTENSIV SOLLTE TRAINIERT WERDEN UND WIE LANGE SOLLTE EINE TRAININGSEINHEIT DAUERN?

- Bereits moderate Intensitäten (ca. 50 % der max. Herzfrequenz) reichen aus, um positive Wirkungen auf die Kognition zu erzielen. Vergrößert wird der Effekt allerdings, wenn im moderat-intensiven Bereich (ca. 50–80 % der max. Herzfrequenz) trainiert wird. Die Faustregel für die maximale Herzfrequenz ist dabei:  $\text{Maximalpuls} = 220 - \text{Lebensalter}$  (in Jahren). Dies ist allerdings nur ein annähernder Richtwert und schließt Faktoren wie Trainingszustand oder Erkrankungen NICHT mit ein. Deswegen ist es empfehlenswert, die individuelle maximale Herzfrequenz (100 %) von einem Arzt abklären und dabei auch die individuelle Belastungsfähigkeit überprüfen zu lassen.
- Eine optimale Trainingsdauer liegt bei ca. 30 bis 45 Minuten pro Einheit,

#### WIE HÄUFIG SOLLTE TRAINIERT WERDEN?

- Die Aussagen dazu sind sehr heterogen, allerdings sollte eine Mindestanzahl von zwei Trainingseinheiten pro Woche bei einem Ausdauertraining nicht unterschritten werden. Bei einem Krafttraining reicht bereits eine Trainingseinheit pro Woche mit hochintensiven Belastungen oder zwei Trainingseinheiten mit moderat-intensiven Belastungen aus, um kognitive Funktionen zu fördern.
- Noch wichtiger ist allerdings, dass die körperliche Aktivität langfristig (regelmäßig über mind. sechs Monate, wenn möglich lebenslang) betrieben wird.

## ANHANG

### KOGNITIVE TESTVERFAHREN – EIN BEISPIEL

Neuropsychologische Testverfahren sind ein fester Bestandteil einer Demenzdiagnostik. Das Ziel der Verfahren ist es, subjektive Probleme in kognitiven Leistungen zu objektivieren, d. h. diese in standardisierte Werte zu transformieren. Eingesetzt werden die neuropsychologischen Verfahren vor allem bei der Früherkennung einer demenziellen Erkrankung und in der Verlaufsbeobachtung (die besonders für Ergebnisse von Therapieansätzen wichtig ist).

Es existieren zahlreiche Testverfahren, die sich in kognitiven Inhalten, Dauer, Umfang, Komplexität und Qualität unterscheiden. Genauere Informationen zu Diagnostik, inklusive einer Auswahl häufig angewandter Screening-/ Testverfahren findet sich im **Beitrag I**. Im Folgenden wird der kognitive Test „Digit Span“ (Zahlennachsprechen) in modifizierter Form beschrieben, der im ersten Teil (ZAHLEN VORWÄRTS) die Funktion des Kurzzeit- und im zweiten Teil (ZAHLEN RÜCKWÄRTS) die Funktion des Arbeitsgedächtnisses abprüft.

### TEST ZUR ERFASSUNG DES KURZZEIT- UND ARBEITSGEDÄCHTNISSES – DIGIT SPAN (ZAHLENNACHSPRECHEN)

Das Kurzzeitgedächtnis speichert Informationen für Sekunden, wobei die Kapazität für aufgenommene und gerade benötigte Informationen begrenzt ist. Der folgende Test prüft das sprachlich-auditive Kurzzeitgedächtnis, welches die Funktion hat, verbale Informationen aus der Umwelt bereit zu halten oder zu bearbeiten, die zum Lösen

von Problemen relevant sind. Gemessen wird die einfache Gedächtnisspanne meist über die Vorgabe von immer länger werdenden Informationsreihen (am häufigsten Zahlenfolgen) und deren sofortige Wiedergabe durch die Testperson. Die dadurch erlangten Ergebnisse liefern eine Aussage über die Menge an Informationen, welche die Testperson kurzzeitig speichern kann. Als Gedächtnisspanne bezeichnet man die Anzahl der korrekt wiedergegebenen Items. Auch im höheren Alter bleibt die einfache Gedächtnisspanne oftmals lange unbeeinträchtigt und ist relativ unauffällig gegenüber Beeinträchtigungen.

Das gleichzeitige Behalten und Bearbeiten von Informationen im Arbeitsgedächtnis ist weitaus komplizierter, da mehrere Prozesse zur selben Zeit stattfinden müssen und ist zudem weitaus früher bei verschiedenen Gehirnerkrankungen betroffen. Sehr häufig wird diese Funktion über das Wiedergeben einer Informationsreihe in umgekehrter Reihenfolge gemessen. Die Informationen müssen in solchen Tests gleichzeitig gespeichert und umgekehrt bearbeitet werden. Beeinträchtigungen in diesem Bereich zeigen sich bereits in einem frühen Stadium einer demenziellen Entwicklung.

Im folgenden Test finden Sie die Aufgaben zur einfachen Gedächtnisspanne im ersten Teil (**ZAHLEN VORWÄRTS**), die komplexere Form im zweiten Teil (**ZAHLEN RÜCKWÄRTS**).

**ZAHLEN VORWÄRTS**

**Anweisung:** „Die Aufgabe ist, dass Sie mir Zahlen nachsprechen. Ich werde Ihnen eine Reihe an Zahlen nennen, die sie wiederholen/nachsprechen sollen. Wenn ich z. B. sage „3 – 5 – 9“, sagen Sie „...“ (Pause)

	Testwert
9 7 6 (3 5 8)	(3)
2 4 6 3 (4 1 9 6)	(4)
4 9 8 5 7 (2 5 6 9 8)	(5)
8 6 1 5 3 4 (2 5 3 8 4 6)	(6)
1 3 5 8 4 6 2 (4 5 2 6 9 7 8)	(7)
8 7 3 4 1 6 2 5 (7 9 5 6 2 3 8 1)	(8)
8 4 3 7 5 9 2 6 1 (5 2 9 4 7 6 1 3 8)	(9)

Testperson antwortet: „3 – 5 – 9“. Wichtig ist, dass die Testperson die Aufgabe verstanden hat, wenn nicht, ein weiteres Beispiel geben! Vorlesen der Zahlen im Tempo eine Zahl pro Sekunde. Bei der letzten Zahl Stimme hörbar absenken. Jede richtig wiederholte Zahlenreihe wird korrekt bewertet. Tritt bei der ersten Wiedergabe ein Fehler auf, wird die zweite Zahlenfolge (in Klammern) vorgegeben. Ist der 2. Versuch ebenfalls nicht korrekt, wird der Test an dieser Stelle beendet. Der Höchstwert sind 9 Punkte.

**ZAHLEN RÜCKWÄRTS**

**Anweisung:** „Ich spreche Ihnen jetzt wieder Zahlen vor. Diesmal sollen Sie die Zahlen rückwärts nachsprechen. Wenn ich z. B. sage „2 – 5“, sagen Sie „...“ (Pause)

	Testwert
4 6 (1 3)	(2)
6 7 9 (3 2 6)	(3)
2 3 5 7 (6 2 1 4)	(4)
5 3 6 2 8 (7 9 8 3 1)	(5)
7 1 6 5 8 4 (2 5 4 1 6 7)	(6)
3 4 5 9 7 8 6 (1 8 7 6 5 9 2)	(7)
2 7 5 3 8 9 3 2 (6 1 5 9 2 8 7 3)	(8)

Testperson: „5 – 2“. Wichtig ist, dass die Testperson die Aufgabe verstanden hat, wenn nicht, ein weiteres Beispiel geben! Vorlesen der Zahlen im Tempo eine Zahl pro Sekunde. Bei der letzten Zahl Stimme hörbar absenken. Wenn die Testperson dies nicht richtig versteht, geben Sie ein weiteres Beispiel. Jede richtig rückwärts wiederholte Zahlenreihe wird angekreuzt. Anschließend wird die nächst längere Zahlenfolge vorgesprochen. Tritt ein Fehler auf, wird die zweite Zahlenfolge (in Klammern) vorgegeben. Ist der zweite Versuch ebenfalls falsch, wird der Test an dieser Stelle beendet. Der Höchstwert sind 8 Punkte.

**AUSWERTUNG: BEWERTET WERDEN DIE JEWEILS RICHTIG WIEDERGEgebenEN ZIFFERNFOLGEN. INTERPRETATION:**

ZAHLEN VORWÄRTS	ZAHLEN RÜCKWÄRTS
▶ 6-9 Ziffern/Punkte: normaler Bereich	▶ 4-8 Ziffern/Punkte: normaler Bereich
▶ 5 Ziffern/Punkte: unterer normaler Bereich	▶ 3 oder weniger Ziffern/Punkte: grenzwertig bis deutlich auffällig, je nach Ausbildung der Person
▶ 4 Ziffern/Punkte: Verdacht auf Störung	
▶ 3 oder weniger Ziffern/Punkte: deutliche Störung des Gedächtnis	

Modifiziert nach: Nürnberger Altersinventar (NAI); © by Hogrefe-Verlag GmbH & Co. KG, Göttingen

**LITERATUR**

**Abbott RD, White LR, Ross GW et al. (2004).** Walking and dementia in physically capable elderly men. *JAMA*, 292, 1447–1453.

**Angevaren M, Aufdemkampe G, Verhaar HJ et al. (2008).** Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment. *Cochrane Database Syst Rev*, 16(3).

**Angevaren M, Vanhees L, Wendel-Vos W et al. (2007).** Intensity, but not duration, of physical activities is related to cognitive function. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*, 14, 825–830.

**Baker LD, Frank LL, Foster-Schubert K et al. (2010).** Effects of aerobic exercise on mild cognitive impairment: a controlled trial. *Arch Neurol*, 67, 71–79.

**Barnes DE, Whitmer RA, Yaffe K (2007).** Physical activity and dementia: The need for prevention trials. *Exc Sport Sci Rev*, 35, 24–29.

**Barnes DE, Yaffe K, Satariano WA et al. (2003).** A longitudinal study of cardiorespiratory fitness and cognitive function in healthy older adults. *J Am Geriatr Soc*, 51, 459–465.

**Berchtold NC, Kesslak JP Pike CJ et al. (2001).** Estrogen and exercise interact to regulate brain-derived neurotrophic factor mRNA and protein expression in the hippocampus. *Eur J Neurosci*, 14(12), 1992–2002.

**Birbaumer N & Schmidt RF (2010).** *Biologische Psychologie*. Berlin: Springer.

**Buchman AS, Boyle PA, Yu L et al. (2012).** Total daily physical activity and the risk of AD and cognitive decline in older adults. *Neurology*, 78, 1323–1329.

**Cassilhas RC, Viana VA, Grassmann V et al. (2007).** The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. *Med Sci Sports Exerc*, 39(8), 1401–1407.

**Coffey C, Wilkinson W, Parashos J et al. (1992).** Quantitative cerebral anatomy of the aging brain: A cross-sectional study using magnetic resonance imaging. *Neurology*, 42, 527–536.

**Colcombe SJ, Kramer AF, Erickson KI et al. (2004).** Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 101(9), 3316–3321.

**Colcombe SJ, Erickson KI, Raz N et al. (2003).** Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 58, 176–180.

**Colcombe S & Kramer AF (2003).** Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychol Sci*, 14, 125–130.

**Cotman CW & Berchthold NC (2002).** Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends Neurosci*, 25, 295–301.

**Creutzfeldt OD (1983).** *Cortex cerebri*. Springer Verlag.

**Duke LM & Kazniak AW (2000).** Executive control functions in degenerative dementias: A comparative review. *Neuropsych Rev*, 10, 75–99.

**Eggermont LHP, Swaab DF, Hol EM et al. (2009).** Walking the line: a randomized trial on the effects of a short term walking programme on cognition in dementia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 80, 802–804.

**Erickson KI & Colcombe AF (2009).** Aerobic exercise effects on cognitive and neural plasticity in older adults. *Br J Sports Med*, 43(1), 22–24.

**Erickson KI, Colcombe SJ, Elavsky S et al. (2007).** Interactive effects of fitness and hormone treatment on brain health in postmenopausal women. *Neurobiology Aging*, 28, 179–185.

**Erickson KI, Voss MW, Prakash RS et al. (2011).** Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 108(7), 3017–3022.

**Fillit HM, Butler RN, O'Connell AW et al. (2002).** Achieving and maintaining cognitive vitality with aging. *Mayo Clin Proc*, 77(7), 681–696.

**Förstl H & Wallech C-W (2012).** *Demenzen*. Georg Thieme Verlag.

**Geda YE, Roberts RO, Knopman DS et al. (2010).** Physical exercise, aging, and mild cognitive impairment: a population-based study. *Arch Neurol*, 67, 80–86.

**Geiger L (1996).** *Ausdauertraining*. München: Coppel.

**Hernandez SS, Coelho FG, Gobbi S et al. (2010).** Effects of physical activity on cognitive functions, balance and risk of falls in elderly patients with Alzheimer's dementia. *Abstract: Rev Bras Fisioter*, 14(1), 68–74.

**Heyn P, Abreu BC, Ottenbacher K (2004).** The Effects of Exercise training on Elderly Persons With Cognitive Impairment and Dementia: A Meta-Analysis. *Arch Phys Rehabil*, 85, 1694–1704.

**Kemoun G, Thibaud M, Roumagne N et al. (2010).** Effects of a Physical Training Programme on Cognitive Function and Walking Efficiency in Elderly Persons with Dementia. *Dement Geriatr Cogn Disord*, 29, 109–114.

**Kramer AF & Erickson KI (2006).** Exercise, cognition, and the aging brain. *J Appl Physiol*, 101(4), 1237–1242.

**Kramer AK, Bherer L, Colcombe SJ et al. (2004).** Environmental influences on cognitive and brain plasticity during aging. *J Gerontol Biol Med Sci Series A*, 59, M940–M957.

**Kronberg G, Bick-Sander A, Bunk E et al. (2006).** Physical exercise prevents age-related decline in precursor cell activity in the mouse dentate gyrus. *Neurobiol Aging*, 27(10), 1505–1513.

**Lachman ME, Neupert SD, Bertrand R et al. (2006).** The effects of strength training on memory in older adults. *J Aging Phys Act*, 14, 59–73.

**Larson EB, Wang L, Bowen JD et al. (2006).** Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older. *Ann Intern Med*, 144(2), 73–81.

**Laurin D, Verreault R, Lindsay J et al. (2001).** Physical activity and risk of cognitive impairment and dementia in elderly persons. *Arch Neurol*, 58, 498–504.

**Lautenschlager NT, Cox KL, Flicker L 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.

**Liu-Ambrose LS, Nagamatsu P, Graf B et al. (2010).** Resistance training and executive functions: a 12-month randomized controlled trial. *Arch Int Med*, 170(2), 170–178.

**McAuley E, Kramer AF, Colcombe SJ (2004).** Cardiovascular fitness and neurodegenerative function in older adults: A brief review. *Brain, Behavior, and Immunity*, 18, 214–220.

**Middelton LE, Manini TM, Simonsick EM et al. (2008).** Activity energy expenditure and incident cognitive impairment in older adults. *Arch Intern Med*, 171, 1251–1257.

**Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ et al. (2000).** The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex „frontal lobe tasks“. A latent variable analysis. *Cog Psych*, 41, 49–100.

**Nagamatsu LS, Chan A, Davis JC et al. (2013).** Physical Activity Improves Verbal and Spatial Memory in Older Adults with Probable Mild Cognitive Impairment: A 6-Month Randomized Controlled Trial. *J Aging Res*, Article ID 861893.

**Peireira AC, Huddleston DE, Brickman AM et al. (2007).** An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 104(13), 5638–5643.

**Perrig-Chiello P (1998).** The effects of resistance training on well-being and memory in the elderly volunteers. *Age Ageing*, 27, 469–475.

**Reuter I & Engelhardt M (2010).** Kann Sport den Verlust kognitiver Funktionen im Alter verhindern? *Sport Ortho Trauma*, 26, 216–226.

**Rolland Y, Pillard F, Klapouzczak A et al. (2007).** Exercise program for nursing home residents with Alzheimer's disease: a 1-year randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc*, 55, 158–165.

**Roth G (2002).** Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Suhrkamp. Frankfurt/M.

**Rovio S, Karholt I, Helkala EL et al. (2005).** Leisure-time physical activity at midlife and the risk of dementia and Alzheimer's disease. *Lancet Neurol*, 4, 705–711.

**Scarmeas N, Luchsinger JA, Brickman AM et al. (2011).** Physical activity and Alzheimer disease course. *Am J Geriatr Psychiatry*, 19(5), 471–481.

**Scherder EJA, van Paasschen J, Deijen J-B et al. (2005).** Physical activity and executive functions in the elderly with mild cognitive impairment. *Aging Mental Health*, 9(3), 272–280.

**Schuit AJ, Feskens EJM, Launer LJ et al. (2001).** Physical activity and cognitive decline, the role of the apolipoprotein e4 allele. *Med Sci Sports Exc*, 33(5), 772–777.

**Schwenk M, Zieschang T, Oster P et al. (2010).** Dual-task performance can be improved in patients with dementia: a randomized controlled trial. *Neurology*, 74, 1961–1968.

**Shumaker SA, Legault C, Kuller L et al. (2004).** Conjugated equine estrogens and incidence of probable dementia and mild cognitive impairment in postmenopausal women: Women's Health Initiative Memory Study. *JAMA*, 291(24), 2947–2958.

**Sofi F, Valecchi D, Bacci D et al. (2011).** Physical activity and risk of cognitive decline: a meta-analysis of prospective studies. *J Intern Med*, 269, 107–117.

**Spiriduso WW & Clifford P (1978).** Replication of age and physical activity effects on reaction and movement time. *J Gerontol*, 33, 26–30.

**Spornitz UM (2004).** Anatomie und Physiologie. Lehrbuch und Atlas für Pflege- und Gesundheitsfachberufe. 4. Auflage, Springer Medizin Verlag Heidelberg.

**Suzuki T, Shimada H, Makizako H et al. (2012).** Effects of multicomponent exercise on cognitive function in older adults with amnesic mild cognitive impairment: a randomized controlled trial. *BMC Neurol*, 12, 128.

**Uda M, Ishido M, Kami K et al. (2006).** Effects of chronic treadmill running on neurogenesis in the dentate gyrus of the hippocampus of adult rat. *Brain Res*, 1104(4), 64–72.

**Van Gelder BM, Tjihuis MAR, Kalmijn S et al. (2004).** Physical activity in relation to cognitive decline in elderly men: the FINE Study. *Neurology*, 63(12), 2316–2321.

**Van Praag H, Christie BR, Sejnowski TJ et al. (1999).** Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. *Proc Natl Acad Sci USA*, 96, 13427–13431.

**Vayman S, Ying Z, Gomez-Pinilla F (2004).** Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition. *Eur J Neurosci*, 20(10), 2580–2590.

**Venturelli M, Scarsini R, Schena F (2011).** Six-Month Walking Program Changes Cognitive and ADL Performance in Patients With Alzheimer. *Am J Alzheimers Dis Other Demen*, 26, 381.

**Wagenknecht H (1980).** Lexikon der Psychologie (S. 1085). Freiburg: Verlag Herder KG, 1085.

**Weuve J, Kang JH, Manson JE et al. (2004).** Physical activity and cognitive function in older women. *JAMA*, 292(12), 1454–1461.

**Wilson RS, Bennett DA, Bienias JL et al. (2002a).** Cognitive activity and incident AD in a population-based sample of older persons. *Neurology*, 59, 1910–1914.

**Wilson RS, Mendes De Leon CF, Barnes LL et al. (2002b).** Participation in cognitively stimulating activities and risk of incident Alzheimer disease. *JAMA*, 287, 742–748.

**Yaffe K, Barnes D, Nevitt M et al. (2001).** A prospective study of physical activity and cognitive decline in elderly women: women who walk. *Arch Intern Med*, 161, 1703–1708.

**Zimbardo PG (1995).** Zimbardo Psychologie (S. 357). Berlin Heidelberg: Springer Verlag.

**Zimbardo PG & Floyd I (1983).** Psychologie (S. 235). Springer Verlag.

# Schrift 4

---

Archives of Gerontology and Geriatrics

May - June 2017, volume 70: pp. 169 – 179

First online: 30 Jan 2017

***Validity, test-retest reliability, sensitivity to change and feasibility of motor-cognitive dual task assessments in patients with dementia.***

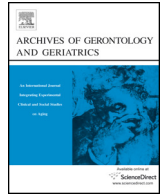
Authors: Lemke N.C., Wiloth S., Werner C., Hauer K.

© 2017 Elsevier B.V. All rights reserved.

Der Originalartikel wurde mit Erlaubnis von Elsevier in dieser Dissertationsschrift wiederverwendet.

DOI: 10.1016/j.archger.2017.01.016

PMID: 28182895



# Validity, test-retest reliability, sensitivity to change and feasibility of motor-cognitive dual task assessments in patients with dementia



Nele C. Lemke<sup>a,b,\*</sup>, Stefanie Wiloth<sup>b</sup>, Christian Werner<sup>b</sup>, Klaus Hauer<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Network Aging Research (NAR), University of Heidelberg, Bergheimer Straße 20, 69115 Heidelberg, Germany

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

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received 25 August 2016

Received in revised form 23 January 2017

Accepted 24 January 2017

Available online 30 January 2017

### Keywords:

Assessment validation

Dementia

Cognition

Elderly

Dual task

## ABSTRACT

**Objective:** To investigate validity, test-retest reliability, sensitivity to change, and feasibility of dual task (DT) assessments in patients with dementia.

**Design:** Validation study.

**Setting:** Post ward-rehabilitation.

**Participants:** Geriatric patients (n = 105) with dementia (age  $82.7 \pm 5.9$ , MMSE score 21.9).

**Main outcome measures:** Psychometric quality of DT performance of different DT-tests. Analyses were performed for motor and cognitive performance, and relative DT costs (DTCs).

**Results:** Spearman's rank correlations ( $r_s$ ) between examined DT-tests were moderate-high for motor tasks ( $r_s = 0.29-0.90$ ), small-high for cognitive tasks ( $r_s = 0.12-0.55$ ) and small-high for relative DTCs (motor DTCs  $r_s = 0.02-0.61$ , cognitive DTCs  $r_s = -0.19$  to 0.06, combined DTCs  $r_s = -0.11$  to 0.31). Correlations with external assessment were moderate-high for motor tasks ( $r_s = 0.25-0.84$ ), small-moderate for cognitive tasks ( $r_s = -0.10$  to 0.46) and small-moderate for relative DTCs (motor DTCs  $r_s = -0.09$  to 0.17, cognitive DTCs  $r_s = -0.03$  to 0.21, combined DTCs  $r_s = -0.07$  to 0.26).

Test-retest reliability was excellent for motor tasks (ICC = 0.75–0.96), fair-excellent for cognitive tasks (ICC = 0.51–0.88) and poor-good for relative DTCs (motor DTCs ICC = 0.10–0.74, cognitive DTCs ICC = 0.05–0.65, combined DTCs ICC = 0.15–0.71).

Sensitivity to change was acceptable-excellent for trained DT-tests ( $p \leq 0.01$ ). Effect sizes were small-large for gait parameters (SRM = 0.30–1.12), large for cognitive tasks (SRM = 0.82–0.95) and small-large for relative DTCs (motor DTCs SRM = 0.15–0.77, cognitive DTCs SRM = 0.56–0.98, combined DTCs SRM = 0.40–1.10).

Completion time ranged from 13.1 to 16.9 min.

**Conclusions:** All DT-tests showed acceptable-excellent psychometric properties in patients with dementia with highest quality for the gait-based tests 'Walking & Counting' and 'Walking & reciting ABC'.

© 2017 Elsevier B.V. All rights reserved.

**Abbreviations:** AD, Alzheimer's disease; CERAD, Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease; CG, control group; CI, confidence interval; CIRS, Cumulative Illness Rating Scale; cm, centimeter; EF, executive functions; DT, dual task; DTC, dual task costs; GDS, Geriatric Depression Scale; ICC, Intra-Class Correlation Coefficient; IG, intervention group; min., minutes; MMSE, Mini-Mental State Examination; NAI, Nürnberger-Alters-Inventar; N, Newton; OR, odds ratio; POMA, Performance Orientated Mobility Assessment; s, seconds; SF-12, short form (12); ST, single task; TUG, Timed up and Go-test; WWT, walking while talking; ZN-G, Zahlen-Nachsprechen-G (Repeating-Number-Test); ZVT-G, Zahlen-Verbindungs-Test-G (age-adjusted Trail Making Test).

\* Corresponding author at: AGAPLESION Bethanien Hospital Heidelberg gGmbH, Geriatric Centre of the University of Heidelberg, Rohrbacherstr. 149, 69126 Heidelberg, Germany.

E-mail address: [Nele.C.Lemke@gmail.com](mailto:Nele.C.Lemke@gmail.com) (N.C. Lemke).

## 1. Introduction

The ability to perform multiple tasks simultaneously (dual tasking = DT) decreases with age and is severely impaired in dementia (Baddeley, Bressi, Della Sala, Logie, & Spinnler, 1991; Della Sala, Baddeley, Papagn, & Spinnler, 1995; Verghese et al., 2002) because of limited attentional resources and constrictions in executive functions (EF) (Perry & Hodges, 1999). Deficits in attention-related DT performances show a faster decline compared to the loss of basic functional performances (Baddeley et al., 1991; Sala & Logie, 2001) in patients with dementia and are strongly related to motor dysfunctions (Beauchet et al., 2009). This reveals that DT deficits are sensitive and specific indicators for cognitive decline with the potential to be a diagnostic tool and to evaluate the effectiveness of intervention strategies (Baddeley et al., 1991;

Muir et al., 2012; Sala & Logie, 2001). Despite this, no methodological gold standard has been established to assess DT deficits.

Frequently used DT combinations have been walking while performing a simultaneous cognitive task [e.g. walking while talking (Lundin-Olsson, Nyberg, & Gustafson, 1997), walking and an arithmetic task (Beauchet et al., 2007, 2008a, 2008b, 2011; Gimmon, Jacob, Lenoble-Hoskovec, Büla, & Melzer, 2013; Hartmann, Murer, De Bie, & De Bruin, 2009; Hofheinz & Schusterschitz, 2010; Muhaidat, Kerr, Evans, & Skelton, 2013a; McCulloch, Mercer, Giuliani, & Marshall, 2009; Montero-Odasso et al., 2009; Muhaidat, Kerr, Evans, & Skelton, 2013b; Muhaidat, Kerr, Evans, Pilling, & Skelton, 2014; Nordin, Moe-Nilssen, Ramnemark, & Lundin-Olsson, 2010; Schwenk, Zieschang, Oster, & Hauer, 2010; Sheridan, Solomont, Kowall, & Hausdorff, 2003; Shumway-Cook, Brauer, & Woollacott, 2000; Tang, Yang, Peng, & Chen, 2015; Yamada et al., 2011; Yang, He, & Pang, 2016; Yoge et al., 2005), walking with a visuo-spatial working memory task (Schott, 2015), or walking with a verbal fluency (VF) task (Beauchet, Dubost, Gonthier, & Kressig, 2005; Camicioli, Oken, Sexton, Kaye, & Nutt, 1998; Gimmon et al., 2013; Hollman et al., 2010; Liu-Ambrose, Katarynych, Ashe, Nagamatsu, & Hsu, 2009; McCulloch, Shubert, & Giuliani, 2006; McCulloch et al., 2009; Muhaidat et al., 2013a, 2013b, 2014; Nordin et al., 2010; Verghese et al., 2002; Yang et al., 2016)] or postural control combined with cognitive tasks (Condrón and Hill, 2002; Hauer et al., 2003; Makizako et al., 2010; Melzer, Shtilman, Rosenblatt, & Oddsson, 2007; Moghadam et al., 2011; Swanenburg, De Bruin, Favero, Uebelhart, & Mulder, 2008; Swanenburg, De Bruin, Uebelhart, & Mulder, 2010; Szturm et al., 2015). Combinations with other motor tasks, although rarely used, showed high discriminative validity (e.g. arithmetic task with maximal strength; Hauer, Marburger, & Oster, 2002), and hold option to test less automated motor performances.

While a large number of DT assessment tools are available, examining their psychometric properties is essential. Adequate validity and reliability are necessary for the evaluation of patients' performance. Responsiveness of a measurement tool is required for detecting changes in DT performance over the time and for assessing intervention effectiveness (Ashford, Slade, Malaprade, & Turner-Stokes, 2008).

So far, the mentioned studies focused on validity [predictive validity (Beauchet et al., 2007, 2008a, 2008b; Makizako et al., 2010; Muhaidat et al., 2014; Nordin et al., 2010; Schott, 2015; Shumway-Cook et al., 2000; Swanenburg et al., 2010; Tang et al., 2015; Verghese et al., 2002; Yamada et al., 2011; Yang et al., 2016), construct validity (McCulloch et al., 2009; Szturm et al., 2015), concurrent validity (Condrón & Hill, 2002; Gimmon et al., 2013; Yang et al., 2016), convergent validity (Gimmon et al., 2013; Hofheinz & Schusterschitz, 2010; Liu-Ambrose et al., 2009; Schott, 2015)] and test-retest reliability (Beauchet et al., 2011; Condrón & Hill, 2002; Gimmon et al., 2013; Hartmann et al., 2009; Hofheinz & Schusterschitz, 2010; Hollman et al., 2010; Makizako et al., 2010; McCulloch et al., 2009; Melzer et al., 2007; Moghadam et al., 2011; Montero-Odasso et al., 2009; Muhaidat et al., 2013a; Shumway-Cook et al., 2000; Swanenburg et al., 2008; Szturm et al., 2015; Tang et al., 2015; Yang et al., 2016). Only two studies examined feasibility (McCulloch et al., 2006; Muhaidat et al., 2013b) and none investigated responsiveness.

Except for some studies (McCulloch et al., 2009; Muhaidat et al., 2013a, 2013b, 2014; Nordin et al., 2010; Schott, 2015; Yang et al., 2016), investigations only analyzed psychometric properties of the outcomes derived from the motor but not of the cognitive tasks (Yang, Liao, Lam, He, & Pang, 2015). Outcome measures were declared for single task (ST) and DT conditions but rarely for relative DT costs [DTCs, (McCulloch et al., 2009; Muhaidat et al., 2013a, 2013b, 2014; Nordin et al., 2010; Schott, 2015; Yang et al., 2016)] which is

recommended for DT performance, because it considers differences in baseline ST performance and provides a measure of actual DT changes (Muhaidat et al., 2013a; Riby, Perfect, & Stollery, 2004).

Validation studies predominantly included community-dwelling healthy elderly and excluded patients with cognitive impairments. A possible reason for excluding patients with dementia could be the challenge in testing because of impairments in cognitive and motor-functional domains (Boyle, Cohen, Paul, Moser, & Gordon, 2002) as well as behavioral and psychological symptoms (Aalten et al., 2007), that could have strong influence on test performance (Hauer & Oster, 2008).

Only two studies examined test-retest reliability of quantitative gait variables under DT in older adults with a diagnosis of mild cognitive impairment (diagnosis cp. Petersen et al., 1999) but excluded patients with diagnosed dementia (Montero-Odasso et al., 2009) and test-retest reliability of stride time variability while DT in patients with frontotemporal dementia (Beauchet et al., 2011). But no validation study has been comprehensively investigated DT assessments in patients with dementia.

In summary, common DT assessment strategies in older adults are insufficiently evaluated for comprehensive biometrical quality and for comparison between different tests. No previous study has performed validation of DT assessment in patients with dementia. Therefore, the aim of this study was to assess construct validity respectively convergent validity, test-retest reliability, sensitivity to change, and feasibility of different DT-tests and to compare those tests in people with dementia.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Study design and participants

Validation study was part of a randomized controlled intervention trial (RCT) to improve motor-cognitive performance in geriatric people with dementia. The RCT was performed according to the Helsinki declaration and the study protocol was approved by the ethics committee of the University of Heidelberg.

Participants were recruited consecutively at a geriatric rehabilitation ward, from nursing homes and community-dwelling persons. Predefined inclusion criteria were: age >65 years; no severe cardiovascular, neurological (e.g. Parkinson's disease) or psychological disease; ability to walk 10 m without a walking aid; residence within 15 kilometers of the study center and written informed consent. Only a small percentage of the participants had legal representatives. In those cases for the written informed consent legal representatives were included in the ethical consent procedure.

Eligible participants were screened for cognitive function using the Mini-Mental State Examination (MMSE; Folstein, Folstein, & McHugh, 1975). In those with a MMSE score of 17–26 a comprehensive neuropsychological assessment was applied based on an established neuropsychological test battery (Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease [CERAD]; Morris, Mols, Rogers, Fillenbaum, & Heyman, 1988), a modified, age-adjusted Trail Making Test (ZVT-G; Oswald & Fleischmann, 1997), and a digit-span test (ZN-G; Oswald & Fleischmann, 1997). Only individuals meeting internationally established CERAD criteria for probable dementia (cognitive performances in CERAD subtests in lower 10% percentile of the sample corresponding to a z-value of –1.3, cf. Barth, Schönknecht, Pantel, & Schröder, 2005; Fisseni, 1990) were included in the study.

### 2.2. Measurements

#### 2.2.1. Participant characteristics

Demographic and clinical characteristics of participants including age, gender, years of educational and professional training,

comorbidity (number of diagnoses), number of medications, social status (nursing home vs. home-dwelling), and falls (definition of falls cp. [Hauer, Lamb, Jorstad, Todd, & Becker, 2006](#)) in the previous year were documented from patient charts or by standardized patient interviews. Psychological status was assessed by the Geriatric Depression Scale (GDS; [Yesavage et al., 1982](#)) and the Short-Version of the Falls Efficacy Scale-International short version (FES-I; [Delbaere et al., 2010; Hauer et al., 2010](#)). Functional status was measured by the Timed up and Go (TUG; [Podsiadlo & Richardson, 1991](#)) and the Performance Oriented Mobility Assessment (POMA; [Tinetti, 1986](#)). For disease-related description the Cumulative Illness Rating Scale (CIRS; [Linn, Linn, & Gurel, 1968; Miller et al., 1992](#)) which gives a cumulative sum score of severity and prevalence of different diagnostic groups was used.

### 2.2.2. Measurement of dual task performance

Three DT-tests were used to evaluate psychometric properties:

1. Walking & Counting (serial 2 forward and serial 3 backward calculations)
2. Walking & Verbal Fluency (reciting the alphabet and naming animals/plants)
3. Strength of the leg extensors & Verbal Fluency (reciting the alphabet and naming animals/plants)

The chosen tests all followed the well-established paradigm of DT using cognitive as well as motor tasks. As there is no gold standard method available we chose for a main test the internationally most established test ('Walking while Counting'). In a second step the cognitive task was exchanged by established other cognitive tests (verbal fluency) to test the effect of different combinations of motor and cognitive tasks in this vulnerable study sample. In a third step the automated key motor feature walking was exchanged by a non-automated strength test. The strength test combined with another cognitive task was previously used in a study to successfully document effects of DT burden in geriatric patients with and without cognitive impairment ([Hauer et al., 2002](#)).

Walking performance was measured using the GAITRite<sup>®</sup> walkway system (CIR Systems Inc., Havertown, PA) by computing spatial and temporal gait parameters (gait speed, cadence, stride length, heel to heel base support, single support [%] and double support [%]). The superior parameter of previous investigations maximal gait speed was used for most analysis and was amended by additional parameters for sensitivity to change analysis. The GAITRite<sup>®</sup> is an electronic gait analysis system based on embedded pressure sensors which demonstrated high validity relative to a 3-dimensional motion analysis system ([Menz, Latt, Tiedemann, Mun San Kwan, & Lord, 2004](#)).

The peak of the maximal isometric strength against a fixed resistance of the leg extensors (in Newton = N) was measured by the strength measuring unit Diagnos 40 (Schnell Trainingsgeräte GmbH, Peutenhausen) for a preinstalled duration of 5 s (cp. [Hauer et al., 2002](#)).

Cognitive tasks consisted of two tasks of varying difficulty. The arithmetic task were serial 2 forward calculations, which represents a less challenging, semi-automated task for people with mild to moderate dementia ([Hauer et al., 2002, 2003; Schwenk et al., 2010](#)) and more challenging serial 3 backward calculations which represents a non-automated task with focus on working memory ([Schwenk et al., 2010](#)). The verbal fluency tasks included the simple, semi-automated task to recite the alphabet (cp. [Verghese et al., 2002](#)) and the more challenging task to name animals and plants representing a non-automated task. No surnames, belittlements or plurals were allowed for the naming task based on the criteria of the CERAD test battery ([Morris et al.,](#)

[1988](#)). Correct answers following a fault were accepted as correct. All tasks were piloted before for target sample to be feasible and thereby to prevent ceiling and floor effects. Both motor as well as the cognitive tasks have been measured objectively by computer-based methods (motor tasks) and standardized measures using a voice recorder (cognitive tasks).

### 2.2.3. Dual task measurement protocol

Maximal gait speed and maximal strength were initially documented as ST. Patients executed the tasks of each DT-test in random sequence order to prevent systematic bias by motor learning or fatigue:

- Single Task (ST): motor task
- Dual Task (DT): motor task with the simple cognitive task
- Dual Task (DT): motor task with the more challenging cognitive task

Patients were instructed to perform the motor and cognitive tasks as fast as possible without prioritizing one of them. All cognitive tasks were performed as ST while seated as well.

Assessments were performed at a laboratory by a trained assessor (movement scientist) well trained in the specific test evaluation and blinded to the study group affiliation. Data collection for the validation study took place from May 2011 to May 2014.

## 2.3. Data processing and statistical analysis

The decrease of performance under DT in comparison to ST performance was defined as relative DT costs (DTCs in%). DTCs were calculated with the following equation:  $([\text{dual task-single task}]/\text{single task} \times 100)$  ([Abernethy, 1988](#)). To avoid the effects of subconscious task prioritization ([Verghese et al., 2007](#)) under DT combined DTCs were computed additionally:  $([\text{motor DTC} + \text{cognitive DTC}]/2)$ . Outcome measures were the absolute motor (gait speed [cm/s], strength [N]) and cognitive parameters (response rates [correct calculations, letters or naming's/s]) as well as the relative motor, cognitive and combined (motor+cognitive) DTCs (%) were computed.

Validity of the DT assessments was tested by determining construct validity and convergent validity as a subtype of construct validity. Construct validity for DT-tests was assessed by calculating Spearman's rank correlation coefficients ( $r_s$ ) between DT-tests and motor-functional (POMA, TUG) and cognitive measurements (MMSE, CERAD subtest verbal fluency: category animals, ZVT-G). Convergent validity was assessed by calculating  $r_s$  between the 'Walking & Counting'-test, which we assumed, as the most established DT-test in elderly patients with dementia, and the other DT-tests.

Spearman's rank correlation and intra-class correlation coefficients with absolute agreement (ICC 3, 1) and 95% confidence intervals were calculated to evaluate the test-retest reliability of the 2 administrations (within a time interval of 2–5 days) of the DT-tests.

Spearman's rank correlation coefficients were interpreted as low ( $r_s < 0.2$ ), moderate ( $r_s = 0.2-0.5$ ), or high ( $r_s > 0.5$ ) ([Cohen, 1988](#)), and ICCs as poor (ICC < 0.40), fair to good (ICC = 0.40–0.75), or excellent (ICC > 0.75) ([Fleiss, 1986](#)).

Sensitivity to change was assessed for the RCT participants who were randomly assigned to the intervention group (IG,  $n = 47$ ). Participants of the IG met 2x/week for 1.5 h and performed DT walking with different challenging arithmetic tasks (serial 2 forward and serial 3 backward calculations), which was one of the DT-tests we used for this validation study. Other DT tasks and the control group were not specifically trained and therefore not



included in the analysis. Wilcoxon tests were computed to test for significant within-group changes from baseline to post-intervention assessment. To quantify the magnitude of changes, we calculated standardized response means (SRMs) (Kazis, Anderson, & Meenan, 1989), which was interpreted as low (SRM = 0.2–0.5), moderate (SRM = 0.5–0.8) or strong effect (SRM > 0.8).

To evaluate feasibility of each DT-test, response rates, and the mean of the total completion time (measured by a stopwatch) were documented.

Statistical procedures were performed by SPSS 22.0 for Windows. A two-sided P-value 0.05 indicated statistical significance. Descriptive baseline characteristics were presented as means and standard deviations (SD) or number and percentages (%) as appropriate. The distribution of the data was evaluated with the Kolmogorov-Smirnov test and visually with histograms testing the Gaussian normal distribution curve. For skewed data non-parametric tests were used.

### 3. Results

#### 3.1. Participants

The study sample comprised multimorbid, geriatric patients with mild to moderate dementia. Participants' mean age was  $82.7 \pm 5.9$  years and the mean MMSE score was  $21.9 \pm 2.8$ . Levels of cognitive impairment have been classified as none (27–30), mild (20–26), moderate (10–19) and severe ( $\leq 9$ ) (DGPPN & DGN, 2010). Functional performance was impaired: The TUG time averaged  $18.4 \pm 11.3$  s. A score of  $\geq 14$  s for the TUG has been shown to indicate high risk of falls (Shumway-Cook et al., 2000). The POMA score averaged  $22.3 \pm 4.0$  points (cut offs:  $<19$  = high fall risk,  $19$ – $24$  = medium falls risk,  $24$ – $28$  = low fall risk; Tinetti, 1986). Forty-nine participants (46.7%) reported 1 or more falls during the previous year. Participants showed moderate fear of falling as indicated by a mean FES-I score of  $9.2 \pm 2.8$  (Delbaere et al., 2010). Further participant characteristics are presented in Table 1.

#### 3.2. Convergent validity

Table 2 shows the correlations between the motor and cognitive tasks of the 'Walking & Counting'- and the other DT-tests.

**Table 1**  
Sample characteristics.<sup>a</sup>

	Total sample (n = 105)
Age (years), mean (SD)	82.7 (5.9)
Cognitive status MMSE <sup>b</sup> (sum score), mean (SD)	21.9 (2.8)
Gender (female), n (%)	76 (72.4)
Education (years), mean (SD)	11.8 (2.9)
Social status, n (%)	Nursing home: 31 (29.5) Home-dwelling: 74 (70.5)
Depression GDS <sup>c</sup> (sum score), mean (SD)	2.8 (2.3)
Indicated depression (GDS >5), n (%)	19 (18.1)
Recent history of falls, n (%)	49 (46.7)
Fear of falling FES-I <sup>d</sup> (sum score), median (SD)	9.2 (2.8)
Number of diagnosis, mean (SD)	8.2 (4.1)
Number of medication, mean (SD)	7.6 (3.4)
CIRS <sup>e</sup> (sum score), mean (SD)	11.8 (4.4)
TUG <sup>f</sup> (test duration in seconds), mean (SD)	18.4 (11.3)
POMA <sup>g</sup> (total score), mean (SD)	22.3 (4.0)

<sup>a</sup> Given are sample sizes (n), mean and standard deviation (SD) or percentages (%) of all characteristics.

<sup>b</sup> MMSE: Mini-Ment-al State Examination.

<sup>c</sup> GDS: Geriatric Depression Scale.

<sup>d</sup> FES-I: Falls Efficacy Scale International (short version).

<sup>e</sup> CIRS: Cumulative Illness Rating Scale.

<sup>f</sup> TUG: Timed Up and Go.

<sup>g</sup> POMA: Performance-Oriented Mobility Assessment.

#### 3.2.1. Motor task

Correlations between maximal gait speed of the 'Walking & Counting'-test with the other gait-based DT-tests were consistently high ( $r_s = 0.81$ – $0.90$ ,  $p \leq 0.001$ ) and moderate for correlations with strength-based test ( $r_s = 0.29$ – $0.34$ ,  $p \leq 0.001$ – $0.006$ ). Highest correlation was shown between maximal gait speed of 'Walking & Counting serial 2 forward calculations' and 'Walking & Counting serial 3 backward calculations' ( $r_s = 0.90$ ,  $p < 0.001$ ).

#### 3.2.2. Cognitive task

High correlations for the cognitive tasks were found between the arithmetic tasks ( $r_s = 0.55$ ,  $p < 0.001$ ) and between the semi-automated cognitive tasks 'counting serial 2 forward calculations' with 'reciting the alphabet' ( $r_s = 0.52$ ,  $p \leq 0.001$ ) in the gait-based DT-tests. All other verbal fluency tasks included in gait-based DT-tests showed moderate correlations ( $r_s = 0.29$ – $0.35$ ,  $p = 0.001$ – $0.002$ ), except of 'naming plants' in the 'Walking & Verbal Fluency'-test in which only low correlations ( $r_s = 0.06$ – $0.09$ ,  $p = 0.37$ – $0.53$ ) could be found.

Correlations between the arithmetic tasks of 'Walking & Counting' with cognitive tasks of 'Strength & Verbal Fluency' were low to moderate ( $r_s = 0.12$ – $0.42$ ,  $p \leq 0.001$ – $0.23$ ) with highest correlations for the cognitive task of 'Walking & Counting serial 2 forwards calculation' with 'Walking & Reciting the alphabet' ( $r_s = 0.42$ ,  $p < 0.001$ ) representing semi-automated tasks.

#### 3.2.3. Relative DTCs (motor DTCs, cognitive DTCs, combined DTCs in%)

Comparison between motor DTCs of maximal gait speed of the 'Walking & Counting'- and 'Walking & Verbal Fluency'-test showed moderate to high correlations ( $r_s = 0.37$ – $0.61$ ;  $p < 0.001$ ). Correlations between motor DTCs of the 'Walking & Counting'- and the 'Strength & Verbal Fluency'-test were low ( $r_s = 0.02$ – $0.17$ ,  $p = 0.09$ – $0.82$ ).

Only low correlations ( $r_s = -0.19$  to  $0.06$ ,  $p = 0.09$ – $0.49$ ) between the cognitive DTCs of the 'Walking & Counting'- and the 'Walking & Verbal Fluency'-test as well as with the 'Strength & Verbal Fluency'-test could be shown.

For the combined (motor & cognitive) DTCs of the 'Walking & Counting'- with the 'Walking & Verbal Fluency'-test as well as with the 'Strength & Verbal Fluency'-test only low correlations ( $r_s = -0.11$  to  $0.16$ ,  $p = 0.26$ – $0.97$ ) were found, expect a moderate correlation between the combined DTCs of the 'Walking & Counting serial 2 forwards calculation'-test with the 'Walking & Reciting the alphabet'-test ( $r_s = 0.31$ ,  $p = 0.04$ ). Results are not presented in tables.

#### 3.3. Construct validity

Table 3 shows the correlations between the examined DT-tests with external motor-functional and cognitive outcomes.

#### 3.3.1. Motor task

Correlations between maximal gait speed of the gait-based DT-tests with measures assessing motor-functional performance were continuously high (TUG  $r_s = -0.74$  to  $-0.84$ ,  $p \leq 0.001$ ; POMA  $r_s = 0.62$ – $0.80$ ,  $p \leq 0.001$ ) and moderate for the maximal strength of the strength-based test (TUG  $r_s = -0.33$  to  $-0.40$ ,  $p \leq 0.001$ ; POMA  $r_s = 0.25$ – $0.31$ ,  $p = 0.002$ – $0.005$ ). Highest correlations with motor-functional outcomes were found for maximal gait speed of 'Walking & Reciting the alphabet' ( $r_s = -0.84$  to  $0.80$ ,  $p \leq 0.001$ ) and 'Walking & Naming animals' ( $r_s = -0.82$  to  $0.73$ ,  $p \leq 0.001$ ).

#### 3.3.2. Cognitive task

Highest correlations with external cognitive outcomes have been shown between the cognitive task 'naming animals or plants' with the subtest 'Verbal Fluency Animals' of the CERAD (0–15 s

**Table 2**  
Convergent validity of the different dual task assessments.

Dual Task-Test	n	Walking & Counting +2		Walking & Counting –3	
		maximal gait speed (cm/s)	response rate (correct calculations/s)	maximal gait speed (cm/s)	response rate (correct calculations/s)
Walking & Counting +2 maximal gait speed (cm/s) response rate (correct calculations/s)	105			0.90**	0.55**
Walking & Reciting ABC maximal gait speed (cm/s) response rate (correct namings/s)	105	0.85**	0.52**	0.83**	0.35*
Walking & Naming animals maximal gait speed (cm/s) response rate (correct namings/s)	105	0.81**	0.32**	0.82**	0.29**
Walking & Naming plants maximal gait speed (cm/s) response rate (correct namings/s)	105	0.81**	0.06 (NS)	0.84**	0.09 (NS)
Strength & Reciting ABC maximal strength (N) response rate (correct namings/s)	104	0.34**	0.42**	0.29**	0.25**
Strength & Naming animals maximal strength (N) response rate (correct namings/s)	104	0.34**	0.25**	0.29**	0.12 (NS)
Strength & Naming plants maximal strength (N) response rate (correct namings/s)	104	0.30**	0.12 (NS)	0.29**	0.19 (NS)

Given are Spearman's rank correlations ( $r_s$ ) between an established DT-test ('Walking & Counting' [+2, –3]) with the other assessed DT-tests ('Walking & Verbal Fluency' [ABC, animals, plants] and 'Strength & Verbal Fluency' [ABC, animals, plants]). Correlations were calculated for motor and cognitive parameters (gait speed [cm/s] or maximal strength [N]; response rate [correct namings resp. calculations/s]). Correlations were significant at the \*\*0.01 and \*0.05 level (two-sided). Strength of correlation was indicated for  $r_s < 0.2 =$  low,  $r_s = 0.2–0.5 =$  moderate and  $r_s > 0.5 =$  high (Cohen, 1988). n: sample size, cm: centimeter, s: seconds, N: Newton, NS: not significant.

**Table 3**  
Construct validity for motor and cognitive parameters of dual task-tests.

Dual Task-Test	n	Variable	External motor-functional tests		Variable	External cognitive tests			
			TUG	POMA		MMSE	ZVT-G	Verbal Fluency Animals	
			(time in s)	(total score)		(total score)	(time in s)	(0–15s)	(total score)
Walking & Counting +2	105	max. gait speed (cm/s)	–0.79**	0.70**	response rate (correct calculations/s)	.19 (NS)	–0.30**	0.15 (NS)	0.08 (NS)
Walking & Counting –3	105	max. gait speed (cm/s)	–0.74**	0.62**	response rate (correct calculations/s)	0.37**	–0.31**	0.07 (NS)	0.16 (NS)
Walking & Reciting ABC	105	max.gait speed (cm/s)	–0.84**	0.80**	response rate (correct namings/s)	0.12 (NS)	–0.17 (NS)	0.02 (NS)	0.18 (NS)
Walking & Naming animals	105	max. gait speed (cm/s)	–0.82**	0.73**	response rate (correct namings/s)	0.28**	–0.25*	0.41**	0.37**
Walking & Naming plants	105	max. gait speed (cm/s)	–0.78**	0.69**	response rate (correct namings/s)	0.29**	–0.14 (NS)	0.20*	0.28**
Strength & Reciting ABC	104	max. strength (N)	–0.33**	0.29**	response rate (correct namings/s)	0.14 (NS)	–0.28**	0.15 (NS)	0.29**
Strength & Naming animals	104	max. strength (N)	–0.40**	0.31**	response rate (correct namings/s)	0.26**	–0.15 (NS)	0.46**	0.46**
Strength & Naming plants	104	max. strength (N)	–0.38**	0.25*	response rate (correct namings/s)	0.28**	–0.10 (NS)	0.34**	0.39**

Given are Spearman's rank correlations ( $r_s$ ) between 'Walking & Counting' (+2, –3), 'Walking & Verbal Fluency' (ABC, animals, plants) or 'Strength & Verbal Fluency' (ABC, animals, plants) and motor-functional (TUG and POMA) or cognitive (MMSE, ZVT-G, Verbal Fluency Animals as a subtest of the CERAD test-battery [0–15s, 0–60s = total score]) outcomes. Correlations were calculated for motor (gait speed [cm/s] or maximal strength [N]) or cognitive (response rate [namings resp. calculations/s]) parameters. Correlations were significant at the \*\*0.01 and \*0.05 level (two-sided). Strength of correlations were indicated for  $r_s < 0.2 =$  low,  $r_s = 0.2–0.5 =$  moderate and  $r_s > 0.5 =$  high (Cohen, 1988). n: sample size, NS: not significant, TUG: Timed Up and Go, POMA: Performance-Oriented Mobility Assessment, MMSE: Mini-Mental State Examination, ZVT-G: Zahlen-Verbindungs-Test-G (age-adjusted Trail Making Test).

$r_s = 0.20-0.46$ ,  $p \leq 0.001-0.037$ , total score  $r_s = 0.28-0.46$ ,  $p \leq 0.001-0.004$ ) under the gait-based as well as under the strength-based DT-conditions. Correlations of the other cognitive tasks within the evaluated DT-tests with the MMSE ( $r_s = 0.12-0.37$ ,  $p \leq 0.001-0.08$ ) and the ZVT-G ( $r_s = -0.10$  to  $-0.31$ ,  $p = 0.002-0.34$ ) were low to moderate.

3.3.3. Relative DTCs (motor DTCs, cognitive DTCs, combined DTCs in%)

Motor DTCs of all DT-tests showed consistently low and non-significant correlations with the motor-functional outcomes (TUG  $r_s = -0.09$  to  $0.10$ ,  $p = 0.31-0.95$ ; POMA  $r_s = -0.10$  to  $0.03$ ,  $p = 0.35-0.89$ ).

Correlations between cognitive DTCs of DT-tests and the external cognitive tests were low to moderate (MMSE  $r_s = -0.03$  to  $0.12$ ,  $p = 0.21-0.87$ , ZVT-G  $r_s = -0.01$  to  $0.16$ ,  $p = 0.76-0.29$ , Verbal Fluency Animals [0-15s]  $r_s = -0.11$  to  $0.21$ ,  $p = 0.03-0.28$  [total score]  $r_s = -0.02$  to  $0.21$ ,  $p = 0.04-0.86$ ), except of cognitive DTCs of the ‘Strength & Naming animals/plants’-test which showed moderate correlations with the subtest of the CERAD ‘Verbal Fluency Animals’ ( $r_s = 0.21$ ,  $p = 0.03-0.04$ ).

Combined (motor & cognitive) DTCs showed low to moderate correlations with the motor-functional outcomes (TUG  $r_s = -0.01$  to  $0.10$ ,  $p = 0.32-0.94$ ; POMA  $r_s = 0.01-0.17$ ,  $p = 0.30-0.94$ ) as well as with external cognitive tests (MMSE  $r_s = 0.08-0.26$ ,  $p = 0.32-0.24$ ; ZVT-G  $r_s = -0.19$  to  $0.12$ ,  $p = 0.32-0.21$ ; Verbal Fluency Animals [0-15s]  $r_s = -0.07$  to  $0.26$ ,  $p = 0.31-0.25$ , [total score]  $r_s = -0.11$  to

$0.24$ ,  $p = 0.07-0.35$ ). Results of relative DTCs are not documented in the table.

3.4. Test-retest reliability

Results see Table 4.

3.4.1. Motor task

Regarding Spearman’s rank correlations test-retest reliability of motor performance was high ( $r_{swalking} = 0.91-0.94$ ,  $r_{sstrength} = 0.76-0.79$ ,  $p \leq 0.001$ ) for all evaluated DT-tests. Highest correlation was found for gait speed of the ‘Walking & Reciting the alphabet’-test ( $r_s = 0.94$ ,  $p \leq 0.001$ ).

Regarding ICCs excellent test-retest reliability was found for both motor parameters gait speed and maximal strength (ICC<sub>walking</sub> =  $0.92-0.96$ , ICC<sub>strength</sub> =  $0.75-0.77$ ,  $p \leq 0.001$ ) with best ICCs for gait speed of ‘Walking & Reciting the alphabet’ (ICC =  $0.96$ ,  $p \leq 0.001$ ) and ‘Walking & Naming animals’ (ICC =  $0.96$ ,  $p \leq 0.001$ ).

3.4.2. Cognitive task

Correlations for the response rates were moderate to high for all cognitive tasks ( $r_s = 0.42-0.86$ ,  $pn \leq 0.001$ ). Highest correlations were found for the verbal fluency task ‘reciting the alphabet’ under both the walking- ( $r_s = 0.86$ ,  $p \leq 0.001$ ) and the strength-condition ( $r_s = 0.83$ ,  $p \leq 0.001$ ). Regarding ICCs good to excellent test-retest reliability could be shown for all cognitive tasks (ICC =  $0.51-0.88$ ,

**Table 4**  
Test-retest reliability results for all dual task assessments.

Dual Task-Test	n	Motor task			Cognitive task				
		Mean (SD)		$r_s$	ICC (95%CI)	Mean (SD)		$r_s$	ICC (95%CI)
		Test	Retest			Test	Retest		
Walking & Counting +2 gait speed (cm/s) response rate (correct calculations/s)	81	92.6 (33.5)	96.2 (36.7)	0.93**	0.93 (0.90–0.96)**	1.3 (0.4)	1.3 (0.5)	0.77**	0.80 (0.70–0.87)**
Walking & Counting –3 gait speed (cm/s) response rate (calculations/s)	81	79.5 (32.3)	83.8 (33.3)	0.91**	0.92 (0.87–0.95)**	0.5 (0.4)	0.5 (0.3)	0.78**	0.86 (0.80–0.91)**
Walking & Reciting ABC gait speed (cm/s) response rate (namings/s)	80	103.1 (39.1)	103.9 (36.3)	0.94**	0.96 (0.93–0.97)**	3.1 (1.4)	3.3 (1.4)	0.86**	0.88 (0.81–0.92)**
Walking & Naming animals gait speed (cm/s) response rate (namings/s)	80	85.3 (35.6)	85.8 (34.6)	0.93**	0.96 (0.93–0.97)**	0.5 (0.3)	0.5 (0.3)	0.64**	0.62 (0.46–0.74)**
Walking & Naming plants gait speed (cm/s) response rate (namings/s)	80	84.2 (34.0)	85.7 (33.5)	0.93**	0.95 (0.92–0.96)**	0.4 (0.3)	0.4 (0.3)	0.70**	0.69 (0.55–0.79)**
Strength & Reciting ABC max. strength (N) response rate (namings/s)	78	50.6 (28.9)	55.9 (28.7)	0.76**	0.76 (0.65–0.84)**	3.0 (1.0)	3.1 (1.0)	0.83**	0.83 (0.75–0.89)**
Strength & Naming animals max. strength (N) response rate (namings/s)	78	48.6 (28.6)	49.6 (26.8)	0.79**	0.77 (0.66–0.84)**	0.6 (0.3)	0.5 (0.3)	0.42**	0.51 (0.32–0.65)**
Strength & Naming plants max. strength (N) response rate (namings/s)	78	45.2 (27.1)	44.7 (23.6)	0.77**	0.75 (0.64–0.84)**	0.5 (0.2)	0.5 (0.3)	0.56**	0.55 (0.37–0.69)**

Given are sample size (n), mean with standard deviation (SD) of absolute motor and cognitive parameters (maximal gait speed or maximal strength, response rate) as well as Spearman’s rank correlations ( $r_s < 0.2$  = low,  $r_s = 0.2-0.5$  = moderate,  $r_s > 0.5$  = high) and intra-class correlation coefficients (ICC) with a 95% CI (ICC < 0.40 = poor, ICC 0.40–0.75 = fair to good, ICC > 0.75 = excellent) for each variable of test and retest. Level of significance was indicated by stars for \*\*0.01 and \*0.05. s: seconds, cm: centimeter, N: Newton.

$p \leq 0.001$ ) with excellent reliability for arithmetic tasks (ICC = 0.80–0.86,  $p \leq 0.001$ ) and ‘reciting the alphabet’ (ICC = 0.83–0.86,  $p \leq 0.001$ ). Results of the more challenging task ‘naming animals/plants’ showed good test-retest reliability (ICC = 0.51–0.69,  $p \leq 0.001$ ) with moderate to high correlations ( $r_s = 0.42$ – $0.70$ ,  $p \leq 0.001$ ). Test-retest reliability of the ‘naming animals/plants’-task was higher (ICC = 0.62–0.69,  $p \leq 0.001$ ) and showed stronger correlations ( $r_s = 0.64$ – $0.70$ ,  $p \leq 0.001$ ) under the walking than under the strength condition.

3.4.3. Relative DTCs (motor DTCs, cognitive DTCs, combined DTCs in%)

Regarding Spearman’s rank correlations test-retest reliability of motor DTCs were moderate to high ( $r_s = 0.35$ – $0.77$ ,  $p \leq 0.001$ ) for all DT-tests. ICCs of motor DTCs of the gait-based as well as the strength-based DT-tests ranged from poor to good (ICC = 0.10–0.74,  $p \leq 0.001$ – $0.20$ ). Highest correlations and ICCs for motor DTCs were found for the gait-based tests (‘Walking & Counting’  $r_s = 0.67$ – $0.72$ ,  $p \leq 0.001$ ; ICC = 0.72–0.74,  $p \leq 0.001$ ; ‘Walking & Verbal Fluency’  $r_s = 0.53$ – $0.77$ ,  $p \leq 0.001$ ; ICC = 0.67–0.74,  $p \leq 0.001$ ).

Test-retest reliability for cognitive DTCs of all DT-tests showed low to high Spearman’s rank correlations ( $r_s = 0.13$ – $0.62$ ,  $p \leq 0.001$ – $0.25$ ) and poor to good ICCs (ICC = 0.05–0.65,  $p \leq 0.001$ – $0.21$ ).

Test-retest reliability for combined (motor & cognitive) DTCs of all DT-tests ranged from low to high correlations ( $r_s = 0.14$ – $0.69$ ,  $p \leq 0.001$ – $0.22$ ) with poor to good ICCs (ICC = 0.15–0.71,  $p \leq 0.001$ – $0.09$ ).

3.5. Sensitivity to change of the ‘Walking & Counting’-test

Results see Table 5.

3.5.1. Motor task

The ‘Walking & Counting’-test with either serial 2 forward calculations or serial 3 backward calculations showed significant improvements in all gait parameters ( $p \leq 0.01$ ) over the intervention period of 10 weeks. Motor parameters showed slightly stronger effects under the serial 2 forward (SRM = 0.41–1.12) than

under the serial 3 backward calculations (SRM = 0.30–1.10). Strongest effect sizes were detected for gait speed (SRM = 1.10–1.12) and cadence (SRM = 1.10–1.13).

3.5.2. Cognitive task

Both arithmetic tasks showed significant changes of the response rates (correct calculations/s) over an intervention period of 10-weeks. Within the response rates effect sizes were almost identical and showed strong effects for both arithmetic tasks (‘serial 3 backward calculations’ SRM = 0.95, ‘serial 2 forward calculations’ SRM = 0.82).

3.5.3. Relative DTCs (motor DTCs, cognitive DTCs, combined DTCs in%)

Motor DTCs of ‘Walking & Counting’ showed significant changes under both arithmetic tasks (SRM = 0.15–0.77) except for the parameters of ‘heel to heel base support’ and ‘single support’. Significant changes over time with moderate to strong effect sizes (SRM = 0.56–0.98) were found for cognitive DTCs of ‘Walking & Counting’.

Combined (motor & cognitive) DTCs of ‘Walking & Counting’ showed significant changes for all examined gait parameters. Stronger effect sizes for combined DTCs were found in ‘Walking & serial 2 forward calculations’ (SRM = 0.41–1.10) than in ‘Walking & serial 3 backward calculations’ (SRM = 0.40–0.62). In contrast, other DT-tests (‘Walking & Verbal Fluency’, ‘Strength & Verbal Fluency’) which were not trained showed no significant changes over the time (not documented in tables).

3.6. Feasibility

Feasibility of the assessment procedures was good, as all participants could perform the gait-based tests and only 1 participant was excluded from the strength-based test, because of an abdominal aortic aneurysm. Eleven patients had concerns about walking without walking aids, but after test trials with the attendance of the instructor, the measurement was feasible. Not all participants were able to give an adequate response to cognitive

**Table 5**  
Sensitivity to change for ‘Walking and Counting’ – Results of the Wilcoxon test and effect sizes (Standardized Response Means [SRM]).

Test	Variable <sup>a</sup>	n <sup>b</sup>	Mean (SD) <sup>c</sup>		p-value <sup>d</sup>	SRM <sup>e</sup>
			T1	T2		
Gait parameters						
Walking & Counting +2	gait speed	47	76.98 (35.36)	100.94 (36.50)	$\leq 0.001$	1.12
	cadence		100.08 (21.20)	119.64 (21.34)	$\leq 0.001$	1.13
	stridelg		91.68 (32.48)	101.94 (32.84)	$\leq 0.001$	0.59
	H-H Base		13.57 (5.36)	12.48 (5.38)	0.005	0.41
	singlesupp		0.46 (0.12)	0.39 (0.09)	$\leq 0.001$	0.92
	doublesupp		0.35 (0.17)	0.26 (0.16)	$\leq 0.001$	0.94
Walking & Counting –3	gait speed	47	66.90 (34.38)	90.97 (35.19)	$\leq 0.001$	1.10
	cadence		94.13 (19.45)	112.32 (19.94)	$\leq 0.001$	1.10
	stridelg		84.61 (34.66)	98.20 (34.10)	$\leq 0.001$	0.73
	H-H Base		14.30 (5.26)	13.25 (5.49)	0.010	0.40
	singlesupp		0.55 (0.45)	0.42 (0.11)	$\leq 0.001$	0.30
	doublesupp		0.45 (0.42)	0.29 (0.18)	$\leq 0.001$	0.43
Cognitive parameters						
Walking & Counting +2	response rate	47	0.99 (0.50)	1.33 (0.44)	$\leq 0.001$	0.82
Walking & Counting –3	response rate		0.35 (0.23)	0.64 (0.38)	$\leq 0.001$	0.95

<sup>a</sup> Variables: gait speed (cm/s), cadence (steps/min), stridelg = stride length (cm), H-H Base = Heel to Heel Base support (cm), single support (%), double support (%).

<sup>b</sup> n: sample size.

<sup>c</sup> Mean and standard deviation (SD) for T1 and T2 are given for motor and cognitive parameters ‘Walking and Counting (+2; –3).

<sup>d</sup> P-values for Wilcoxon test applied to test differences between T1 and T2.

<sup>e</sup> Standardized response means [SRM = difference between the mean scores T1–T2, divided by the mean scores of the standard deviation (Kazis et al., 1989); SRM = 0.2–0.5 = low effect, SRM = 0.5–0.8 = moderate effect, SRM > 0.8 = strong effect (Cohen, 1988)] are given.

tasks in each trial both under ST and DT which represented the differing levels of cognitive performance which we assumed as floor effects (*Serial 2 forward calculations [walking/strength]*: 5 patients were not able to give a correct calculation in 1 of 2 trials under DT; *Serial 3 backward calculations [walking/strength]*: 7 under ST and 10 under DT patients were not able to give a correct calculation in 1 of 2 trials, 5 participants could not give 1 correct answer in both DT trials; *Reciting ABC [walking/strength]*: All participants were able to recite at least 3 letters of the alphabet; *Naming animals/plants [walking]*: 4 patients were not able to name plants in 1 of 2 DT trials, all patients could name at least one animal in 1 of 2 DT trials; *Naming animals/plants [strength]*: 3 participants could not name an animal, 8 patients could not name a plant under DT). Average time (including test instructions, test documentation and individual breaks) for test performance was: 'Walking & Counting' 16.7 ( $\pm 5.0$ ) min, 'Walking & Verbal Fluency' 13.1 ( $\pm 5.4$ ) min and 'Strength & Verbal Fluency' 16.9 ( $\pm 4.9$ ) min. No critical events such as falls occurred during testing.

#### 4. Discussion

Results confirm good to excellent psychometric quality of almost all examined DT-tests regarding the motor and cognitive tasks under DT conditions in a vulnerable sample with dementia. Consequently, our findings demonstrated that these DT-tests are suitable as a diagnostic tool for cognitive decline. Gait-based tests 'Walking & Counting' and 'Walking & reciting the alphabet' stood out with highest biometrical quality. Furthermore 'Walking & Counting' was a responsive measure to demonstrate changes over the time which is highly relevant for demonstrating intervention effects. Furthermore, with regard to the cognitive task, arithmetic tasks demonstrated most valid, reliable and responsive results, as well as the semi-automated verbal fluency task 'reciting the alphabet'. Thus the results proved that DT performance could be used as a valid, reliable and feasible study endpoint within intervention studies. Relative DTCs, which are recommended for DT assessments, showed lower biometric quality.

##### 4.1. Construct and convergent validity

In the present study almost all motor and cognitive tasks under DT conditions showed moderate to high correlations with either the 'Walking & Counting'-test (convergent validity) or motor-functional or cognitive outcomes (construct validity). Highest convergent validity was shown for DT-tests with closely related motor and cognitive demands: 'Walking & serial 2 forward calculations' with 'Walking & serial 3 backward calculations' as well as correlations between gait-based tests rather than correlations with the strength-based tests. Our findings showed that DT-tests were most valid if they included a gait-based motor task, arithmetic cognitive tasks which partly demanding the working memory and cognitive semi-automated tasks (serial 2 forward calculations and reciting the alphabet). Concluding that highest convergent validity for determining DT performance in elderly patients with dementia could be confirmed for 'Walking & Counting' and 'Walking & reciting the alphabet'. High correlations between serial 2 forwards calculations and reciting the alphabet may be due to the fact that both tasks representing rhythmic, semi-automated tasks with lower cognitive challenge (Beauchet et al., 2007).

Lower correlations were found for the relative DTCs which could be ascribe to the specific calculation of the DTCs at which outlier or marginal changes could have strong influence on the results.

Stronger validity for DT-tests including the motor task 'walking' in comparison to the motor task 'strength' may be attributing to

the fact that the tests used for evaluating validity were gait-based as well ('Walking & Counting' or TUG and POMA). Closely related demands produced higher validity in this study. Similar results could be demonstrated in a further study (Hofheinz & Schusterschitz, 2010) that examined the relationship between a cognitive or a manual DT version of the TUG with the Berg Balance Scale (BBS), a theoretically related measure, as the gold standard. In addition walking represents an activity of daily living whereas strength testing was machine-based and in the majority of cases a completely new demand for our patients. Results are in line with studies examining relationship between DT-tests and clinical measures of balance and mobility [e.g. TUG (Condrón & Hill, 2002; Schott, 2015), DT version of the TUG (Yang et al., 2016), Short Physical Performance Battery (Gimmon et al., 2013), Performance Oriented Mobility Assessment (Gimmon et al., 2013), Berg Balance Scale (Hofheinz & Schusterschitz, 2010)] demonstrated moderate to strong correlations for walking time (Gimmon et al., 2013; Yang et al., 2016), the dynamic Chattecx Balance System (Condrón & Hill, 2002) or the Trail Walking Test (Schott, 2015).

To our knowledge, this is the first study which investigates the relationship between DT assessments or the relationship between DT-tests and theoretically related motor-functional or cognitive tests in patients with cognitive impairment.

##### 4.2. Test-retest reliability

DT outcome measures showed excellent test-retest reliability for the motor tasks and fair to excellent test-retest reliability for the cognitive tasks under DT conditions for the three different DT-tests in patients with dementia. For cognitive tasks strongest reliability was found for reciting the alphabet and arithmetic tasks. The presence of cognitive impairment did not preclude stability in DT performance in our sample supporting that this DT methodology can be reliably used in patients with dementia.

A small increase in motor results during DT might indicate a minor learning effect. This could be due to the fact that (1) we used a relative short time period between the test and retest sessions and (2) we collected data of all three DT-tests within one session so that patients had numerous repetitions of the motor task. Gait-based DT-tests showed better test-retest reliability than strength-based tests. This might be due to the reasons that walking represents an everyday life motor key performance whereas the strength task was performed on a special measuring unit that was completely unknown to study participants. Additionally, strength-based DT-tests included a short time period for the trials (preinstalled 5 s). We choose this time interval regarding to the numerous trials our vulnerable sample had to perform within the strength-based DT-tests. These findings are similar to those of Muhaidat et al. (2013a) in which a DT-test including the stair descent showed the least test-retest reliability in a sample of non-demented elderly which might have been due to the small number of steps, comparable to our short time period, which might have not allowed for the normalization of the walking pattern. In addition, most reliable were the simple gait-based DT-tests. This might pose the question if people with dementia are able to perform more challenging DT properly in general (Camicoli, Howieson, Lehman, & Kaye, 1997; Della Sala et al., 1995). In more challenging cognitive tasks (serial 3 backward calculations, naming animals and plants) we found a slightly reduced test-retest reliability indicating more stable results when participants were not tested at limits.

However, the relative DTCs in this study showed poor to good test-retest reliability. Although we suggested that proportionate measures might be the best way to express DT abilities as it accounts for baseline differences in ST performance (Riby et al., 2004), relative DTCs were a less valid and reliable measure. These

results are comparable to findings of test-retest analyses of DT assessments combining a walking with a verbal fluency or an arithmetic task in a non-demented sample which showed good to excellent test-retest reliability for the motor task (ICC = 0.53–0.92; Muhaidat et al., 2013a) respectively for the walking time (ICC = 0.70–0.93; Yang et al., 2016), fair to excellent results for cognitive performance speed and accuracy (ICC = 0.40–0.51; Muhaidat et al., 2013a) respectively correct response rates (ICC = 0.58–0.81; Yang et al., 2016). These findings could be explained by the increase of systematic error when ST and DT are used to compute the proportionate differences (Crawford, 2004). In almost the same manner the systematic review of Yang et al. (2015) that investigated psychometric properties of DT assessments in older adults found out that test-retest reliability of motor parameters and cognitive outcomes under DT conditions was generally fair to good whereas the reliability of relative DTCs was generally poor to fair. This statement with regard to test-retest reliability of the motor task under DT condition is supported by several studies examining DT walking combined with counting backwards (Gimmon et al., 2013; Hartmann et al., 2009; Hofheinz & Schusterschitz, 2010; McCulloch et al., 2009), backward spelling (Hollman et al., 2010) or reciting days of the week or the month of the year backwards (Gimmon et al., 2013) in older adults without cognitive impairment and could demonstrate excellent retest reliability for spatio-temporal gait parameters [ICC = 0.86–0.99 (Hartmann et al., 2009), ICC > 0.84 (Hollman et al., 2010), ICC = 0.78–0.92 (Gimmon et al., 2013), ICC = 0.98 (Hofheinz & Schusterschitz, 2010)].

Most previous studies excluded patients with dementia due to the assumptions that patients with cognitive impairments demonstrated an increasing variability of test performance on the basis of illness-related symptoms such as attentional deficits, inability to follow instructions and impaired executive functions. Such deficits seem to be an issue for an accurate assessment and restrict the reproducibility of specific performance (Ries, Echternach, Nof, & Gagnon Blodgett, 2009). We only found two studies analyzing test-retest reliability of assessing quantitative gait variables using an electronic walkway in older adults with mild cognitive impairment under ST and DT conditions (Montero-Odasso et al., 2009) and test-retest reliability of stride time variability while DT in healthy and demented adults with frontotemporal degeneration (Beauchet et al., 2011) and showed excellent results of the mean value of stride time (ICC = 0.81; Beauchet et al., 2011) and for evaluated gait parameters (ICC > 0.85; Montero-Odasso et al., 2009). These results could support our excellent data of test-retest reliability of the gait parameters in patients with cognitive impairment. But the reservation must be made, compared to our study, that both studies have restricted validity due to methodological limitations that they analyzed details of the motor task and disregarded the secondary cognitive task in a small sample of patients with cognitive impairment [ $n = 11$  (Montero-Odasso et al., 2009),  $n = 14$  (Beauchet et al., 2011)]. Furthermore, Montero-Odasso et al. (2009) only examined patients with mild cognitive impairment and excluded patients with dementia.

#### 4.3. Sensitivity to change

This is the first study examining sensitivity to change of a DT assessment tool in patients with dementia and demonstrated good to excellent responsiveness for the 'Walking & Counting'-test as it reproduced significant changes induced by a task specific training program regarding the main motor and cognitive outcome measures 'gait speed' and 'response rate'. Moreover, results could also be confirmed for relative DTCs. Motor parameters 'gait speed' and 'cadence' were most sensitive for changes in DT performance.

Within the cognitive tasks effect sizes were larger for the serial 3 backward than for the serial 2 forward calculations. Findings confirm previous results in patients with dementia that more challenging tasks showed higher training gains, assumed that the challenging tasks were still feasible for the patients (Schwenk et al., 2010). The large effect sizes documented in specifically-trained outcomes represented the potential change to be achieved and indicated the excellent sensitivity to change for the 'Walking & Counting'-test.

#### 4.4. Feasibility

DT-tests were feasible even in high aged, multimorbid participants with mild to moderate stage dementia and could therefore be an important extension to geriatric assessment strategies. All patients were able to perform the walking task. This might be due to the fact that 'walking 10 m without a walking aid' was an inclusion criterion to participate in our study. Differences regarding the type and the complexity level of the cognitive tasks could be explained by an excessive demand with simultaneous limited resources of the study sample. Patients had more difficulties to properly perform the arithmetic tasks than the verbal fluency tasks. The semi-automated cognitive tasks (serial 2 forward calculations, reciting the alphabet) seemed to be more feasible for our sample than the complex tasks (serial 3 backward calculations, naming animals/plants). Counting backwards in 3 s disclosed that 14% were not able to give a correct calculation step under DT which we assumed to be a floor effect for those with advanced impairment. Results are in line with previous studies that examined feasibility of gait-based DT-tests (McCulloch et al., 2006; Muhaidat et al., 2013b) and showed that the arithmetic tasks (McCulloch et al., 2006; Muhaidat et al., 2013b) were less feasible than the verbal fluency tasks even in a sample of community-dwelling older adults without cognitive impairment. In the current study tasks were piloted before testing to adapt the tasks to the sample's ability and to prevent ceiling and floor effects.

Previous research demonstrated that counting backwards by 3 s essentially relies on working memory (Smith et al., 2001) which is usually impaired early in the course of dementia whereas simple verbal fluency tasks (e.g. reciting ABC) mainly demands on semantic memory (Hittmair-Delazer, Semenza, & Denses, 1994) which is predominantly unimpaired at the onset of dementia. The demand for executive functions that, under DT conditions, are already used to coordinate two tasks simultaneously would be more relevant for complex counting backwards than for the verbal fluency task (Beauchet et al., 2005).

No clinical events (e.g. falls) occurred during supervised testing indicating a low risk of the DT-test.

Average time for conducting the DT-tests ranged from 13.1 to 16.9 min which seems to be a fair time interval for the multimorbid study sample. It was the first study to document feasibility for DT evaluation in patients with dementia thus allowing an evidence-based planning of specific assessment strategies.

#### 5. Study limitations

As there is no gold standard to assess DT performance, we selected the 'Walking & Counting'-test as the benchmark to determine construct validity which could have influence on validity results.

The fact that people with dementia have difficulties completing DT properly (Camicoli et al., 1997; Della Sala et al., 1995) became apparent in the way that response rates of the cognitive tasks were low in some patients. With the current methodology in use it is unclear if the patients paid equal attention on both tasks or if they prioritizing one of them. All tests including verbal fluency tasks

were performed within one session. Frequent repetitions of the verbal fluency tasks within the tests could have caused learning effects. However, the sequence of the tasks was randomized. Furthermore, participants were recruited from different settings that could have induced result bias (e.g. clustering effects).

## 6. Conclusions

This is the first validation study of different types of DT-tests in multimorbid patients with mild to moderate dementia, a study sample most affected in attention-related deficits. In contrast to recent DT validation studies, which included less impaired or healthy samples, limited to validity, reliability and few feasibility analyses for biometrical quality, we examined multiple psychometric properties to allow a comprehensive and comparative evaluation of different DT-tests. Despite reported problems to assess patients with dementia (Hauer & Oster, 2008) results confirm adequate to excellent psychometric quality of almost all examined DT-tests regarding motor and cognitive task under DT in a vulnerable sample with dementia. Gait-based DT-tests demonstrated best results. Furthermore, with regard to the cognitive task, arithmetic tasks turned out to have most valid, reliable and responsive results, as well as the semi-automated verbal fluency task 'reciting the alphabet'. 'Walking & Counting' and 'Walking & reciting the alphabet' stood out with highest biometrical quality and could be recommended for assessment purpose in future DT studies with people with dementia. Consequently, our findings demonstrated that these DT-tests are suitable as a diagnostic or descriptive tool for cognitive decline as well as study endpoints for intervention studies. Relative DTCs which are recommended for DT assessments were less valid measures in our study and this need to be considered in future research.

## Conflict of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest concerning this article.

## Acknowledgements

The authors would like to thank the Network Aging Research (NAR) of the University of Heidelberg, the Robert Bosch Stiftung, and Dietmar Hopp Stiftung for supporting this study. A special thanks to our participants, and our exercise trainer (M. Günther).

## References

Aalten, P., Verhey, F. R., Boziki, M., Bullock, R., Byrne, E. J., Camus, V., et al. (2007). Neuropsychiatric syndromes in dementia results from the european alzheimer disease consortium: Part I. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 24(6), 457–463. <http://dx.doi.org/10.1159/000110738>.

Abernethy, B. (1988). Dual-task methodology and motor skills research: Some applications and methodological constraints. *Journal of Human Movement Studies*, 14, 101–132.

Ashford, S., Slade, M., Malaprada, F., & Turner-Stokes, L. (2008). Evaluation of functional out-come measures for the hemiparetic upper limb: A systematic review. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 40, 787–795. <http://dx.doi.org/10.2340/16501977-0276>.

Baddeley, A. D., Bressi, S., Della Sala, S., Logie, R., & Spinnler, H. (1991). The decline of working memory in Alzheimer's disease. A longitudinal study. *Brain*, 114(Pt. 6), 2521–2542.

Barth, S., Schönknecht, P., Pantel, J., & Schröder, J. (2005). Mild cognitive impairment and Alzheimer's Disease: An investigation of the CERAD-NP test battery. *Fortschritte der Neurologie-Psychiatrie*, 73(10), 568–576.

Beauchet, O., Dubost, V., Gonthier, R., & Kressig, R. W. (2005). Dual-task-related gait changes in transitionally frail older adults: The type of the walking-associated cognitive task matters. *Gerontology*, 51(1), 48–52. <http://dx.doi.org/10.1159/000081435>.

Beauchet, O., Dubost, V., Allali, G., Gonthier, R., Hermann, F. R., & Kressig, R. W. (2007). 'Faster counting while walking' as a predictor of falls in older adults. *Age and Ageing*, 36(4), 418–423. <http://dx.doi.org/10.1093/ageing/afm011>.

Beauchet, O., Annweiler, C., Allali, G., Berrut, G., Herrmann, F. R., & Dubost, V. (2008a). Recurrent falls and dual task-related decrease in walking speed: Is there a relationship? *Journal of the American Geriatrics Society*, 56, 1265–1269. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-5415.2008.01766.x>.

Beauchet, O., Allali, G., Annweiler, C., Berrut, G., Maarouf, N., Herrmann, F. R., et al. (2008). Does change in gait while counting backward predict the occurrence of a first fall in older adults? *Gerontology*, 54, 217–223. <http://dx.doi.org/10.1159/000127318>.

Beauchet, O., Annweiler, C., Dubost, V., Allali, G., Kressig, R. W., Bridenbaugh, S., et al. (2009). Stops walking when talking: A predictor of falls in older adults? *European Journal of Neurology*, 16(7), 786–795. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-1331.2009.02612.x>.

Beauchet, O., Freiberger, E., Annweiler, C., Kressig, R. W., Herrmann, F. R., & Allali, G. (2011). Test-retest reliability of stride time variability while dual tasking in healthy and demented adults with frontotemporal degeneration. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 8, 37. <http://dx.doi.org/10.1186/1743-0003-8-37>.

Boyle, P. A., Cohen, R. A., Paul, R., Moser, D., & Gordon, N. (2002). Cognitive and motor impairments predict functional declines in patients with vascular dementia. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 17(2), 164–169.

Camicioli, R., Howieson, D., Lehman, S., & Kaye, J. (1997). Talking while walking: The effect of a dual task in aging and Alzheimer's disease. *Neurology*, 48(4), 955–958.

Camicioli, R., Oken, B. S., Sexton, G., Kaye, J. A., & Nutt, J. G. (1998). Verbal fluency task affects gait in Parkinson's disease with motor freezing. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, 11(4), 181–185.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, 2nd ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.

Condron, J. E., & Hill, K. D. (2002). Reliability and validity of a dual-task force platform assessment of balance performance: Effect of age, balance impairment, and cognitive task. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50, 157–162.

Crawford, J. (2004). Psychometric foundations of neurological assessment. In L. H. Goldstein, & J. E. McNeil (Eds.), *Clinical Neuropsychology: A practical guide to assessment and management for clinicians* (pp. 121–140). Chichester: John Wiley & Sons.

DGPPN (Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde), & DGN (Deutsche Gesellschaft für Neurologie) (2010). *Diagnose- und behandlungsleitlinien demenz. interdisziplinäre S3 praxisleitlinien*. Springer Verlag.

Delbaere, K., Close, J. C. T., Mikolaizak, A. S., Sachdev, P. S., Brodaty, H., & Lord, S. R. (2010). The falls efficacy scale international (FES-I). A comprehensive longitudinal validation study. *Age and Ageing*, 39, 210–216.

Della Sala, S., Baddeley, A., Papagn, O. C., & Spinnler, H. (1995). Dual-task paradigm: A means to examine the central executive. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 769, 161–172.

Fisseni, H.-J. (1990). *Lehrbuch der psychologischen diagnostik Göttingen*. Verlag für Psychologie.

Fleiss, J. L. (1986). *The design and analysis of clinical experiments*. Chichester: John Wiley & Sons.

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.

Gitmon, Y., Jacob, G., Lenoble-Hoskovec, C., Büla, C., & Melzer, I. (2013). Relative and absolute reliability of the clinical version of the narrow path walking test (NPWT) under single and dual task conditions. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 57, 92–99. <http://dx.doi.org/10.1016/j.archger.2013.02.001>.

Hartmann, A., Murer, K., De Bie, R. A., & De Bruin, E. D. (2009). Reproducibility of spatio-temporal gait parameters under different conditions in older adults using a trunk tri-axial accelerometer system. *Gait and Posture*, 30, 351–355. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.06.008>.

Hauer, K., & Oster, P. (2008). Measuring functional performance in persons with dementia. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(5), 949–950. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-5415.2008.01649.x>.

Hauer, K., Marburger, C., & Oster, P. (2002). Motor performance deteriorates with simultaneously performed cognitive tasks in geriatric patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83(2), 217–223.

Hauer, K., Pfisterer, M., Weber, C., Wezler, N., Kliegel, M., & Oster, P. (2003). Cognitive impairment decreases postural control during dual tasks in geriatric patients with a history of severe falls. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(11), 1638–1644.

Hauer, K., Lamb, S. E., Jorstad, E. C., Todd, C., & Becker, C. (2006). Systematic review of definitions and methods of measuring falls in randomized controlled fall prevention trials. *Age and Ageing*, 35(1), 5–10.

Hauer, K., Yardley, L., Beyer, N., Kempen, G., Dias, N., Campell, M., et al. (2010). Validation of the Falls Efficacy Scale and Falls Efficacy Scale International in geriatric patients with and without cognitive impairment: Results of self-report and interview-based questionnaires. *Gerontology*, 56(2), 190–199. <http://dx.doi.org/10.1159/000236027>.

Hittmair-Delazer, M., Semenza, C., & Denses, G. (1994). Concepts and facts in calculation. *Brain*, 117, 715–728.

Hofheinz, M., & Schusterschitz, C. (2010). Dual task interference in estimating the risk of falls and measuring change: A comparative, psychometric study of four measurements. *Clinical Rehabilitation*, 24, 831–842.

Hollman, J. H., Childs, K. B., McNeil, M. L., Mueller, A. C., Quilter, C. M., & Youdas, J. W. (2010). Number of strides required for reliable measurements of pace, rhythm and variability parameters of gait during normal and dual task walking in older

- individuals. *Gait and Posture*, 32, 23–28. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.02.017>.
- Kazis, L. E., Anderson, J. J., & Meenan, R. F. (1989). Effect sizes for interpreting changes in health status. *Medical Care*, 27(3 Suppl), S178–S189.
- Linn, B. S., Linn, M. W., & Gurel, L. (1968). Cumulative illness rating scale. *Journal of the American Geriatrics Society*, 16, 622–626.
- Liu-Ambrose, T., Katarynych, L. A., Ashe, M. C., Nagamatsu, L. S., & Hsu, C. L. (2009). Dual-task gait performance among community-dwelling senior women: The role of balance confidence and executive functions. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 64, 975–982. <http://dx.doi.org/10.1093/gerona/glp063>.
- Lundin-Olsson, L., Nyberg, L., & Gustafson, Y. (1997). "Stops walking when talking" as a predictor of falls in elderly people. *Lancet*, 349(9052), 617. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(97\)24009-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(97)24009-2).
- Makizako, H., Furuna, T., Shimada, H., Ihira, H., Kimura, M., Uchiyama, E., et al. (2010). Association between a history of falls and the ability to multi-task in community-dwelling older people. *Aging Clinical and Experimental Research*, 22, 427–432. <http://dx.doi.org/10.3275/6763>.
- McCulloch, K. L., Shubert, T. E., & Giuliani, C. A. (2006). Walking dual task performance in older adults: Feasibility of three cognitive tasks and associations among measures of balance and attention. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 29(3), 132.
- McCulloch, K. L., Mercer, V., Giuliani, C., & Marshall, S. (2009). Development of a clinical measure of dual-task performance in walking: Reliability and preliminary validity of the Walking and Remembering Test. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 32(1), 2–9.
- Melzer, L., Shtilman, I., Rosenblatt, N., & Oddsson, L. I. (2007). Reliability of voluntary step execution behavior under single and dual task conditions. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 4, 16. <http://dx.doi.org/10.1186/1743-0003-4-16>.
- Menz, H. B., Latt, M. D., Tiedemann, A., Mun San Kwan, M., & Lord, S. R. (2004). Reliability of the GAITrite walkway system for the quantification of temporo-spatial parameters of gait in young and older people. *Gait and Posture*, 20, 20–25.
- Miller, M. D., Paradis, C. F., Houck, P. R., Mazumdar, S., Stack, J. A., Rifai, H., et al. (1992). Rating chronic medical illness burden in geropsychiatric practice and research: Application of the Cumulative Illness Rating Scale. *Psychiatry Research*, 41, 237–248.
- Moghadam, M., Ashayeri, H., Salavati, M., Sarafzadeh, J., Taghipoor, K. D., Saeedi, A., et al. (2011). Reliability of center of pressure measures of postural stability in healthy older adults: Effects of postural task difficulty and cognitive load. *Gait and Posture*, 33, 651–655. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.02.016>.
- Montero-Odasso, M., Casas, A., Hansen, K. T., Bilski, P., Gutmanis, I., Wells, J. L., et al. (2009). Quantitative gait analysis under dual-task in older people with mild cognitive impairment: A reliability study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 6, 35. <http://dx.doi.org/10.1186/1743-0003-6-35>.
- Morris, J. C., Mohs, R. C., Rogers, H., Fillenbaum, G., & Heyman, A. (1988). Consortium to establish a registry for Alzheimer's disease (CERAD) clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease. *Psychopharmacology Bulletin*, 24(4), 641–652.
- Muhaidat, J., Kerr, A., Evans, J. J., & Skelton, D. A. (2013a). The test-retest reliability of gait-related dual task performance in community-dwelling fallers and non-fallers. *Gait and Posture*, 38(1), 43–50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.10.011>.
- Muhaidat, J., Kerr, A., Evans, J. J., & Skelton, D. A. (2013b). Exploring gait-related dual task tests in community-dwelling fallers and non-fallers: A pilot study. *Physiotherapy Theory and Practice*, 29(5), 351–370. <http://dx.doi.org/10.3109/09593985.2012.752056>.
- Muhaidat, J., Kerr, A., Evans, J. J., Pilling, M., & Skelton, D. A. (2014). Validity of simple gait-related dual-task tests in predicting falls in community-dwelling older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(1), 58–64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2013.07.027>.
- Muir, S. W., Speechley, M., Wells, J., Borrie, M., Gopaul, K., & Montero-Odasso, M. (2012). Gait assessment in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: The effect of dual-task challenges across the cognitive spectrum. *Gait and Posture*, 35(1), 96–100. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.08.014>.
- Nordin, E., Moe-Nilssen, R., Rannemark, A., & Lundin-Olsson, L. (2010). Changes in step-width during dual-task walking predicts falls. *Gait and Posture*, 32, 92–97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.03.012>.
- Oswald, W. D., & Fleischmann, U. M. (1997). *Nürnbergger-Alters-Inventar: (NAI) NAI-Testmanual und-Textband*, 4th ed. Göttingen: Hogrefe.
- Perry, R. J., & Hodges, J. R. (1999). Attention and executive deficits in Alzheimer's disease: A critical review. *Brain*, 122, 383–404.
- Petersen, R. C., Smith, G. E., Waring, S. C., Ivnik, R. J., Tangalos, E. G., & Kokmen, E. (1999). Mild cognitive impairment: Clinical characterization and outcome. *Archives of Neurology*, 56, 303–308. <http://dx.doi.org/10.1001/archneur.56.3.303>.
- 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.
- Riby, L., Perfect, T., & Stollery, B. (2004). Evidence for disproportionate dual-task costs in older adults for episodic but not semantic memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A, Human Experimental Psychology*, 57(2), 241–267. <http://dx.doi.org/10.1080/02724980343000206>.
- Ries, J. D., Echternach, J. L., Nof, L., & Gagnon Blodgett, M. (2009). Test-retest reliability and minimal detectable change scores for the timed up & go test, the six-minute walk test, and gait speed in people with Alzheimer disease. *Physical Therapy*, 89, 569–579. <http://dx.doi.org/10.2522/ptj.20080258>.
- Sala, S. D., & Logie, R. H. (2001). Theoretical and practical implications of dual-task performance in Alzheimer's disease. *Brain*, 124, 1479–1481.
- Schott, N. (2015). Trail Walking Test zur Erfassung der motorisch-kognitiven Interferenz bei älteren Erwachsenen Entwicklung und Überprüfung der psychometrischen Eigenschaften des Verfahrens. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 48, 722–733. <http://dx.doi.org/10.1007/s00391-015-0866-3>.
- Schwenk, M., Zieschang, T., Oster, P., & Hauer, K. (2010). Dual-task performances can be improved in patients with dementia: A randomized controlled trial. *Neurology*, 74(24), 1961–1968. <http://dx.doi.org/10.1212/WNL.0b013e3181e39696>.
- Sheridan, P. L., Solomont, J., Kowall, N., & Hausdorff, J. M. (2003). Influence of executive function on locomotor function: Divided attention increases gait variability in Alzheimer's disease. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(11), 1633–1637.
- Shumway-Cook, A., Brauer, S., & Woollacott, M. (2000). Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Physical Therapy*, 80(9), 896–903.
- Smith, E. E., Geva, A., Jonides, J., Miller, A., Reuter-Lorenz, P., & Koeppe, R. A. (2001). The neural basis of task-switching in working memory: Effects of performance and aging. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 98, 2095–2100. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.98.4.2095>.
- Swanenburg, J., De Bruin, E. D., Favero, K., Uebelhart, D., & Mulder, T. (2008). The reliability of postural balance measures in single and dual tasking in elderly fallers and non-fallers. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 9(162). <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2474-9-162>.
- Swanenburg, J., De Bruin, E., Uebelhart, D., & Mulder, T. (2010). Falls prediction in elderly people: A 1-year prospective study. *Gait and Posture*, 31, 317–321. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.11.013>.
- Szturm, T., Sakhalkar, V., Boreskie, S., Marotta, J. J., Wu, C., & Kantikar, A. (2015). Integrated testing of standing balance and cognition: Test-retest reliability and construct validity. *Gait and Posture*, 41(1), 146–152. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.09.023>.
- Tang, P. F., Yang, H. J., Peng, Y. C., & Chen, H. Y. (2015). Motor dual-task timed up & go test better identifies prefrailty individuals than single-task timed up & go test. *Geriatrics & Gerontology International*, 15, 204–210. <http://dx.doi.org/10.1111/ggi.12258>.
- Tinetti, M. E. (1986). Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *Journal of the American Geriatrics Society*, 34(2), 119–126.
- Vergheze, J., Buschke, H., Viola, L., Katz, M., Hall, C., Kuslansky, G., et al. (2002). Validity of divided attention tasks in predicting falls in older individuals: A preliminary study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(9), 1572–1576.
- Vergheze, J., Kuslansky, G., Holtzer, R., Katz, M., Xue, X., Buschke, H., et al. (2007). Walking while talking: Effect of task prioritization in the elderly. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(1), 50–53. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2006.10.007>.
- Yamada, M., Aoyama, T., Arai, T., Nagai, K., Tanaka, B., Uemura, K., et al. (2011). Dual-task walk is a reliable predictor of falls in robust elderly adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 59(1), 163–164. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-5415.2010.03206.x>.
- Yang, L., Liao, L. R., Lam, F. M. H., He, C. Q., & Pang, M. Y. C. (2015). Psychometric properties of dual-task balance assessments for older adults: A systematic review. *Maturitas*, 80, 359–369. <http://dx.doi.org/10.1016/j.maturitas.2015.01.001>.
- Yang, L., He, C., & Pang, M. Y. C. (2016). Reliability and validity of dual-task mobility assessment in people with chronic stroke. *Public Library of Science*, 11(1), 1–22. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0149324>.
- Yesavage, J. A., Brink, T. L., Rose, T. L., Lum, O., Huang, V., Adey, M., et al. (1982). Development and validation of a geriatric depression screening scale: A preliminary report. *Journal of Psychiatric Research*, 17(1), 37–49.
- Yogev, G., Giladi, N., Peretz, C., Springer, S., Simon, E. S., & Hausdorff, J. M. (2005). Dual tasking, gait rhythmicity, and Parkinson's disease: Which aspects of gait are attention demanding? *The European Journal of Neuroscience*, 22(5), 1248–1256. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1460-9568.2005.04298.x>.



# Schrift 5

---

Submitted in Gerontology (22 Dec 2017). Status: *under review*

***Transferability and Sustainability of Motor-Cognitive Dual-Task Training in Patients with Dementia: A Randomized Controlled Trial.***

Authors: Lemke N.C., Werner C., Wiloth S., Oster P., Bauer J.M., Hauer K.

Die folgende Schrift ist das von den Autoren akzeptierte, eingereichte Manuskript.

1 **Transferability and Sustainability of Motor-Cognitive Dual-Task Training in Patients with**  
2 **Dementia: A Randomized Controlled Trial**

3  
4 Nele Christin Lemke<sup>a,b</sup>, Christian Werner<sup>b,d</sup>, Stefanie Wiloth<sup>b,c</sup>, Peter Oster<sup>b</sup>, Jürgen M. Bauer<sup>b,d</sup>,  
5 Klaus Hauer<sup>b</sup>

6 <sup>a</sup>Network Aging Research (NAR), University of Heidelberg, Germany.

7 <sup>b</sup>Department of Geriatric Research, AGAPLESION Bethanien Hospital Heidelberg, Geriatric Cen-  
8 ter at the University of Heidelberg, Heidelberg, Germany.

9 <sup>c</sup>Institute for the Study of Christian Social Service, University of Heidelberg, Heidelberg, Germany.

10 <sup>d</sup>Center of Geriatric Medicine, University of Heidelberg, Heidelberg, Germany.

11

12 **Corresponding Author:**

13 Prof. Dr. Klaus Hauer

14 Department of Geriatric Research

15 AGAPLESION Bethanien Hospital Heidelberg, Geriatric Center at the University of Heidelberg

16 Rohrbacher Str. 149, 69126 Heidelberg, Germany

17 Phone: +49 6221 319 1532, Fax: +49 6221 319 1505

18 E-Mail: khauer@bethanien-heidelberg.de

19

20 **Running title:** Transferability and Sustainability of Dual-Task Training in People with Dementia

21

22 **Manuscript information:**

23 Abstract: 347 words

24 Manuscript: 5055 words

25 Number of references: 47

26 Number of figures / tables: 2 / 6

27 **ABSTRACT**

28 **Background:** Specific dual-task (DT) training is effective to improve DT performance in trained  
29 tasks in patients with dementia (PwD). However, it remains an open research question if success-  
30 fully trained DTs show a transfer effect to untrained DT performances.

31 **Objective:** To examine transfer effects and the sustainability of a specific DT training in PwD.

32 **Methods:** One hundred and five patients with mild-to-moderate dementia (Mini-Mental State Ex-  
33 amination:  $21.9 \pm 2.8$  points) participated in a 10-week randomized, controlled trial. The interven-  
34 tion group (IG) underwent a specific DT training ('Walking and Counting'). The control group (CG)  
35 performed unspecific low-intensity exercise. DT performance was measured under three condi-  
36 tions: (1) 'Walking and Counting' (trained); (2) 'Walking and Verbal Fluency' (semi-trained), and  
37 (3) 'Strength and Verbal Fluency' (untrained). Outcomes evaluated at baseline, after, and 3-  
38 months after the intervention period included absolute values for the motor and cognitive perfor-  
39 mance under DT conditions, and relative DT costs (DTCs) in motor, cognitive and combined mo-  
40 tor-cognitive performance.

41 **Results:** The IG significantly improved DT performances in the trained condition for absolute mo-  
42 tor and cognitive performance and for motor, cognitive and combined motor-cognitive DTCs com-  
43 pared to the CG ( $p \leq 0.001-0.047$ ;  $\eta_p^2 = 0.044-0.249$ ). Significant transfer effects were found in the  
44 semi-trained condition for absolute motor and partly cognitive performance, and for motor but not  
45 for cognitive DTCs and only partly for combined DTCs ( $p \leq 0.001-0.041$ ;  $\eta_p^2 = 0.049-0.150$ ). No  
46 significant transfer effects were found in the untrained condition. Three months after training ces-  
47 sation, DT performance in the trained condition was still elevated for most of the outcomes ( $p \leq$   
48  $0.001-0.038$ ;  $\eta_p^2 = 0.058-0.187$ ). Training gains in the DT performance in the semi-trained condi-  
49 tion were, however, not sustained, and no significant group differences were found in the DT per-  
50 formance in the untrained condition after the follow-up.

51 **Conclusion:** This study confirmed that specific DT training is effective to improve specifically-  
52 trained DT performances in PwD and demonstrated also sustainability of training-induced effects

53 for at least 3-months. Effects were partially transferable to semi-trained DTs but not to untrained  
54 DTs. With increasing distance between trained and untrained DTs, transferability of training ef-  
55 fects decreased.

56

57 **Keywords:** Dementia, transfer effects, dual-task, randomized controlled trial, rehabilitation

58           **INTRODUCTION**

59           Impairments in the ability to divide attention or, in other words, to perform multiple tasks  
60 simultaneously, measured as dual-task (DT) performance, is among the earliest symptoms of  
61 dementia and progress during the course of the disease [1,2]. DT deficits are closely related to  
62 motor dysfunctions [3-5], falls [6,7], and a decline in activities of daily living [8], highlighting the  
63 clinical relevance and importance of DT abilities for everyday life functioning.

64           Several studies have shown that older adults with cognitive impairment (CI) and patients  
65 with dementia (PwD) can improve DT performances [9-11] and cognitive functions [9,10,12] fol-  
66 lowing specific motor-cognitive DT training programs. Achieved training gains may reflect real  
67 benefits and practical values of an intervention [13], however, it remains an open research ques-  
68 tion whether successfully trained DT abilities can be transferred in novel DT contexts and sustain  
69 over time, especially so in PwD. Generally, transfer effects refer to improvements observed in a  
70 new task that involves untrained or different stimuli in comparison to the trained task. A transfer  
71 can be described as near or far, depending on the difference between the training and the trans-  
72 fer conditions suggesting a continuous model of association [14]. A near transfer refers to im-  
73 provements on untrained tasks that involve a new task but share the same stimulus and response  
74 modalities with the trained DT (classified as within-modality transfer [15,16]). To determine a  
75 transfer as far, improvements attributed to the motor-cognitive training must be observed on tasks  
76 that involve different stimulus and/or response modalities compared to the trained task (classified  
77 as cross-modality transfer [15,16]). Documentation of transfer effects is crucial to decide whether  
78 training programs may improve specific skills generating mere specific stimulus-response-  
79 patterns or rather generalizing effects [17] for specific cognitive sub-domains such as divided at-  
80 tention as measured by DT performance.

81           Indeed, in older adults without CI, some studies have shown that specific DT training pro-  
82 grams can lead to near and far transfer effects, suggesting that specific DT training may initiate  
83 the development of general task coordination strategies [15,16,18-22]. Transfer effects seemed to

84 be found especially when the transfer task and the specifically trained task share similar stimuli  
85 and/or task response components [19,21]. In contrary, there are, however, also other studies in  
86 older adults without CI that found no transferability of effects of a specific DT training on un-  
87 trained, near or far transfer DT contexts [23,24]. The heterogeneous results reported on transfer  
88 effects of DT training programs may be related to methodological limitations of the studies such  
89 as small sample sizes [16-18,22], study design (case report [22] vs. randomized, controlled trial  
90 [RCT] [23]), different assessment methods to measure DT performance (absolute values vs. rela-  
91 tive DT costs (DTCs) [22-24], and restricted comparability due to different training tasks and out-  
92 comes [16-18].

93         Although PwD represent the population most affected by attentional deficits and previous  
94 studies have demonstrated that DT performance can be substantially improved in PwD [10,11], to  
95 our best knowledge, none of these studies in PwD assessed the transferability of DT training.  
96 Therefore, it remains an open research question whether DT performances acquired in specific  
97 DT training programs are independent from the specific DT condition and show the development  
98 of some generalizable transfer effects on untrained DT performances or whether they are non-  
99 transferable and task-specific. In addition, the identified studies on transfer effects of DT training  
100 programs did not investigate the sustainability of these effects after a follow-up period without  
101 training [16-24]. To ensure the real benefit and practical values of an intervention, it is, however,  
102 crucial to investigate also long-term effects of an intervention. First indications on long-term ef-  
103 fects are given by some studies that investigated sustainability of trained DT performances in  
104 healthy elderly without CI [18,25], idiopathic fallers [26] or older adults with balance impairment  
105 [22,27]. Results of these studies are heterogeneous. While some of them reported preserved  
106 training effects for trained DT performances after 12 weeks [18,22,27], others could not demon-  
107 strate retained improvements of trained DT performances after different follow-up periods (4  
108 weeks [26] or 12 months [25]).

109 In summary, to the best of our knowledge, no study has been published that analyzed the  
110 transferability and sustainability of DT training effects in PwD. Therefore, the aim of the present  
111 study was to investigate transfer effects from trained to untrained DT performances and related  
112 long-term effects of a dementia-specific motor-cognitive DT training in PwD.

113

## 114 **METHODS**

### 115 **Study design**

116 The study was designed as a 10-week double-blinded, randomized, controlled intervention  
117 trial (RCT) with a 3-month follow-up period to improve motor-cognitive performance in patients  
118 with mild-to-moderate dementia. The ethics committee of the Medical Department of the Universi-  
119 ty of Heidelberg approved the study in accordance with the Declaration of Helsinki. The trial was  
120 registered at [www.isrctn.com](http://www.isrctn.com) (ISRCTN37232817).

121

### 122 **Study population**

123 Participants were consecutively recruited from rehabilitation wards of a German geriatric  
124 hospital, from nursing homes, and from community-dwelling population. Predefined inclusion cri-  
125 teria were: age  $\geq 65$  years, no severe cardiovascular, neurologic, metabolic, or psychological dis-  
126 orders; ability to walk 10 m without a walking aid; residence within 15 km of the study center; and  
127 written informed consent (obtained from participants or their legal representatives). Eligible partic-  
128 ipants were screened for CI using the Mini-Mental State Examination (MMSE [28]). In those with  
129 MMSE scores from 17-26, a comprehensive neuropsychological testing was applied based on the  
130 Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease (CERAD) test battery [29], a modified  
131 Trail Making Test (ZVT-G [30]), and a digit-span test (ZN-G [30]). Individuals meeting predefined  
132 criteria for probable dementia in the neuropsychological testing (scores below the 10<sup>th</sup> percentile  
133 [z-score  $-1.28$ ] of the normative sample in at least one memory test and one other neuropsycho-  
134 logical test [31]) were included in the study. Participants were randomly assigned to the interven-

135 tion group (IG) or control group (CG) by a person unrelated to the study organization using the  
136 urn design (numbered containers) with stratification according to sex and place of recruitment  
137 (rehabilitation vs. others) [32].

138

139 **Intervention**

140 Participants of the IG took part in a dementia-specific motor-cognitive training program in  
141 groups of maximum seven participants over 10 weeks (1.5 hours twice a week) by a trained  
142 movement scientist. Within each session, participants received 15-20 minutes of individual, su-  
143 pervised, specific DT training ('Walking and Counting'). Other training components were a com-  
144 puterized, game-based motor-cognitive training on an interactive balance platform ('exergaming'  
145 [33]) and a motor learning exercise program on compensatory sit-to-stand maneuvers [34].

146 DT training started with single-task (ST) 10-meter walks. When participants walked safely  
147 without showing any gait instability, they stepped up to DT walking with a less challenging arith-  
148 metic task (walking with semi-automated serial 2-forward calculations). When participants were  
149 able to walk under this DT condition without counting errors or stops during walking, the demand  
150 was increased to a more challenging, complex arithmetic task (walking with non-automated serial  
151 3-backward calculations). Two-forward and 3-backward calculations started from a randomly cho-  
152 sen 2-digit number ( $\geq 30$ ). Participants were instructed to walk and to calculate as fast as possible  
153 without prioritizing one task.

154 The CG met twice a week for 1 hour of supervised motor placebo group training, including  
155 unspecific, low-intensity strength training and flexibility exercises for the upper body while seated.  
156 In both groups, a dementia-specific, patient-centered approach was applied focusing on emotion-  
157 al aspects such as respect, reassurance, and empathy, including also adapted communicative  
158 strategies as suggested in dementia-care guidelines [35].

159 **Demographic and clinical characteristics**

160 Demographic and clinical baseline characteristics including age, gender, education, comor-



161 bidity (number of diagnoses), medication (number), falls in the previous year, and social status  
162 (community-dwelling vs. institutionalized) were documented from patient charts or by standard-  
163 ized patient interviews. Psychological status was assessed by a trained interviewer for depression  
164 (Geriatric Depression Scale, 15 item version (GDS) [36]) and fear of falling (7-item Short Falls  
165 Efficacy Scale-International [37]). Functional status was measured by the Timed up and Go (TUG  
166 [38]) and the Performance Oriented Mobility Assessment (POMA [39]). Cognitive status was as-  
167 sessed by the MMSE [28].

168

### 169 **Measurement of DT performance**

170 Standardized DT measurements were conducted before (T1) and at the end of the inter-  
171 vention (T2), and after a 3-month follow-up without training (T3). All DT measurements were per-  
172 formed by the same trained assessor who was blinded to the participants' group allocation.

173 Participants' DT performance was assessed by three different DT tests specifically de-  
174 signed and successfully validated for use in PwD to evaluate motor and cognitive aspects under  
175 DT conditions [40]: (1) 'Walking and Counting', defined as the specifically trained condition; (2)  
176 'Walking and Verbal Fluency', defined as the semi-trained, near transfer condition, and (3)  
177 'Strength and Verbal Fluency', defined as untrained, far transfer condition. DT tests were hierar-  
178 chically arranged from specifically trained to semi-trained to untrained DTs. Under the semi-  
179 trained condition, the trained cognitive, arithmetic tasks were exchanged by an untrained cogni-  
180 tive, verbal fluency task. Under the untrained condition, not only the cognitive task but also the  
181 motor task was exchanged from automated walking to a non-automated strength task (**Figure 1**).

182

### 183 *Cognitive Tasks*

184 In each DT condition, two cognitive tasks of varying difficulty were used. The arithmetic  
185 tasks included serial 2-forward calculations, which represent a less challenging, semi-automated  
186 task for PwD [4,11], and more challenging serial 3-backward calculations, which represent a non-

187 automatized task with focus on working memory [11]. The verbal fluency tasks included reciting  
188 the alphabet as a simple, semi-automated task and naming animals and plants as more challeng-  
189 ing, non-automated tasks. The number of correct calculations, reciting steps and namings was  
190 defined as cognitive performance and was recorder by a voice recorder.

191

#### 192 *Motor tasks*

193 Gait performance was measured using the GAITRite<sup>®</sup> walkway system (CIR Systems Inc.,  
194 Havertown, PA, USA) by computing spatial and temporal gait parameters (gait speed, cadence,  
195 stride length, and single support [as percentage of stride time]). The electronic gait analysis sys-  
196 tem GAITRite<sup>®</sup> is based on embedded pressure sensors and showed high validity relative to a 3-  
197 dimensional motion analysis system [41].

198 Maximal isometric strength of the leg extensors against a fixed resistance was measured by  
199 the strength measuring unit Diagnos 40 (Schnell Trainingsgeräte GmbH, Peutenhausen, Germa-  
200 ny) for a preinstalled 5 seconds.

201

#### 202 *DT measurement protocol*

203 Patients performed the following tasks in a random order to avoid systematic bias due to  
204 motor learning or fatigue:

- 205 • Motor ST (walking or strength task)
- 206 • Simple DT (walking with serial 2-forward calculation or walking/strength task with recit-  
207 ing the alphabet)
- 208 • More challenging DT (walking with serial 3 backward calculations or walking/strength  
209 task with naming animals and plants)

210 All cognitive STs were performed while seated at the beginning of the assessment. For the  
211 arithmetic cognitive tasks, a randomly chosen 2-digit number ( $\geq 30$ ) was given as the starting  
212 point. For the DTs, participants were instructed to perform the cognitive and motor tasks as fast

213 as possible (or with maximum strength) without prioritizing one of them.

214

## 215 **Data processing and statistical analysis**

216 The decrease of performance under DT compared to ST conditions was defined as relative  
217 DT costs (DTCs, %). DTCs were calculated for motor (gait speed, strength) and cognitive (correct  
218 calculations, reciting steps, and namings) variables using the following equation:  $([\text{dual task-}$   
219  $\text{single task}]/\text{single task} \times 100)$  [42]. Lower DTCs indicate better DT performance. To compensate  
220 for potential subconscious task prioritization, combined DTCs were computed:  $([\text{motor DTC} +$   
221  $\text{cognitive DTC}]/2)$ . The primary outcome measures were the absolute motor (gait speed [cm/s],  
222 strength [N]) and cognitive parameters (response rates [correct calculations, letters or namings/s])  
223 as well as the relative motor, cognitive and combined (motor + cognitive) DTCs (%) under DT-  
224 conditions in the IG vs. CG. All other data were secondary outcomes.

225 Descriptive data were presented as means and standard deviations (SD) or medians and  
226 ranges for continuous variables, and as numbers and percentages for categorical variables as  
227 appropriate. Unpaired t-tests, Mann-Whitney U-tests, and chi-square tests were used for baseline  
228 comparison according to the distribution of the data. Analyses of covariance (ANCOVAs) with  
229 baseline values as covariates were used to test for significant differences in absolute motor and  
230 cognitive parameters under DT conditions and in DTCs between the IG and CG after the interven-  
231 tion period (T2) and after the follow-up period (T3). Effect sizes were calculated as partial eta  
232 squared ( $\eta_p^2$ ) and were interpreted as small ( $\eta_p^2 < 0.06$ ), medium ( $0.06 \geq \eta_p^2 < 0.14$ ), and large  
233 ( $\eta_p^2 \geq 0.14$ ) [43]. A two-sided  $p$  value  $\leq 0.05$  indicated statistical significance. Statistical proce-  
234 dures were performed on an intention-to-treat basis using IBM SPSS Statistics for Windows, Ver-  
235 sion 22.0.

236

## 237 **Results**

### 238 **Participant characteristics**

239 One-hundred-five patients were recruited into the study. Fourteen participants dropped out  
240 during intervention (T1 – T2) and another 14 during the follow-up period (T2 – T3). The number of  
241 dropouts was not significantly different between both study groups and no critical events (e.g.  
242 falls) occurred during training and testing (**Figure 2**).

243 Participants represented a multi-morbid (number of diagnoses:  $8.1 \pm 4.0$ ), geriatric sam-  
244 ple of advanced age ( $82.7 \pm 5.9$  yrs.), with relevant motor impairment (TUG:  $18.4 \pm 11.3$  s; PO-  
245 MA:  $22.3 \pm 4.0$  points) and probable, moderate-stage dementia (MMSE:  $21.9 \pm 2.8$ ) (**Table 1**).  
246 No differences between IG and CG were found for any variable at baseline, indicating a success-  
247 ful randomization (**Table 1**).

248 When dropouts ( $n = 28$ ) were compared with those participants who stayed in the study  
249 until the end of follow-up ( $n = 77$ ), no significant differences were found for any baseline charac-  
250 teristics between dropout-adjusted groups ( $p = 0.090-0.747$ ). Results are consistent with the sta-  
251 tistical analysis for the total sample initially recruited, assuming that comparability between both  
252 groups was ensured despite missing measures.

253

#### 254 **Effects of intervention on trained DTs**

255 All primary and secondary outcomes for absolute motor ( $p \leq 0.001-0.011$ ) and cognitive pa-  
256 rameters ( $p \leq 0.001-0.047$ ) under the trained, arithmetic DT condition significantly improved in the  
257 IG during the intervention period compared to the CG, except for the secondary outcome single  
258 support ( $p = 0.184-0.937$ ,  $\eta_p^2 \leq 0.001-0.020$ ). Effect sizes for these significant results ranged from  
259 moderate to large effects ( $\eta_p^2 = 0.044-0.295$ ) (**Table 2**).

260 Under the simple, serial 2-forward condition, motor and cognitive DTCs of the IG significant-  
261 ly reduced during the intervention for all primary outcomes (gait speed:  $p = 0.003$ ,  $\eta_p^2 = 0.095$ ;  
262 calculation steps:  $p < 0.001$ ,  $\eta_p^2 = 0.172$ ) and in trend also for some of the secondary motor out-  
263 comes (stride length:  $p = 0.066$ ,  $\eta_p^2 = 0.038$ ; cadence:  $p = 0.098$ ,  $\eta_p^2 = 0.031$ ) (**Table 3**). Under the  
264 more challenging, serial 3-backward condition, DTCs were reduced in all primary and secondary

265 outcomes ( $p \leq 0.001-0.011$ ,  $\eta_p^2 = 0.072-0.246$ ), except for the secondary motor outcome of single  
266 support, which only slightly missed the level of significance ( $p = 0.052$ ,  $\eta_p^2 = 0.042$ ). Combined  
267 DTCs were significantly reduced in the IG under both arithmetic DT conditions, with moderate to  
268 large effects (serial 2-forward:  $p < 0.001$ ,  $\eta_p^2 = 0.243$ ; serial 3-backward:  $p = 0.001$ ,  $\eta_p^2 = 0.136$ )

269

## 270 **Transfer effects**

### 271 *Near transfer effects on semi-trained DTs*

272 When the trained cognitive tasks (arithmetic calculations) were exchanged by untrained,  
273 verbal fluency tasks (reciting the alphabet, naming animals and plants) significant transfer effects  
274 could be shown for all absolute primary and secondary motor outcomes (reciting alphabet:  $p =$   
275  $0.002-0.008$ ,  $\eta_p^2 = 0.081-0.104$ ; naming animals:  $p \leq 0.001-0.016$ ,  $\eta_p^2 = 0.068-0.144$ ; naming  
276 plants:  $p \leq 0.001-0.002$ ,  $\eta_p^2 = 0.108-0.150$ ), except for the secondary outcome of single support ( $p =$   
277  $0.226-0.891$ ). For the absolute cognitive performance, a significant transfer effect was found only  
278 for naming plants ( $p = 0.026$ ,  $\eta_p^2 = 0.059$ ). Effect sizes for significant transfer effects in absolute  
279 motor and cognitive performances ranged from moderate to large ( $\eta_p^2 = 0.059-0.150$ ) (**Table 4**).

280 Under the verbal fluency DT condition of reciting the alphabet and naming plants, signifi-  
281 cantly reduced DTCs were found in the IG for the primary motor outcome of gait speed ( $p =$   
282  $0.022-0.041$ ) and the secondary outcome of stride length ( $p = 0.016-0.018$ ) with small to moder-  
283 ate effect sizes ( $\eta_p^2 = 0.049-0.067$ ). For the semi-trained DT condition of naming animals, the pri-  
284 mary motor outcome of gait speed showed a trend to lower DTCs but slightly missed the level of  
285 significance ( $p = 0.052$ ,  $\eta_p^2 = 0.044$ ). No significant transfer effects under semi-trained DT condi-  
286 tions were found for DTCs in most secondary motor outcomes (cadence:  $p = 0.200-0.466$ ,  $\eta_p^2 =$   
287  $0.006-0.020$ ; single support:  $p = 0.125-0.702$ ,  $\eta_p^2 = 0.002-0.028$ ; stride length:  $p = 0.075$ ,  $\eta_p^2 =$   
288  $0.037$ ) and in all cognitive outcomes ( $p = 0.104-0.998$ ;  $\eta_p^2 \leq 0.001-0.031$ ). Combined DTCs were  
289 significantly improved only under the simple, semi-trained DT condition of reciting the alphabet  
290 with a moderate effect size ( $p = 0.023$ ,  $\eta_p^2 = 0.060$ ). Under the other, more challenging verbal

291 fluency conditions (naming animals/plants), no significant transfer effects were found ( $p = 0.636-$   
292  $0.953, \eta_p^2 \leq 0.001-0.003$ ) (**Table 5**).

293

#### 294 *Far transfer effects on untrained DTs*

295 When exchanging both the motor (walking to strength task) and the cognitive task (arithme-  
296 tic calculations to verbal fluency task [reciting the alphabet, naming animals and plants]) by un-  
297 trained tasks, no significant transfer effects could be found for any outcome (absolute motor per-  
298 formance:  $p = 0.155-0.749, \eta^2 = 0.001-0.024$ ; absolute cognitive performance:  $p = 0.311-0.740, \eta^2$   
299  $= 0.001-0.013$ ; motor DTCs:  $p = 0.516-0.804, \eta^2 = 0.001-0.005$ ; cognitive DTCs:  $p = 0.375-0.823,$   
300  $\eta^2 = 0.001-0.010$ ; combined DTCs:  $p = 0.359-0.908, \eta^2 < 0.001-0.010$ ) (**Table 6**).

301

#### 302 **Sustainability of effects**

##### 303 *Sustainability of effects on trained DTs*

304 Training effects on the absolute motor performance under the trained, more challenging  
305 arithmetic DT condition (serial 3-backward calculation) were sustained for the gait speed ( $p =$   
306  $0.038-0.052, \eta_p^2 = 0.051-0.058$ ) and the stride length ( $p = 0.020, \eta_p^2 = 0.072$ ). Under the simple,  
307 serial 2-forward condition, only the secondary motor outcome of stride length remained signifi-  
308 cantly elevated in the IG compared to the CG ( $p = 0.020, \eta_p^2 = 0.072$ ), and the primary motor out-  
309 come showed a trend of increased gait speed ( $p = 0.052, \eta_p^2 = 0.051$ ). Sustainable training effects  
310 on the absolute cognitive performance were found for the more challenging serial 3-backward  
311 condition ( $p < 0.001, \eta_p^2 = 0.157$ ) but not for the less challenging, serial 2-forward condition ( $p =$   
312  $0.153, \eta_p^2 = 0.028$ ) (**Table 2**).

313 Training effects on motor and cognitive DTCs were sustained for all primary outcomes (gait  
314 speed:  $p = 0.004-0.013$ ; serial 2-forward:  $p = 0.004$ ; serial 3-backward:  $p = 0.001$ ), with overall  
315 moderate effect sizes ( $\eta_p^2 = 0.082-0.138$ ). Combined DTCs at follow-up were also still significantly

316 elevated with large effects under both trained, arithmetic DT conditions ( $p \leq 0.001-0.001$ ,  $\eta_p^2 =$   
317  $0.152-0.187$ ) (**Table 3**).

318

### 319 *Sustainability of transfer effects*

320 No sustained transfer effect was found for any absolute motor or cognitive outcome under  
321 the semi-trained DT condition (gait parameters:  $p = 0.107-0.444$ ,  $\eta_p^2 = 0.005-0.036$ ; cognitive per-  
322 formance:  $p = 0.116-0.177$ ,  $\eta_p^2 = 0.025-0.034$ ; **Table 4**).

323 Significant transfer effects on motor and cognitive DTCs could not be preserved during the  
324 follow-up under the semi-trained DT condition (gait speed:  $p = 0.119-0.918$ ,  $\eta_p^2 \leq 0.001-0.033$ ;  
325 stride length:  $p = 0.509-0.664$ ,  $\eta_p^2 = 0.003-0.006$ ). A trend of reduced motor DTC was found for  
326 the secondary motor outcome of cadence under the more challenging verbal fluency conditions  
327 (naming animals:  $p = 0.088$ ,  $\eta_p^2 = 0.039$ ; naming plants:  $p = 0.074$ ,  $\eta_p^2 = 0.044$ ). Additionally, a  
328 trend of reduced cognitive DTC for the less challenging verbal fluency condition could be docu-  
329 mented after follow-up (naming animals:  $p = 0.054$ ,  $\eta_p^2 = 0.050$ ) (**Table 5**). The transfer effect ob-  
330 served at T2 on the combined DTCs under the less challenging, semi-trained DT condition (recit-  
331 ing the alphabet) was not sustained ( $p = 0.455$ ,  $\eta_p^2 = 0.008$ ). However, after the follow-up, a sig-  
332 nificant transfer effect with moderate effect size was found for the combined DTCs under one of  
333 the more challenging, semi-trained DT conditions (naming animals:  $p = 0.033$ ,  $\eta_p^2 = 0.061$ ). Un-  
334 trained DTCs demonstrated no training-induced improvements after follow-up due to missing ini-  
335 tial effects at the end of the intervention (**Table 5**).

336

## 337 **DISCUSSION**

338 The presented study confirmed previous results of the research group [11] that a motor-  
339 cognitive DT training program specifically designed for cognitively impaired older adults was ef-  
340 fective in improving trained DTs in PwD, additionally documenting sustainability of effects during  
341 long term observation. Transfer of training effects could in parts be achieved in semi-trained DTs

342 with one novel task but not in completely untrained DTs. To the best of our knowledge, this is the  
343 first study to show that PwD can partly transfer DT skills as acquired by a specific motor-cognitive  
344 training and are able to sustain achieved gains in the trained and partly in the transferred DT per-  
345 formances over time.

346

### 347 **Effects of motor-cognitive DT training on trained DTs**

348 Training-induced DT improvements in the presented study with high effect sizes for the  
349 trained DT condition 'Walking and Counting' confirmed previous results of the research group [11]  
350 that PwD can enhance their DT ability in trained conditions. Comparable interventions including  
351 PwD examining effects of a multimodal training on postural control under DT [10] and on gait pa-  
352 rameters under DT [9] including participants with confirmed Alzheimer's disease, showed hetero-  
353 geneous effects: One study demonstrated significant decrease in body sway under DT [10],  
354 whereas the other study reported no effects on variables of gait performance while executing a  
355 frontal cognitive task [9]. Limited effectiveness of the multimodal interventions might have been  
356 due to the small sample sizes ( $n = 30$  [10],  $n = 27$  [9]), design problems such as missing randomi-  
357 zation, DT performance representing only a secondary outcome, and the lack of the exercise pro-  
358 grams specifically designed for PwD [9,10]. In comparison, the presented RCT used a specifically  
359 tailored training program based on a dementia-specific approach that had successfully been  
360 evaluated in previous studies focusing on a patient-centered, supportive approach [44] which may  
361 have promoted comprehensive training effects with high effect sizes for the trained DT. The find-  
362 ings support the assumption that PwD can improve their attention-related performance despite  
363 the progressive course of dementia. The demonstrated trainability of cognitive functions com-  
364 bined with the complex motor task of walking in our vulnerable sample is highly relevant to cope  
365 with everyday situations and may hint at future intervention strategies for the increased risk of  
366 falling reported in PwD [6]. The success of the motor-cognitive training to enhance trained DTs in



367 PwD represented the compulsory precondition to investigate transferability of DT performance to  
368 other untrained tasks.

369

### 370 **Transfer effects**

371 To proof whether a training program improves specific skills generating mere specific stimu-  
372 lus-response-patterns or rather generalizing effects, it is essential to determine transfer effects  
373 [17]. Results of the presented study demonstrated that DT abilities acquired during specific motor-  
374 cognitive training were transferred to a novel DT condition when the motor task persisted ('Walk-  
375 ing and Verbal Fluency') but not when both, the motor and the cognitive, tasks were replaced  
376 ('Strength and Verbal Fluency'). Apparently, the extent to which transfer occurs after DT training  
377 may be limited and indicate that the effects of a motor-cognitive training might be specific [11].  
378 Transferability of trained tasks on untrained conditions would be more likely when training and  
379 assessment tasks involve related demands and require similar or identical skills [45] which is in  
380 line with our findings indicating the greater the difference to the trained DT, the lower was the  
381 transferability of the improved DT performance in PwD. Our findings promote the hypothesis of  
382 Kramer et al. [18] that improvements on novel DTs are the result of the development of enhanced  
383 DT processing skills and these skills can be transferred to other DT contexts that are not directly  
384 trained but share the same or similar demands. Study results support a continuous classification  
385 model for transfer complexity as described by 'near vs. far distance', depending on the difference  
386 between the training and the transfer conditions [14]. A possible explanation for the limited trans-  
387 fer to a totally untrained DT may be the extraordinary 'distance' between the walking task used for  
388 the trained DT and the strength task used for the untrained DT. While walking represented a high-  
389 ly trained everyday life key motor skill requesting only low attentional resources, the machine-  
390 based strength testing represented a completely new and very complex demand for PwD requir-  
391 ing high attentional resources. Such a complex test delays the initiation of goal-oriented complex  
392 actions test caused by declining executive functions in PwD [46]. A direct comparison of study

393 outcomes to other RCTs is not feasible as previous studies on DT performance in PwD lack the  
394 evaluation of transferability [9-11].

395 Studies investigating the transferability of effects in cognitively healthy elderly showed het-  
396 erogeneous results. While some of these investigations failed to observe any transfer from one  
397 DT to another [23,24], other studies suggest a successful transfer of achieved DT training gains  
398 [16-22] albeit most of them on non-motor-cognitive DTs. The few investigations that evaluated  
399 transfer effects on motor-cognitive DTs included a case-report [22] and two studies which provid-  
400 ed Class I but negative evidence (RCT) [23,24]. Only the case-report by Silsupadol et al. [22]  
401 demonstrated significant improvements from the trained task to untrained DT conditions. In a  
402 subsequent RCT of the same research group with an almost identical study method, Silsupadol et  
403 al. [23] could not confirm transfer effects by an identical DT training program. This result is in line  
404 with the RCT of Wongcharoen et al. [24] that could not find any transfer of improved DT skills  
405 after DT training. The authors argued that the lack of transfer could be due to the fact that the  
406 tasks used for the practiced and the novel tasks were too different, which was also documented in  
407 this study for completely new DTs. However, results of the presented study also verify that PwD  
408 are partly able to transfer trained DT performances to novel DT contexts, contradicting the as-  
409 sumption that PwD show severe limitations to apply acquired skills in untrained contexts [47].

410

## 411 **Sustainability of effects**

### 412 *Sustainability of effects on trained DTs*

413 Results of the presented study documented sustainability of training gains as achieved in  
414 the intervention in a follow-up period of 3 months. A direct benchmarking to comparable studies is  
415 also not feasible as previous studies on DT performance in PwD lacked long-term follow-ups [9-  
416 11]. Of the few studies that investigated sustainability of trained DTs in people without CI  
417 [18,22,25-27] only three studies showed maintained improvements on trained DTs after a 3-  
418 month [22,27] and 2-3 months [18] follow-up. Within the studies that did not find long-term effects,

419 the initial training effects at the end of the intervention were limited as documented by a  $p$ -value at  
420 the significance level ( $p = 0.05$  [26]) or only moderate effects sizes for training effects ( $p = 0.011$ ,  
421 effect size  $r = 0.37$  [25]). Results of the presented study stay out as sustainability of DT-training  
422 was documented in a study sample with diagnostically confirmed probable dementia at a high risk  
423 to loose trained abilities over time within the progressive course of neurodegenerative disease.  
424 Sustained training effects suggest a robustness of training for at least a 3-month period. As ex-  
425 pected, DT improvements slightly waned after the end of the intervention, especially as assessed  
426 for the absolute motor and cognitive DTs, but still remained significant, with outstandingly stable  
427 results for the combined DTCs within the trained DT condition ('Walking and Counting') which had  
428 the largest initial effect sizes after the intervention.

429

#### 430 *Sustainability of transfer effects*

431 Due to the fact that we could not identify an investigation that examined sustainability of  
432 transfer effects after DT training neither in healthy older persons without CI nor in persons with CI,  
433 we assume that this is the first study which provides initial results regarding sustainability of trans-  
434 fer effects induced by a motor-cognitive DT-training in PwD.

435 Although most outcome parameters did not show a significant result, some improvements  
436 within the semi-trained transfer task ('Walking and Verbal Fluency') could partly be sustained over  
437 time (trend for significance for reduced motor DTC for cadence of 'Walking and Naming Ani-  
438 mals/Plants':  $p = 0.074-0.088$ ,  $\eta_p^2 = 0.039-0.044$ ; trend of reduced cognitive DTC for 'Naming An-  
439 imals':  $p = 0.054$ ,  $\eta_p^2 = 0.050$ ; significant effect for combined DTCs of 'Walking and Naming Ani-  
440 mals':  $p = 0.033$ ,  $\eta_p^2 = 0.061$ ). The finding that semi-trained DTs still showed some significant im-  
441 provements after the follow-up may also fit in with the near-far distance model extended for the  
442 time dimension as described above: training effects achieved in near-distance tasks (semi-trained  
443 tasks) will be decreased when an acute 'far' condition (time gap to acute training) is present.

444 As for the effect of applied assessment methods we used different methods to quantify DT  
445 performances. All assessment method used in the current study have been specifically designed,  
446 piloted, and successfully validated for use in mild-to-moderate stage PwD to evaluate absolute,  
447 relative, and combined motor and cognitive DT performances [40]. Results of the validation study  
448 support the findings of the present study, that among motor parameters, gait speed followed by  
449 cadence and stride length seemed to be outcome parameters with superior sensitivity to change  
450 compared to single support. In general, format of data with respect to absolute and relative out-  
451 comes were comparable opening up different options for different focus of data analysis. Such  
452 methodological findings could be important for the conception of interventional DT studies in PwD  
453 in the future.

454

#### 455 **Limitations**

456 Convincing results as achieved in patients with mild-to-moderate stage dementia may not  
457 be generalizable to persons with advanced cognitive or motor impairment at least at the specific  
458 task level as chosen in the presented study. Although we performed a task-specific DT training  
459 program and used an assessment strategy specifically developed to document the specific inter-  
460 vention effects of the DT training component, we cannot exclude a non-specific contribution of the  
461 additional training components (i.e., exergaming, motor learning exercise program) to the effects  
462 observed in the IG due to the study design.

463

#### 464 **CONCLUSION**

465 The results of the presented study confirmed that the dementia-specific motor-cognitive DT  
466 training enabled multimorbid, older PwD to improve and sustain specifically trained DT perfor-  
467 mances. To our knowledge, this is the first study evaluating transferability from trained to un-  
468 trained DT performances in PwD. Our findings demonstrated that improved DT skills could in  
469 parts be translated to a near transfer DT context that involved a new task but shared the same

470 stimulus and response modalities with the trained DT. Transfer effects for the semi-trained DT  
471 could partly sustain over time. Our findings provide important insights into DT performance and  
472 the benefit of motor-cognitive DT training to improve DT abilities in PwD. Results may have an  
473 essential impact on developing and conducting appropriate DT interventions for PwD that might  
474 be used to maintain motor and cognitive performance. Considering the growing interest in non-  
475 pharmacological interventions for PwD, it appears to be important for future research to further  
476 identify the mechanisms by which transfer effects occur and to better understand the extent and  
477 limits of transferability that can be achieved after a specific DT training in PwD.

478

#### 479 **ACKNOWLEDGEMENTS**

480 The study was supported by the Network of Aging Research (NAR) at the University of Hei-  
481 delberg, the Robert Bosch Foundation, and the Dietmar Hopp Foundation. The sponsors had no  
482 role in the design and conduct of the study; collection, management, analysis, and interpretation  
483 of the data; and preparation, review, or approval of the manuscript. We kindly thank our partici-  
484 pants and Michaela Günther-Lange (AGAPLESION Bethanien Hospital Heidelberg, Geriatric  
485 Center at the University of Heidelberg) for her assistance in training and supervision of partici-  
486 pants.

487

#### 488 **DISCLOSURE STATEMENT**

489 The authors have no conflict of interest to declare.

490           **REFERENCES**

- 491    1    Baddeley AD, Baddeley HA, Bucks RS, Wilcock GK: Attentional control in Alzheimer's  
492           disease. *Brain : a journal of neurology* 2001;124:1492-1508.
- 493    2    Perry RJ, Hodges JR: Attention and executive deficits in Alzheimer's disease. A critical  
494           review. *Brain : a journal of neurology* 1999;122 ( Pt 3):383-404.
- 495    3    Hauer K, Marburger C, Oster P: Motor performance deteriorates with simultaneously  
496           performed cognitive tasks in geriatric patients. *Archives of physical medicine and*  
497           *rehabilitation* 2002;83:217-223.
- 498    4    Hauer K, Pfisterer M, Weber C, Wezler N, Kliegel M, Oster P: Cognitive impairment  
499           decreases postural control during dual tasks in geriatric patients with a history of severe  
500           falls. *Journal of the American Geriatrics Society* 2003;51:1638-1644.
- 501    5    Woollacott M, Shumway-Cook A: Attention and the control of posture and gait: a review of  
502           an emerging area of research. *Gait & posture* 2002;16:1-14.
- 503    6    Lundin-Olsson L, Nyberg L, Gustafson Y: "Stops walking when talking" as a predictor of  
504           falls in elderly people. *Lancet (London, England)* 1997;349:617.
- 505    7    Verghese J, Buschke H, Viola L, Katz M, Hall C, Kuslansky G, Lipton R: Validity of divided  
506           attention tasks in predicting falls in older individuals: a preliminary study. *Journal of the*  
507           *American Geriatrics Society* 2002;50:1572-1576.
- 508    8    Yogev-Seligmann G, Hausdorff JM, Giladi N: The role of executive function and attention in  
509           gait. *Movement disorders : official journal of the Movement Disorder Society* 2008;23:329-  
510           342; quiz 472.
- 511    9    Coelho FG, Andrade LP, Pedroso RV, Santos-Galduroz RF, Gobbi S, Costa JL, Gobbi LT:  
512           Multimodal exercise intervention improves frontal cognitive functions and gait in Alzheimer's  
513           disease: a controlled trial. *Geriatrics & gerontology international* 2013;13:198-203.
- 514    10   de Andrade LP, Gobbi LT, Coelho FG, Christofolletti G, Costa JL, Stella F: Benefits of  
515           multimodal exercise intervention for postural control and frontal cognitive functions in

516 individuals with Alzheimer's disease: a controlled trial. *Journal of the American Geriatrics*  
517 *Society* 2013;61:1919-1926.

518 11 Schwenk M, Zieschang T, Oster P, Hauer K: Dual-task performances can be improved in  
519 patients with dementia: a randomized controlled trial. *Neurology* 2010;74:1961-1968.

520 12 Suzuki T, Shimada H, Makizako H, Doi T, Yoshida D, Tsutsumimoto K, Anan Y, Uemura K,  
521 Lee S, Park H: Effects of multicomponent exercise on cognitive function in older adults with  
522 amnesic mild cognitive impairment: a randomized controlled trial. *BMC neurology*  
523 2012;12:128.

524 13 Barnett SM, Ceci SJ: When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far  
525 transfer. *Psychological bulletin* 2002;128:612-637.

526 14 Zelinski EM: Far transfer in cognitive training of older adults. *Restorative neurology and*  
527 *neuroscience* 2009;27:455-471.

528 15 Bherer L, Kramer AF, Peterson MS, Colcombe S, Erickson K, Bécic E: Training effects on  
529 dual-task performance: are there age-related differences in plasticity of attentional control?  
530 *Psychology and aging* 2005;20:695-709.

531 16 Bherer L, Kramer AF, Peterson MS, Colcombe S, Erickson K, Bécic E: Transfer effects in  
532 task-set cost and dual-task cost after dual-task training in older and younger adults: further  
533 evidence for cognitive plasticity in attentional control in late adulthood. *Experimental aging*  
534 *research* 2008;34:188-219.

535 17 Ho G, Scialfa CT: Age, skill transfer, and conjunction search. *The journals of gerontology*  
536 *Series B, Psychological sciences and social sciences* 2002;57:P277-287.

537 18 Kramer A, Larish J, Strayer D: Training for attentional control in dual task settings: a  
538 comparison of young and old adults. *J Exp Psychol* 1995;1:50-76.

539 19 Lussier M, Brouillard P, Bherer L: Limited Benefits of Heterogeneous Dual-Task Training on  
540 Transfer Effects in Older Adults. *The journals of gerontology Series B, Psychological*  
541 *sciences and social sciences* 2017;72:801-812.

- 542 20 Lussier M, Bugaiska A, Bherer L: Specific transfer effects following variable priority dual-  
543 task training in older adults. *Restorative neurology and neuroscience* 2017;35:237-250.
- 544 21 Lussier M, Gagnon C, Bherer L: An investigation of response and stimulus modality transfer  
545 effects after dual-task training in younger and older. *Frontiers in human neuroscience*  
546 2012;6:129.
- 547 22 Silsupadol P, Siu KC, Shumway-Cook A, Woollacott MH: Training of balance under single-  
548 and dual-task conditions in older adults with balance impairment. *Physical therapy*  
549 2006;86:269-281.
- 550 23 Silsupadol P, Lugade V, Shumway-Cook A, van Donkelaar P, Chou LS, Mayr U, Woollacott  
551 MH: Training-related changes in dual-task walking performance of elderly persons with  
552 balance impairment: a double-blind, randomized controlled trial. *Gait & posture*  
553 2009;29:634-639.
- 554 24 Wongcharoen S, Sungkarat S, Munkhetvit P, Lugade V, Silsupadol P: Home-based  
555 interventions improve trained, but not novel, dual-task balance performance in older adults:  
556 A randomized controlled trial. *Gait & posture* 2017;52:147-152.
- 557 25 Eggenberger P, Theill N, Hostenstein S, Schumacher V, de Bruin ED: Multicomponent  
558 physical exercise with simultaneous cognitive training to enhance dual-task walking of older  
559 adults: a secondary analysis of a 6-month randomized controlled trial with 1-year follow-up.  
560 *Clinical interventions in aging* 2015;10:1711-1732.
- 561 26 Dorfman M, Herman T, Brozgol M, Shema S, Weiss A, Hausdorff JM, Mirelman A: Dual-  
562 task training on a treadmill to improve gait and cognitive function in elderly idiopathic fallers.  
563 *Journal of neurologic physical therapy : JNPT* 2014;38:246-253.
- 564 27 Silsupadol P, Shumway-Cook A, Lugade V, van Donkelaar P, Chou LS, Mayr U, Woollacott  
565 MH: Effects of single-task versus dual-task training on balance performance in older adults:  
566 a double-blind, randomized controlled trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*  
567 2009;90:381-387.



- 568 28 Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR: "Mini-mental state". A practical method for grading  
569 the cognitive state of patients for the clinician. Journal of psychiatric research 1975;12:189-  
570 198.
- 571 29 Morris JC, Mohs RC, Rogers H, Fillenbaum G, Heyman A: Consortium to establish a  
572 registry for Alzheimer's disease (CERAD) clinical and neuropsychological assessment of  
573 Alzheimer's disease. Psychopharmacology bulletin 1988;24:641-652.
- 574 30 Oswald WD, Fleischmann UM: Das Nürnberger-Alters-Inventar (NAI) - Testinventar & NAI-  
575 Testmanual und Textband. Göttingen, Hogrefe, 1999.
- 576 31 Aebi C: Validierung der neuropsychologischen Testbatterie CERAD-NP. Eine Multi-Center  
577 Studie. . Basel, Switzerland, 2002.
- 578 32 Wei L-J: A Class of Designs for Sequential Clinical Trials. Journal of the American  
579 Statistical Association 1977;72:382-386.
- 580 33 Wiloth S, Werner C, Lemke NC, Bauer J, Hauer K: Motor-cognitive effects of a  
581 computerized game-based training method in people with dementia: a randomized  
582 controlled trial. Aging & mental health 2017:1-12.
- 583 34 Werner C, Wiloth S, Lemke NC, Kronbach F, Jansen CP, Oster P, Bauer JM, Hauer K:  
584 People with Dementia Can Learn Compensatory Movement Maneuvers for the Sit-to-Stand  
585 Task: A Randomized Controlled Trial. Journal of Alzheimer's disease : JAD 2017;60:107-  
586 120.
- 587 35 Kitwood T, Bredin K: Towards a theory of dementia care: personhood and well-being.  
588 Ageing and society 1992;12:269-287.
- 589 36 Almeida OP, Almeida SA: Short versions of the geriatric depression scale: a study of their  
590 validity for the diagnosis of a major depressive episode according to ICD-10 and DSM-IV.  
591 International journal of geriatric psychiatry 1999;14:858-865.

- 592 37 Hauer KA, Kempen GI, Schwenk M, Yardley L, Beyer N, Todd C, Oster P, Zijlstra GA:  
593 Validity and sensitivity to change of the falls efficacy scales international to assess fear of  
594 falling in older adults with and without cognitive impairment. *Gerontology* 2011;57:462-472.
- 595 38 Podsiadlo D, Richardson S: The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail  
596 elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society* 1991;39:142-148.
- 597 39 Tinetti ME: Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients.  
598 *Journal of the American Geriatrics Society* 1986;34:119-126.
- 599 40 Lemke NC, Wiloth S, Werner C, Hauer K: Validity, test-retest reliability, sensitivity to change  
600 and feasibility of motor-cognitive dual task assessments in patients with dementia. *Archives*  
601 *of gerontology and geriatrics* 2017;70:169-179.
- 602 41 Menz HB, Latt MD, Tiedemann A, Mun San Kwan M, Lord SR: Reliability of the GAITRite  
603 walkway system for the quantification of temporo-spatial parameters of gait in young and  
604 older people. *Gait & posture* 2004;20:20-25.
- 605 42 Abernethy B: Dual-task methodology and motor skills research: some applications and  
606 methodological constraints. *J Hum Mov Stud* 1988;14:101-132.
- 607 43 Cohen J: *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New York, Routledge,  
608 1988.
- 609 44 Hauer K, Schwenk M, Zieschang T, Essig M, Becker C, Oster P: Physical training improves  
610 motor performance in people with dementia: a randomized controlled trial. *Journal of the*  
611 *American Geriatrics Society* 2012;60:8-15.
- 612 45 Naumann T, Kindermann S, Joch M, Munzert J, Reiser M: No transfer between conditions  
613 in balance training regimes relying on tasks with different postural demands: Specificity  
614 effects of two different serious games. *Gait & posture* 2015;41:774-779.
- 615 46 Lezak M, Howieson D, Bigler E, Tranel D: *Neuropsychological Assessment*. New York,  
616 Oxford University Press, 2012.

617 47 Dick MB, Hsieh S, Bricker J, Dick-Muehlke C: Facilitating acquisition and transfer of a  
618 continuous motor task in healthy older adults and patients with Alzheimer's disease.  
619 Neuropsychology 2003;17:202-212.

620 **Table 1.** Participant characteristics  
621

Characteristics	IG (n = 56)	CG (n = 49)	p value
Age, years, mean (SD) <sup>a</sup>	82.7 (6.2)	82.6 (5.8)	0.969
Gender, female, n (%) <sup>b</sup>	39 (69.6)	37 (75.5)	0.502
MMSE, score, mean (SD) <sup>a</sup>	22.2 (2.8)	21.5 (2.9)	0.242
Education, years, median (range) <sup>c</sup>	11.0 (7.0-20.0)	11.0 (7.0-18.0)	0.795
Diagnoses, n, mean (SD) <sup>a</sup>	7.7 (3.8)	8.5 (4.2)	0.321
Medications, n, mean (SD) <sup>a</sup>	7.6 (3.4)	7.6 (3.3)	>0.999
Taking cholinesterase inhibitors and/or memantine, n (%) <sup>b</sup>	13(23.2)	17 (34.7)	0.194
TUG, s, median (range) <sup>c</sup>	14.6 (6.5-86.0)	15.4 (6.5-52.7)	0.810
POMA, score, mean (SD) <sup>a</sup>	22.4 (4.3)	22.2 (3.8)	0.775
GDS, score, median (range) <sup>c</sup>	2.0 (0.0-9.0)	2.0 (0.0-9.0)	0.810
Recent history of falls, n (%) <sup>b</sup>	23 (41.1)	26 (53.1)	0.221
Short-FES-I, score, median (range) <sup>c</sup>	8.5 (7.0-19.0)	8.0 (7.0-14.0)	0.271
Living situation, n (%) <sup>b</sup>			
Community-dwelling	39 (69.6)	32 (65.3)	0.815
Institutionalized	17 (30.4)	17 (34.7)	

622  
623 Abbreviations: IG = intervention group; CG = control group; SD = standard deviation; n = number of participants; MMSE  
624 = Mini-Mental State Examination; TUG = Timed Up and Go; POMA = Performance Oriented Mobility Assessment; GDS  
625 = Geriatric Depression Scale, 15-item version; Short-FES-I = 7-item Short Falls Efficacy Scale-International; p values  
626 are given for <sup>a</sup>t-tests, <sup>b</sup>chi-square tests, and <sup>c</sup>Mann-Whitney U-tests applied to test for differences between IG and CG.

627 **Table 2.** Effects of specific dual-task training on absolute motor and cognitive performance during  
 628 'Walking & Counting' (trained condition)  
 629

Variable	T1		T2		T3		T1-T2			T1-T3		
	n	Mean (SD)	n	Mean (SD)	n	Mean (SD)	% change	p value	Effect size	% change	p value	Effect size
<b>Absolute gait performance</b>												
<i>Walking &amp; serial 2 forward</i>												
Gait speed, cm/s												
IG	56	81.6 (35.9)	47	104.7 (37.3)	39	102.1 (36.1)	+28.4	<0.001	0.163	+25.2	0.052	0.051
CG	49	76.8 (29.2)	44	85.2 (32.1)	37	90.5 (30.7)	+11.0			+17.8		
Cadence, steps/min												
IG	56	103.9 (22.3)	47	121.6 (21.9)	39	120.6 (17.3)	+17.0	<0.001	0.136	+16.1	0.009	0.089
CG	49	105.0 (19.1)	44	111.3 (21.0)	37	114.0 (19.6)	+6.0			+8.6		
Stride length, cm												
IG	56	93.5 (31.4)	47	104.3 (35.9)	39	102.3 (32.8)	+11.6	0.011	0.071	+9.5	0.213	0.021
CG	49	87.9 (28.7)	44	91.7 (35.9)	37	94.7 (27.3)	+4.3			+7.8		
Single support, %												
IG	56	37.5 (7.5)	47	38.7 (5.6)	39	38.4 (5.0)	+3.1	0.937	<0.001	+2.3	0.980	<0.001
CG	49	37.2 (5.5)	44	38.6 (6.3)	37	39.2 (4.0)	+4.0			+5.4		
<i>Walking &amp; serial 3 backward</i>												
Gait speed, cm/s												
IG	56	70.9 (34.7)	47	95.1 (35.3)	39	91.3 (33.0)	+34.1	<0.001	0.249	+28.8	0.038	0.058
CG	49	66.7 (29.5)	44	69.5 (29.1)	37	79.2 (29.9)	+4.1			+18.8		
Cadence, steps/min												
IG	56	98.0 (19.1)	47	115.2 (19.5)	39	112.8 (17.3)	+17.6	<0.001	0.190	+15.1	0.135	0.030
CG	49	97.5 (20.0)	44	101.8 (19.1)	37	107.6 (20.3)	+4.4			+10.4		
Stride length, cm												
IG	56	85.6 (33.9)	47	100.3 (33.8)	39	98.0 (32.7)	+17.2	<0.001	0.211	+14.5	0.020	0.072
CG	49	81.6 (27.1)	44	81.0 (27.5)	37	88.0 (26.9)	-0.6			+7.9		
Single support, %												
IG	56	36.7 (7.0)	47	38.2 (5.5)	39	37.9 (5.3)	+4.2	0.184	0.020	+3.3	0.446	0.008
CG	49	36.3 (6.4)	44	37.0 (6.0)	37	37.9 (4.5)	+2.0			+4.5		
<b>Absolute cognitive performance</b>												
Serial 2 forward, calculations/s												
IG	56	0.97 (0.48)	47	1.37 (0.44)	39	1.34 (0.62)	+34.0	0.047	0.044	+32.5	0.153	0.028
CG	49	1.00 (0.48)	44	1.24 (0.46)	37	1.25 (0.46)	+15.6			+19.4		
Serial 3 backward, calculations/s												
IG	56	0.38 (0.31)	47	0.69 (0.38)	39	0.66 (0.46)	+84.2	<0.001	0.295	+67.6	<0.001	0.157
CG	49	0.36 (0.26)	44	0.35 (0.27)	37	0.42 (0.30)	-2.2			+19.0		

630 Given are the **absolute values** for motor and cognitive performance at baseline (T1), after intervention (T2), and after  
 631 follow-up (T3). IG = intervention group; CG = control group. Single support was measured as percentage of stride time.  
 632 % change is calculated as: (mean retest score – mean baseline score)/mean baseline score × 100. *p* values are given  
 633 for group effect with adjustment for baseline covariates as calculated by analysis of covariance. Effect sizes are given  
 634 as partial eta squared  $\eta_p^2$  for group effect.  
 635

636  
637  
638

**Table 3.** Effects of specific dual-task training on relative dual-task costs during 'Walking & Counting' (trained condition)

Variable	T1		T2		T3		T1-T2			T1-T3		
	n	Mean (SD)	n	Mean (SD)	n	Mean (SD)	Change	p value	Effect size	Change	p value	Effect size
<b>DTC in motor performance, %</b>												
<i>Walking &amp; serial 2 forward</i>												
Gait speed												
IG	56	-20.7 (19.0)	47	-13.7 (13.3)	39	-13.7 (13.6)	+7.0	0.003	0.095	+7.0	0.013	0.082
CG	49	-27.2 (16.7)	44	-23.1 (14.4)	37	-22.2 (13.6)	+4.1			+5.0		
Cadence												
IG	56	-15.0 (13.0)	47	-11.1 (11.6)	39	-10.9 (8.8)	+3.9	0.098	0.031	+4.1	0.034	0.060
CG	49	-17.9 (13.6)	44	-15.7 (11.5)	37	-15.9 (11.5)	+2.2			+2.0		
Stride length												
IG	56	-7.7 (13.2)	47	-2.5 (12.0)	39	-3.4 (11.9)	+5.2	0.066	0.038	+4.3	0.108	0.035
CG	49	-11.6 (14.6)	44	-9.2 (18.1)	37	-7.8 (10.7)	+2.4			+3.8		
Single support												
IG	56	-2.1 (9.8)	47	-1.3 (8.0)	39	-1.0 (8.9)	+0.8	0.277	0.013	+1.1	0.218	0.021
CG	49	-4.7 (8.4)	44	-4.4 (13.6)	37	-3.5 (8.2)	+0.3			+1.2		
<i>Walking &amp; serial 3 backward</i>												
Gait speed												
IG	56	-32.0 (19.3)	47	-21.1 (14.3)	39	-22.6 (14.1)	+10.9	<0.001	0.246	+9.4	0.004	0.107
CG	49	-37.2 (17.2)	44	-36.8 (16.1)	37	-32.0 (14.8)	+0.4			+5.2		
Cadence, steps												
IG	56	-19.4 (13.2)	47	-15.4 (11.0)	39	-16.5 (11.0)	+4.0	0.011	0.072	+2.9	0.352	0.012
CG	49	-23.7 (14.3)	44	-22.6 (12.6)	37	-20.7 (12.5)	+1.1			+3.0		
Stride length												
IG	56	-16.8 (15.3)	47	-6.5 (11.2)	39	-7.5 (12.4)	+10.3	<0.001	0.234	+9.3	0.005	0.104
CG	49	-17.8 (13.8)	44	-20.2 (15.7)	37	-14.6 (11.1)	-2.4			+3.2		
Single support												
IG	56	-4.5 (11.0)	47	-2.6 (7.2)	39	-2.7 (7.4)	+1.9	0.052	0.042	+1.8	0.068	0.045
CG	49	-7.2 (10.1)	44	-7.5 (15.6)	37	-6.5 (10.0)	-0.3			+0.7		
<b>DTC in cognitive performance, %</b>												
Serial 2 forward												
IG	56	-18.5 (29.7)	47	12.8 (23.5)	39	2.4 (35.0)	+31.3	<0.001	0.172	+20.9	0.004	0.107
CG	49	-17.4 (32.3)	43	-9.1 (24.8)	37	-16.7 (18.7)	+8.3			+0.7		
Serial 3 backward												
IG	56	-31.9 (36.1)	44	41.8 (140.8)	37	23.1 (65.9)	+73.7	0.004	0.097	+55.0	0.001	0.138
CG	47	-18.3 (42.3)	40	-24.4 (42.7)	35	-21.1 (49.1)	-6.1			-2.8		
<b>DTC in combined performance, %</b>												
Gait speed & serial 2 forward												
IG	56	-19.6 (19.3)	47	-0.3 (12.6)	39	-5.7 (21.6)	+19.3	<0.001	0.243	+13.9	0.001	0.152
CG	49	-22.3 (20.0)	43	-15.9 (15.5)	37	-19.5 (10.1)	+6.8			+2.8		
Gait speed & serial 3 backward												
IG	56	-31.9 (20.8)	44	10.7 (69.7)	37	0.2 (34.2)	+42.6	0.001	0.136	+32.1	<0.001	0.187
CG	47	-27.4 (22.3)	40	-30.8 (24.5)	35	-27.6 (28.2)	-3.4			-0.2		

639  
640  
641  
642  
643  
644  
645

Given are **relative values**: the dual-task costs (DTC = ((dual task – single task)/single task) × 100) in motor and cognitive performance and DTC in combined performance ((motor DTC + cognitive DTC)/2) at baseline (T1), after intervention (T2) and after follow-up (T3). IG = intervention group; CG = control group. Single support was measured as percentage of stride time. Change is calculated as: (mean retest score – mean baseline score). p values are given for group effect with adjustment for baseline covariates as calculated by analysis of covariance. Effect sizes are given as partial eta squared  $\eta_p^2$  for group effect.

646  
647  
648

**Table 4.** Transfer effects of specific dual-task training on absolute motor and cognitive performance during 'Walking & Verbal Fluency' (semi-trained condition)

Variable	T1		T2		T3		T1-T2			T1-T3		
	n	Mean (SD)	n	Mean (SD)	n	Mean (SD)	% change	p value	Effect size	% change	p value	Effect size
<b>Absolute gait performance</b>												
<i>Walking &amp; reciting alphabet</i>												
Gait speed, cm/s												
IG	56	98.1 (37.5)	44	115.6 (40.9)	39	109.0 (37.6)	+17.8	0.002	0.109	+11.1	0.444	0.008
CG	49	95.1 (31.5)	43	98.2 (36.6)	37	104.0 (32.6)	+3.3			+9.3		
Cadence, steps/min												
IG	56	119.7 (19.7)	44	132.7 (22.1)	39	128.5 (18.7)	+10.9	0.008	0.081	+7.4	0.453	0.008
CG	49	122.9 (17.2)	43	125.9 (18.4)	37	127.5 (16.0)	+2.4			+3.8		
Stride length, cm												
IG	56	98.3 (31.5)	44	105.4 (32.4)	39	102.0 (29.7)	+7.2	0.007	0.083	+3.8	0.552	0.005
CG	49	93.0 (27.4)	43	93.3 (29.3)	37	97.6 (26.0)	+0.3			+2.8		
Single support, %												
IG	56	37.8 (5.5)	44	38.2 (5.9)	39	38.8 (4.8)	+1.1	0.226	0.017	+2.4	0.155	0.028
CG	49	38.2 (4.0)	43	40.1 (5.1)	37	40.5 (4.0)	+4.9			+5.8		
<i>Walking &amp; naming animals</i>												
Gait speed, cm/s												
IG	56	76.9 (34.4)	44	94.2 (37.7)	39	89.0 (38.6)	+22.5	0.001	0.119	+15.7	0.215	0.021
CG	49	74.6 (27.3)	43	78.4 (30.1)	37	81.7 (29.1)	+5.1			+9.6		
Cadence, steps/min												
IG	56	104.0 (16.6)	44	116.5 (20.2)	39	112.2 (18.5)	+12.1	<0.001	0.144	+7.9	0.307	0.014
CG	49	108.4 (16.6)	43	109.9 (18.1)	37	110.7 (18.9)	+1.4			+2.1		
Stride length, cm												
IG	56	87.9 (32.4)	44	96.9 (32.3)	39	94.4 (32.7)	+10.2	0.016	0.068	+7.4	0.130	0.031
CG	49	83.0 (26.7)	43	85.1 (28.7)	37	87.4 (24.8)	+2.6			+5.4		
Single support, %												
IG	56	36.8 (6.3)	44	37.9 (5.6)	39	37.9 (4.7)	+2.9	0.891	<0.001	+2.9	0.757	0.001
CG	49	37.3 (6.0)	43	38.8 (5.6)	37	38.8 (5.4)	+4.1			+4.1		
<i>Walking &amp; naming plants</i>												
Gait speed, cm/s												
IG	56	72.6 (35.0)	44	91.2 (40.0)	39	85.4 (36.7)	+25.5	<0.001	0.150	+17.5	0.202	0.023
CG	48	72.8 (25.1)	42	76.3 (25.2)	36	80.6 (27.6)	+4.9			+10.8		
Cadence, steps/min												
IG	56	101.6 (19.5)	44	114.1 (21.8)	39	111.9 (17.9)	+12.3	0.002	0.108	+10.1	0.426	0.009
CG	48	104.7 (16.9)	42	108.5 (17.5)	36	109.8 (19.4)	+3.6			+4.9		
Stride length, cm												
IG	56	84.6 (32.5)	44	95.3 (34.2)	39	91.1 (31.5)	+12.6	0.001	0.122	+7.6	.107	.036
CG	48	83.1 (24.7)	42	84.4 (23.2)	36	86.8 (23.0)	+1.5			+4.4		
Single support, %												
IG	56	36.7 (6.9)	44	37.3 (5.6)	39	37.4 (5.5)	+1.8	0.342	0.011	+2.1	0.896	<0.001
CG	48	37.1 (6.2)	42	37.4 (3.5)	36	38.2 (4.3)	+0.9			+3.0		
<b>Absolute cognitive performance</b>												
Reciting alphabet, namings/s												
IG	56	3.09 (1.36)	44	3.28 (1.45)	39	2.97 (1.23)	+5.9	0.114	0.030	-4.2	0.177	0.025
CG	49	3.10 (1.19)	43	3.06 (1.25)	37	3.38 (1.23)	-1.2			+9.0		
Naming animals, namings/s												
IG	56	0.52 (0.27)	44	0.53 (0.25)	39	0.71 (0.33)	+2.1	0.340	0.011	+36.9	0.137	0.030
CG	49	0.45 (0.23)	43	0.46 (0.28)	37	0.60 (0.29)	+2.2			+33.2		
Naming plants, namings/s												
IG	56	0.36 (0.24)	44	0.47 (0.29)	39	0.52 (0.29)	+30.0	0.026	0.059	+44.2	0.116	0.034
CG	48	0.36 (0.24)	42	0.39 (0.26)	36	0.47 (0.30)	+8.2			+31.2		

649  
650  
651  
652  
653  
654

Given are the **absolute values** for motor and cognitive performance at baseline (T1), after intervention (T2), and after follow-up (T3). IG = intervention group; CG = control group. Single support was measured as percentage of stride time. % change is calculated as: (mean retest score – mean baseline score)/mean baseline score) × 100. *P-values* are given for group effect with adjustment for baseline covariates as calculated by analysis of covariance. Effect sizes are given as partial eta squared  $\eta^2$  for group effect.

655 **Table 5.** Transfer effects of specific dual-task training on relative dual-task costs during 'Walking  
 656 & Verbal Fluency' (semi-trained condition)  
 657

Variable	T1		T2		T3		T1-T2			T1-T3		
	n	Mean (SD)	n	Mean (SD)	n	Mean (SD)	Change	p value	Effect size	Change	p value	Effect size
<b>DTC in motor performance, %</b>												
<i>Walking &amp; reciting alphabet</i>												
Gait speed												
IG	56	-11.8 (12.9)	44	-8.3 (11.7)	39	-11.3 (9.5)	+3.5	0.041	0.049	+0.5	0.918	<0.001
CG	49	-14.1 (12.3)	43	-15.1 (16.4)	37	-12.0 (10.2)	-1.0			+2.1		
Cadence												
IG	56	-8.3 (10.6)	44	-6.0 (7.4)	39	-6.3 (8.8)	+2.3	0.386	0.009	+2.0	0.356	0.012
CG	49	-7.0 (6.8)	43	-7.0 (8.9)	37	-7.7 (7.5)	+0.0			-0.7		
Stride length												
IG	56	-3.6 (8.2)	44	-1.8 (11.7)	39	-4.9 (10.0)	+1.8	0.016	0.067	-1.3	0.650	0.003
CG	49	-7.4 (11.4)	43	-9.2 (11.6)	37	-4.8 (7.7)	-1.8			+2.6		
Single support												
IG	56	-0.7 (7.0)	44	-2.1 (10.9)	39	-0.5 (7.8)	-1.4	0.125	0.028	+0.2	0.864	<0.001
CG	49	-1.5 (7.0)	43	-1.8 (12.6)	37	-0.6 (7.8)	-0.3			+0.9		
<i>Walking &amp; naming animals</i>												
Gait speed												
IG	56	-29.2 (15.0)	44	-23.8 (13.9)	39	-23.7 (22.3)	+5.4	0.052	0.044	+5.5	0.278	0.016
CG	49	-31.0 (14.9)	43	-29.7 (16.8)	37	-29.1 (14.7)	+1.3			+1.9		
Cadence												
IG	56	-18.6 (12.4)	44	-16.7 (10.7)	39	-16.3 (11.3)	+1.9	0.200	0.020	+2.3	0.088	0.039
CG	49	-17.1 (11.2)	43	-17.6 (11.8)	37	-19.4 (11.1)	-0.5			-2.3		
Stride length												
IG	56	-13.5 (10.8)	44	-9.0 (11.5)	39	-10.3 (17.0)	+4.5	0.075	0.037	+3.2	0.664	0.003
CG	49	-16.9 (11.7)	43	-15.1 (14.2)	37	-12.8 (11.4)	+1.8			+4.1		
Single support												
IG	56	-3.1 (9.5)	44	-3.5 (9.8)	39	-3.0 (10.3)	-0.4	0.702	0.002	+0.1	0.876	<0.001
CG	49	-2.2 (16.1)	43	-2.1 (14.1)	37	-3.5 (8.7)	+0.1			-1.3		
<i>Walking &amp; naming plants</i>												
Gait speed												
IG	56	-33.9 (16.6)	44	-27.2 (15.3)	39	-27.5 (17.1)	+6.7	0.022	0.062	+6.4	0.119	0.033
CG	48	-33.7 (16.1)	42	-31.9 (17.1)	36	-32.1 (15.5)	+1.8			+1.6		
Cadence												
IG	56	-20.7 (13.0)	44	-18.6 (11.2)	39	-16.7 (10.3)	+2.1	0.466	0.006	+4.0	0.074	0.044
CG	48	-20.3 (12.3)	42	-19.1 (11.4)	36	-20.7 (11.5)	+1.2			-0.4		
Stride length												
IG	56	-17.0 (12.9)	44	-11.1 (12.7)	39	-13.7 (14.0)	+5.9	0.018	0.066	+3.3	0.509	0.006
CG	48	-17.8 (12.3)	42	-16.6 (13.2)	36	-15.4 (12.8)	+1.2			+2.4		
Single support												
IG	56	-2.8 (9.6)	44	-4.1 (9.3)	39	-4.0 (9.1)	-1.3	0.611	0.012	-1.2	0.876	<0.001
CG	48	-4.7 (8.7)	42	-3.1 (13.4)	36	-4.1 (7.6)	+1.6			+0.6		
<b>DTC in cognitive performance, %</b>												
Reciting alphabet												
IG	56	0.5 (31.5)	44	-0.7 (33.2)	39	-12.5 (47.3)	-1.2	0.104	0.031	-13.0	0.414	0.009
CG	49	-2.4 (25.3)	43	-13.6 (35.2)	37	-9.2 (33.9)	-11.2			-6.8		
Naming animals												
IG	56	-7.1 (44.3)	44	-16.1 (35.0)	39	34.3 (84.2)	-9.0	0.730	0.001	+41.4	0.054	0.050
CG	49	-11.4 (37.0)	43	-11.9 (78.0)	37	-0.6 (58.1)	-0.5			+10.8		
Naming plants												
IG	56	-1.6 (82.6)	44	1.9 (75.8)	39	11.2 (67.6)	+3.5	0.998	<0.001	+12.8	0.935	<0.001
CG	46	6.6 (91.7)	39	2.7 (53.9)	36	23.1 (117.3)	-3.9			+16.5		
<b>DTC in combined performance</b>												
Gait speed & reciting alphabet												
IG	56	-5.6 (17.0)	44	-4.5 (16.5)	39	-11.9 (22.8)	+1.1	0.023	0.060	-6.3	0.455	0.008
CG	49	-8.3 (13.0)	43	-14.4 (20.1)	37	-10.6 (16.2)	-6.1			-2.3		
Gait speed & naming animals												
IG	56	-18.1 (25.0)	44	-20.0 (19.0)	39	5.5 (42.3)	-1.9	0.953	<0.001	+23.6	0.033	0.061
CG	49	-21.2 (20.4)	43	-20.8 (41.3)	37	-14.9 (31.1)	+0.4			+6.3		
Gait speed & naming plants												
IG	56	-17.8 (42.0)	44	-12.7 (39.1)	39	-8.2 (35.9)	+5.1	0.636	0.003	+9.6	0.841	0.001
CG	46	-13.8 (49.0)	39	-15.1 (29.5)	36	-4.5 (61.5)	-1.3			+9.3		

658 Given are **relative values**: the dual-task costs (DTC = ((dual task – single task)/single task) × 100) in motor and cogni-  
 659 tive performance, and DTC in combined performance ((motor DTC + cognitive DTC)/2) at baseline (T1), after interven-  
 660 tion (T2) and after follow-up (T3). IG = intervention group; CG = control group. Single support was measured as per-  
 661 centage of stride time. Change is calculated as: (mean retest score – mean baseline score). p values are given for  
 662 group effect with adjustment for baseline covariates as calculated by analysis of covariance. Effect sizes are given as  
 663 partial eta squared  $\eta_p^2$  for group effect.  
 664



665  
666  
667

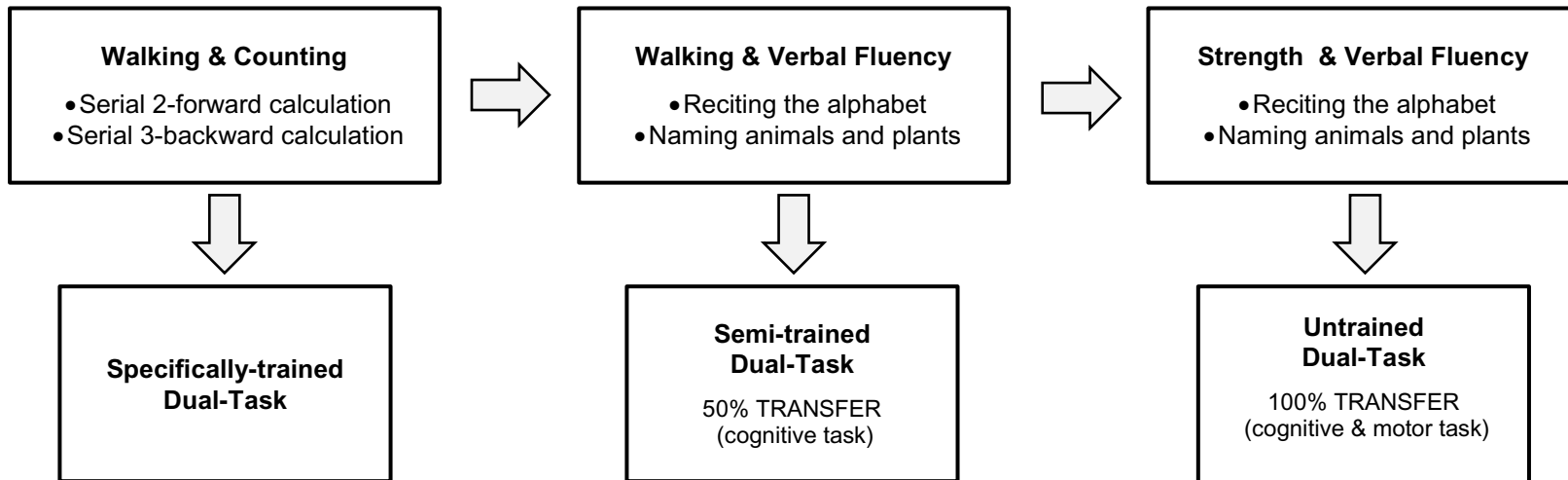
**Table 6.** Transfer effects of specific dual-task training on absolute motor and cognitive performance and on relative dual-task costs during 'Strength & Verbal Fluency' (untrained condition)

Variable	T1		T2		T3		T1-T2			T1-T3		
	n	Mean (SD)	n	Mean (SD)	n	Mean (SD)	% change	p value	Effect size	% change	p value	Effect size
<b>Absolute strength performance</b>												
<i>Strength &amp; reciting alphabet</i>												
Maximal strength, N												
IG	56	50.8 (31.8)	44	55.5 (31.0)	41	58.9 (31.7)	+9.2	0.155	0.024	+15.9	0.730	0.051
CG	48	53.9 (36.1)	41	54.6 (32.7)	35	64.4 (32.2)	+1.2			+19.5		
<i>Strength &amp; naming animals</i>												
Maximal strength, N												
IG	56	41.7 (30.7)	44	51.1 (32.2)	41	50.2 (32.0)	+22.5	0.749	0.001	+20.4	0.671	0.002
CG	48	36.4 (22.6)	41	47.1 (32.6)	35	52.6 (35.4)	+29.4			+44.5		
<i>Strength &amp; naming plants</i>												
Maximal strength, N												
IG	56	38.6 (30.3)	44	44.5 (25.7)	41	47.8 (29.2)	+15.3	0.589	0.004	+23.8	0.771	0.001
CG	48	36.0 (20.5)	41	47.2 (35.0)	35	50.9 (31.3)	+31.2			+41.4		
<b>Absolute cognitive performance</b>												
<i>Reciting alphabet, namings/s</i>												
IG	56	2.80 (1.03)	44	2.97 (1.13)	41	2.99 (1.11)	+6.0	0.346	0.011	+6.8	0.537	0.005
CG	48	3.04 (1.07)	41	3.08 (1.01)	35	3.13 (1.11)	+1.3			+2.9		
<i>Naming animals, namings/s</i>												
IG	56	0.56 (0.25)	44	0.58 (0.23)	41	0.72 (0.27)	+3.8	0.740	0.001	+28.8	0.255	0.018
CG	48	0.51 (0.22)	41	0.56 (0.26)	35	0.65 (0.29)	+11.3			+29.2		
<i>Naming plants, namings/s</i>												
IG	56	0.42 (0.23)	44	0.49 (0.27)	41	0.54 (0.26)	+16.5	0.311	0.013	+25.1	0.574	0.004
CG	48	0.40 (0.26)	41	0.42 (0.22)	35	0.51 (0.25)	+5.5			+27.2		
<b>DTC in motor performance, %</b>												
<i>Strength &amp; reciting alphabet</i>												
Maximal strength, N												
IG	56	-46.8 (19.5)	44	-42.6 (20.2)	41	-38.5 (18.4)	+4.2	0.728	0.001	+8.3	0.635	0.051
CG	48	-37.8 (35.8)	41	-42.2 (23.5)	35	-34.4 (22.7)	-4.4			+3.4		
<i>Strength &amp; naming animals</i>												
Maximal strength, N												
IG	56	-59.6 (18.4)	44	-50.1 (27.6)	41	-51.5 (22.1)	+9.5	0.804	0.001	+8.1	0.402	0.010
CG	48	-61.7 (22.5)	41	-51.9 (29.5)	35	-55.1 (31.9)	+9.8			+6.6		
<i>Strength &amp; naming plants</i>												
Maximal strength, N												
IG	56	-63.6 (20.0)	44	-56.4 (22.8)	41	-55.0 (22.9)	+7.2	0.516	0.005	+8.6	0.553	0.005
CG	48	-60.5 (20.2)	41	-50.2 (36.1)	35	-54.7 (29.6)	+10.3			+5.8		
<b>DTC in cognitive performance, %</b>												
<i>Reciting alphabet</i>												
IG	56	-7.0 (24.2)	44	-6.3 (19.7)	41	-10.8 (16.7)	+0.7	0.748	0.001	-3.8	0.515	0.006
CG	48	-6.0 (26.4)	41	-8.1 (22.0)	35	-13.5 (18.0)	-2.1			-7.5		
<i>Naming animals</i>												
IG	56	-10.8 (58.8)	44	-8.4 (73.6)	41	21.4 (81.0)	+2.4	0.375	0.010	+32.2	0.140	0.030
CG	48	-25.0 (40.90)	41	-21.4 (53.3)	35	-2.8 (65.7)	+3.6			+22.2		
<i>Naming plants</i>												
IG	56	-4.2 (74.0)	44	1.2 (67.8)	41	-1.6 (50.6)	+5.4	0.823	0.001	+2.6	0.806	0.001
CG	48	-18.2 (63.4)	40	-3.7 (68.3)	35	1.9 (77.9)	+14.5			+20.1		
<b>DTC in combined performance, %</b>												
Max. strength & reciting alphabet												
IG	56	-26.9 (15.9)	44	-24.4 (16.2)	41	-24.7 (13.6)	+2.5	0.749	0.001	+2.2	0.871	<0.001
CG	48	-21.9 (23.2)	41	-25.1 (14.6)	35	-24.0 (11.9)	-3.2			-2.1		
Max. strength & naming animals												
IG	56	-35.2 (30.7)	44	-29.2 (38.7)	41	-15.1 (41.4)	+6.0	0.359	0.010	+20.1	0.115	0.034
CG	48	-43.3 (25.0)	41	-36.7 (27.4)	35	-28.9 (34.5)	+6.6			+14.4		
Max. strength & naming plants												
IG	56	-33.9 (38.7)	44	-27.6 (35.6)	41	-28.3 (28.6)	+6.3	0.908	<0.001	+5.6	0.800	0.001
CG	48	-39.3 (32.6)	40	-28.9 (33.9)	35	-26.4 (44.4)	+10.4			+12.9		

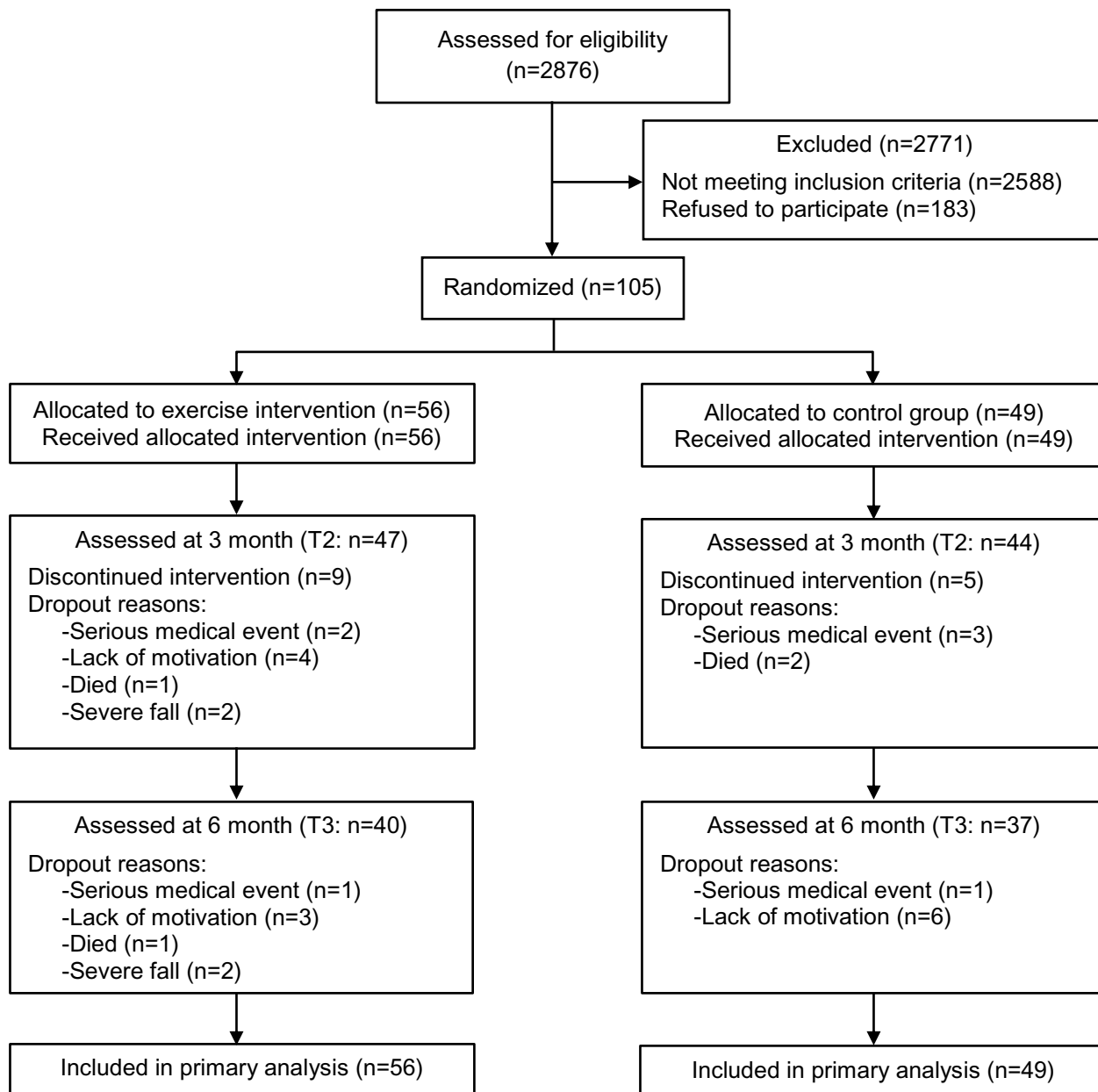
668  
669  
670  
671  
672  
673  
674  
675

Given are the **absolute values** for motor and cognitive performance, the relative dual-task costs (DTC = ((dual task – single task)/single task) × 100) in motor and cognitive performance, and the DTC in combined performance ((motor DTC + cognitive DTC)/2) at baseline (T1), after intervention (T2) and after follow-up (T3). N = Newton; IG = intervention group; CG = control group. Change is calculated as: (mean retest score – mean baseline score)/mean baseline score) × 100 for the absolute values, and as: (mean retest score – mean baseline score) for the DTC. *p* values are given for group effect with adjustment for baseline covariates as calculated by analysis of covariance. Effect sizes are given as partial eta squared  $\eta^2$  for group effect.

**Figure 1.** Assessment of motor-cognitive dual-task performance under different dual-tasks conditions.



**Figure 2.** Flowchart for screening, recruitment, allocation, intervention, follow-up, and data analysis



# Schrift 6

---

JMIR Serious Games

July 2016, volume 4, issue 2: e12

***Validation of a Computerized, Game-based Assessment Strategy to Measure Training Effects on Motor-Cognitive Functions in People With Dementia.***

Autoren: Wiloth S., Lemke N., Werner C., Hauer K.

Der Originalartikel wurde unter den Bedingungen des *Creative Commons Attribution license 2.0*

(<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>) in JMIR Serious Games publiziert und kann mit Erlaubnis von JMIR Publications in dieser Dissertationsschrift wiederverwendet werden.

Der Originalartikel ist unter <http://games.jmir.org/2016/2/e12/> zu finden.

DOI: 10.2196/games.5696

PMID: 27432746

PMCID: 4969551

Original Paper

# Validation of a Computerized, Game-based Assessment Strategy to Measure Training Effects on Motor-Cognitive Functions in People With Dementia

Stefanie Wiloth<sup>1,2</sup>, MA; Nele Lemke<sup>1,3</sup>, MA; Christian Werner<sup>1</sup>, MA; Klaus Hauer<sup>1</sup>, PhD

<sup>1</sup>AGAPLESION Bethanien Hospital, Geriatric Centre of the University of Heidelberg, Heidelberg, Germany

<sup>2</sup>The Institute for the Study of Christian Social Service at the University of Heidelberg, Heidelberg, Germany

<sup>3</sup>Network of Aging Research (NAR), University of Heidelberg, Heidelberg, Germany

**Corresponding Author:**

Stefanie Wiloth, MA

AGAPLESION Bethanien Hospital, Geriatric Centre at the University of Heidelberg, Heidelberg, Germany

Research Department

Rohrbacher Straße 149

Heidelberg, 69126

Germany

Phone: 49 1739471446

Fax: 49 622131915

Email: [stefanie.wiloth@gmail.com](mailto:stefanie.wiloth@gmail.com)

## Abstract

**Background:** Exergames often used for training purpose can also be applied to create assessments based on quantitative data derived from the game. A number of studies relate to these use functionalities developing specific assessment tasks by using the game software and provided good data on psychometric properties. However, (1) assessments often include tasks other than the original game task used for training and therefore relate to similar but not to identical or integrated performances trained, (2) people with diagnosed dementia have insufficiently been addressed in validation studies, and (3) studies did commonly not present validation data such as sensitivity to change, although this is a paramount objective for validation to evaluate responsiveness in intervention studies.

**Objective:** Specific assessment parameters have been developed using quantitative data directly derived from the data stream during the game task of a training device (Physiomat). The aim of this study was to present data on construct validity, test–retest reliability, sensitivity to change, and feasibility of this internal assessment approach, which allows the quantification of Physiomat training effects on motor-cognitive functions in 105 multimorbid patients with mild-to-moderate dementia (mean age 82.7±5.9).

**Methods:** Physiomat assessment includes various tasks at different complexity levels demanding balance and cognitive abilities. For construct validity, motor-cognitive Physiomat assessment tasks were compared with established motor and cognitive tests using Spearman's rank correlations ( $r_s$ ). For test–retest reliability, we used intra-class correlations ( $ICC_{3,1}$ ) and focused on all Physiomat tasks. Sensitivity to change of trained Physiomat tasks was tested using Wilcoxon statistic and standardized response means (SRMs). Completion rate and time were calculated for feasibility.

**Results:** Analyses have mostly shown moderate-to-high correlations between established motor as well as cognitive tests and simple ( $r_s=-.22$  to  $.68$ ,  $P \leq .001-.03$ ), moderate ( $r_s=-.33$  to  $.71$ ,  $P \leq .001-.004$ ), and complex motor-cognitive Physiomat tasks ( $r_s=-.22$  to  $.83$ ,  $P \leq .001-.30$ ) indicating a good construct validity. Moderate-to-high correlations between test and retest assessments were found for simple, moderate, and complex motor-cognitive tasks ( $ICC=.47-.83$ ,  $P \leq .001$ ) indicating good test–retest reliability. Sensitivity to change was good to excellent for Physiomat assessment as it reproduced significant improvements ( $P \leq .001$ ) with mostly moderate-to-large effect sizes ( $SRM=0.5-2.0$ ) regarding all trained tasks. Completion time averaged 25.8 minutes. Completion rate was high for initial Physiomat measures. No adverse events occurred during assessment.

**Conclusions:** Overall, Physiomat proved to have good psychometric qualities in people with mild-to-moderate dementia representing a reliable, valid, responsive, and feasible assessment strategy for multimorbid older adults with or without cognitive impairment, which relates to identical and integrated performances trained by using the game.

**KEYWORDS**

serious games; computerized assessment; validation; motor-cognitive functions; elderly; older adults; cognitive impairment; dementia

## **Introduction**

With respect to the growing elderly population, the role of innovative assessments to detect motor-functional or cognitive deficits is becoming increasingly important. Such assessment methods could help to identify appropriate interventions to delay age-related physical or mental decline.

### **Using Exergames for Training and Assessment Purpose**

Modern computer technology has yielded creative and motivating procedures especially for training mental and physical abilities, thereby reducing fall risk in older adults and promoting independence and participation in everyday life, respectively. Recent studies could show that applications such as tablet mobile devices with integrated memory training apps can be used even by people with early stage of dementia [1,2]. Some reviews reported that exergames that combine physical activity with digital gaming have also been found wide application in healthy [3], disabled older adults [4], and in people with cognitive impairment or dementia [5-7]. Just to name a few examples, a computerized Tai Chi game using the Microsoft's motion-capture device Kinect [8] or a computer tele-rehabilitation platform that combines game-based exercises with telemonitoring [9] has the potential to improve motor and cognitive functions in the older population. To measure effects of an exergame intervention, a broad variety of outcome measures are reported in the literature (eg, [10]).

Effects on motor or cognitive functions can be assessed by using "traditional" external outcome measures after gameplay such as established paper-pencil tests or questionnaires. A lot of exergames especially commercially available games such as The Nintendo's Wii Fit provides integrated approaches to evaluate balance performance. Sensors measure bodily movements, and algorithms automatically convert sensor information into quantitative data, for example, the center of pressure (COP) (eg, [10]). The COP is used to control the game tasks, to individually adjusting the gameplay to the user, and also to generate performance scores, which provide the users with instantaneous feedback about game performance in real time (eg, [11]). Scores assessing the users performances have been validated in a few studies but show inconsistent results: One study could show that scores of a step game had good discriminant validity to differentiate between fallers and nonfallers ( $P \leq 0.01$ ) as well as moderate criterion-related validity ( $r = -.55$  to  $-.69$ ) and test-retest reliability ranged from poor to good (ICC = .35-.93) in cognitively healthy older adults [12]. In contrast, Wii Fit balance activity scores from different static and dynamic balance tasks performed by "recreationally active" adults (aged  $27.0 \pm 9.8$  years) ranged from poor-to-moderate test-retest reliability (ICC = .29-.74), and concurrent validity was also poor ( $r < .50$ ) [13]. Goble et al [14] indicate that these results suggest that game software-based assessments displayed as scores are not effective to measure balance ability.

The data flow derived from the game software can also be used to develop specific computerized tests for quantification of performances such as balance control (eg, [15-18]). Although a wide range of results in terms of psychometric properties have been reported as no uniform protocols or outcomes were used for evaluation especially of the Wii Balance Board or the Xbox Kinect [19], validation studies were successful to show that commercially available games basically provide a good basis to create reliable and valid game-based assessments: For example, the Wii Balance Board COP assessment in healthy younger adults showed good-to-excellent test-retest reliability (ICC = .66-.91), inter-rater reliability (ICC = .79-.89), intra-rater reliability (ICC = .70-.92), and concurrent validity (ICC = .73-.89) during single and double limb standing [16,18]. Another study [20] investigated test-retest reliability and construct validity of the Wii Balance Board in people after stroke (mean age  $68.3 \pm 15.1$  years) and showed excellent reliability (ICC = .82-.98) and poor-to-moderate correlations between the Wii Balance Board outcomes and clinical tests. The Wii Balance Board also showed excellent concurrent validity (ICC = .92-.98) with force platform-based assessments during balance tasks in people with Parkinson's disease [21]. A previous study showed excellent concurrent validity in balance tasks ( $r > 0.75$ ) using the Microsoft Xbox Kinect in healthy adults [17]. Schoene et al [22] have evaluated a custom-made dance mat device to assess stepping reaction times and showed excellent test-retest reliability (ICC = .90) and high correlations with other laboratory assessments ( $r = .86$ ). Test-retest analyses of assessments using a force platform balance measurement and training device (Good Balance), in which participants had to move their COP along a track (a circle or a zigzag figure) shown on a computer screen, indicated also good results (ICC = .71-.83) [23].

Beyond these commercially available games used for assessment purpose, some researchers have developed and validated own game-based assessment approaches. For example, Szturm et al [24] examined a dual-task computer game-based platform that integrates head tracking and cognitive tasks with balance demands and showed moderate-to-high test-retest reliability (ICC = .55-.75) in healthy, community-dwelling individuals.

### **Limitations of Exergame-Assessments Found in the Literature**

Although mentioned studies demonstrated that exergames can be used for reliable and valid quantification of motor performances such as balance control, assessment tasks derived from the data stream of a game that show good data on psychometric properties do commonly not represent the original game tasks used for training purpose. Some intervention studies demonstrated that dynamic aspects of COP are typical for game-based balance training requiring the participant to shift their COP to perform tasks such as catching and moving objects or popping rising balloons (eg, [11,15,25,26]). However, to measure changes in balance ability after exergaming, adequate

but external instruments (neuropsychological test batteries or functional tests such as the Timed Up and Go [27] or the Berg Balance Scale [28]) have been applied in certain trials (eg, [26,29-31]). Young et al [15] have developed an interface that retrieves information from the Wii Balance Board, which can be used to create a series of balance games for both training and assessment. However, in this study, effects of a training with game tasks developed with the interface (catching apples falling from a tree and popping rising bubbles) were assessed using tasks also created with the interface but which comprised different demands as participants were instructed to maintain a static standing position for 30 seconds with eyes closed and open. Similar internal assessment approaches have also been applied, for example, by Betker et al [25].

Although we could identify 2 studies that have validated assessments based on the game's original training tasks to obtain a reliable and valid feedback of balance ability during gameplay [22,23], assessment software derived from the data stream of a game commonly includes tasks other than the original game task used for training. Therefore, some of the data might be only loosely associated (eg, use of Timed Up and Go or single or double limb standing with eyes closed to evaluate game-based training gained for shifting the COP while standing) as most validated assessment tasks relate to similar but not identical or integrated performances trained by using exergames.

Despite an increasing number of validation studies evaluating commercially available games or research grade systems not only in young participants without any injuries and history of neurological and musculoskeletal diseases [16-18,24] but also in patients with Parkinson's disease [21], patients after stroke [20], or frail nursing home residents [23], there is a lack of validation studies including people with diagnosed dementia. However, this patient sample could be a relevant target group for game-based training programs and assessment. For all identified validation studies including older adults, only a cognitive screening was performed allowing a mere classification of cognitive impairment by clinical screening tools, for example, the Mini Mental State Examination (MMSE) (eg, [32]), the Trail Making Test [22] or the Rapid Dementia Screening Test [12]. In some validation studies, mixed samples in terms of the cognitive impairment level might be examined as participants were inadequately screened for cognitive status or screening process was not described in detail (eg, [13,23,24]). We found only 1 validation study that examined feasibility and test-retest reliability of a force platform assessment in people with diagnosis of Alzheimer's disease [33]. Participants had to move their COP by shifting their weight to 8 numbered targets presented on a screen. Study results showed acceptable test-retest reliability (ICC=.48-.71). Information regarding dementia diagnoses in this study was collected using the MMSE [34] and the Frontal Assessment Battery [35], but only a small sample (n=14) was included in the study.

As outlined previously, there are a number of validation studies mainly focusing on reliability and validity analyses of assessments incorporated into commercially available exergames or of other game-based systems specifically developed for assessment purpose (16-18,20-24). However, we found no study that has conducted not only reliability and validity analyses but

also targeting supplementary analyses on sensitivity to change and feasibility to guarantee high methodological quality of the assessment tools. It is striking that previous validation studies did not present especially sensitivity to change data, although this is a paramount objective for validation to evaluate responsiveness in intervention studies. Feasibility analyses based on documentations of completion rates, reasons for missing responses, and mean completion time of assessment process are also generally lacking. Commonly, questionnaires to measure motivation or subjective rating regarding difficulty of the tasks are applied.

## Summary and Aim of the Present Study

In summary, there are a number of studies demonstrating that exergames can be used for reliable and valid quantification of performances such as balance control and provided good data on psychometric properties. However, (1) assessments often include tasks other than the original game task used for training and therefore relate to similar but not identical or integrated performances trained, (2) people with diagnosed dementia have insufficiently been addressed in validation studies, and (3) studies often lack additional validation analyses such as sensitivity to change to document psychometric properties. The purpose of this study was to complement the pool of validated game-based measurements that have already been reported by a number of evaluations. We have developed task-specific assessment parameters based on data directly derived from the data stream during the game task of a training device (Physiomat), which are therefore direct marker of the training tasks. Parameters test a much more complex performance including the interplay (dual task) between challenging motor and cognitive tasks. This approach much better documents the actual game performance compared with another balance performance documentation (eg, during double limb standing with eyes closed) as used in other studies. We aimed to evaluate this internal assessment approach of the training device (Physiomat) in multimorbid, frail elderly with mild-to-moderate dementia. We present data on construct validity, test-retest reliability, sensitivity to change, and feasibility.

## Methods

### Study Design

The validation study was part of a double-blind randomized controlled trial (ISRCTN37232817) to improve motor-cognitive functions in people with mild-to-moderate dementia. To prevent high test burden in the frail and multimorbid sample, validation measures were split. Assessments for validation were conducted before intervention (T1: construct validity and feasibility) and after the intervention period (T2: sensitivity to change) with repeated measures 2-5 days after T2 (retest: test-retest reliability). The trial was performed according to the Helsinki declaration and was approved by the Ethics Committee of the University of Heidelberg.

### Recruitment

Participants were consecutively recruited including geriatric patients, nursing home residents, and community-dwelling persons. Inclusion criteria were: age>65 years, place of residence

<15km from the study center, no severe neurological, cardiovascular or psychiatric disorders, or visual deficits, ability to walk 10 m without using a walking aid and written informed consent (obtained by the patient or by a legal representative). Individuals were screened for cognitive impairment using the MMSE [34]. In those with an MMSE of 17-26 indicating cognitive impairment, a comprehensive neuropsychological assessment was performed based on an established neuropsychological test battery (Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease—CERAD) [36] and the Number Connection Test (ZVT-G) [37], a modified version of the Trail Making Test (TMT) [38]. Internationally established criteria for cognitive subperformances as assessed in CERAD were used as further inclusion criteria along with amnesic reports for diagnosis of probable dementia. Patients who met predefined criteria for dementia diagnosis based on CERAD results (cognitive subperformances lay under the 10% percentile of the sample corresponding to a z-value of -1.3) were included in the study.

## Measurement and Data Collection

### *Physiomat Assessment*

Physiomat (Physio = physiological, M=medical, A=active, T=therapy, EPL medical engineering [39], [Figure 1](#)) has been developed as a training device to improve balance performance.

The operating principle of Physiomat based on a specific combination of swivel joints fixed on 2 independent levels enabling bending, tilting, and rotation movements. This device's construction yields a special 3-dimensional (sagittal, frontal, and transverse level) movement sequences. The internal assessment approach of Physiomat is actually not comparable with the commonly used balance platforms with integrated pressure or inclination sensors. It uses 2 displacement sensors—one for the anterior–posterior motion, the other for the medio–lateral tilting and rotation motion—to record the movements of the platform. This is done by measuring the changes in resistance (measurement range 0-100 kohm, measurement accuracy 0.1 kohm, sampling rate 100 Hz). This sensor information is converted into a standard signal (normed electrical signals) by an analog-digital converter. Standard signal output acquired via the displacement sensors generates digital numerical values (digits) in a measuring range of 0-1000 digits for each motion axis. This means that the movement excursion of the platform is measured in digits/ms, and based on that sway path and sway area are determined as quantitative parameters. Movement excursion of the platform measured in digits/ms is also presented to the participants in terms of a visual feedback on the monitor in real time to control the cursor by mapping it to the target motion to solve Physiomat tasks.

The software with the training and assessment tasks as used in this study was specifically developed by the research group of the AGAPLESION Bethanien Hospital Heidelberg in cooperation with EPL to target motor-cognitive performances in patients with dementia. The assessment strategy derived from the data stream of Physiomat game tasks. The Physiomat assessment linked cognitive and motor-functional demands; concurrent dual tasks of various elements on balance ability (weight-shifting tasks and postural control while standing) with

specific cognitive subperformances such as executive functions are required.

To provide a motor-cognitive task to test a complex performance including the interplay (dual task) between challenging balance and cognitive tasks, the Physiomat-Trail-Making Tasks (PTMTs) have been developed. Compared with other exergames (eg, Nintendo Wii) including virtual reality tasks where an avatar is displayed on the screen that follows the participant's movements that do commonly not coincide with evidence-based neuropsychological tasks, we incorporated an internationally established cognitive test (the Trail-Making Test) into a balance training device. This test has been modified and successfully validated for use in older and cognitively impaired persons [37] with the introduction of a learning phase using an increasing number of digits before testing and reducing the complexity of the task by positioning of the digits. This modified version prevents frequent floor effects as compared by the original tests and is valid for the target sample of this study of cognitively impaired persons. The test is sensitive also for early deficits in the course of neurodegenerative diseases and documents cognitive subperformances such as executive functions including procedural memory, visual–spatial orientation, and attention-related performances (especially in the test setting as used in this study with the concurrent dual task of balance control with the specific cognitive subperformance of divided attention, see in the following section). These cognitive subperformances appear relatively early in the course of the disease and are therefore an adequate test for the study sample of patients with mild-to-moderate stage dementia.

PTMTs include different performance levels as defined by the number of digits to be tested. The participants were instructed to move the cursor on the screen (indicating the participant's bending, tilting, and rotation motion) directly to each numbered target with the aim to connect an increasing number of digits (number of digits: 4, 7, 9, 14, 20) as fast as possible by weight shifting ([Figure 2](#)). Physiomat platform was not fixed and allows movements in all directions, which must be controlled by the user. The degree of movements is partly limited by rubber rings attached to the corners of the platform. We used several rings to achieve a feasible motor challenge but did not modify this for the rather homogeneous sample with impaired motor status, advanced age, and multimorbidity including cognitive impairment. Participants were instructed to use handles (see [Figure 1](#)) to control movements. For validation purpose, we only used results of the simple (4 digits), moderate (9 digits), and complex (20 digits) PTMT, as we assumed that this range of complexity levels would be sufficient for the study purpose. With the standardized motor task and the standardized but increasing challenge level of the cognitive task, we ascertained a standardized assessment procedure.

We also applied an additional standardized motor task without an increasing challenge level of cognitive task to study psychometric properties. Instructions were to move the cursor from the center of the screen directly to the targets highlighted as a moving yellow ball on the screen as fast as possible. This Follow-The-Ball Task (FTBT) was used to assess participants' ability to move their center of mass by shifting their weight to the highlighted targets ([Figure 3](#)).



We also used 3 Physiomat balance tasks (PBTs) challenging postural control while standing without using the handles (Figure 4). Tasks also differed in complexity levels (keeping postural control for 3, 10, and 30 seconds). The platform was also not fixed but contrary to the PTMTs and the FTBTs, the degree of movements was limited by a larger number of rubber rings.

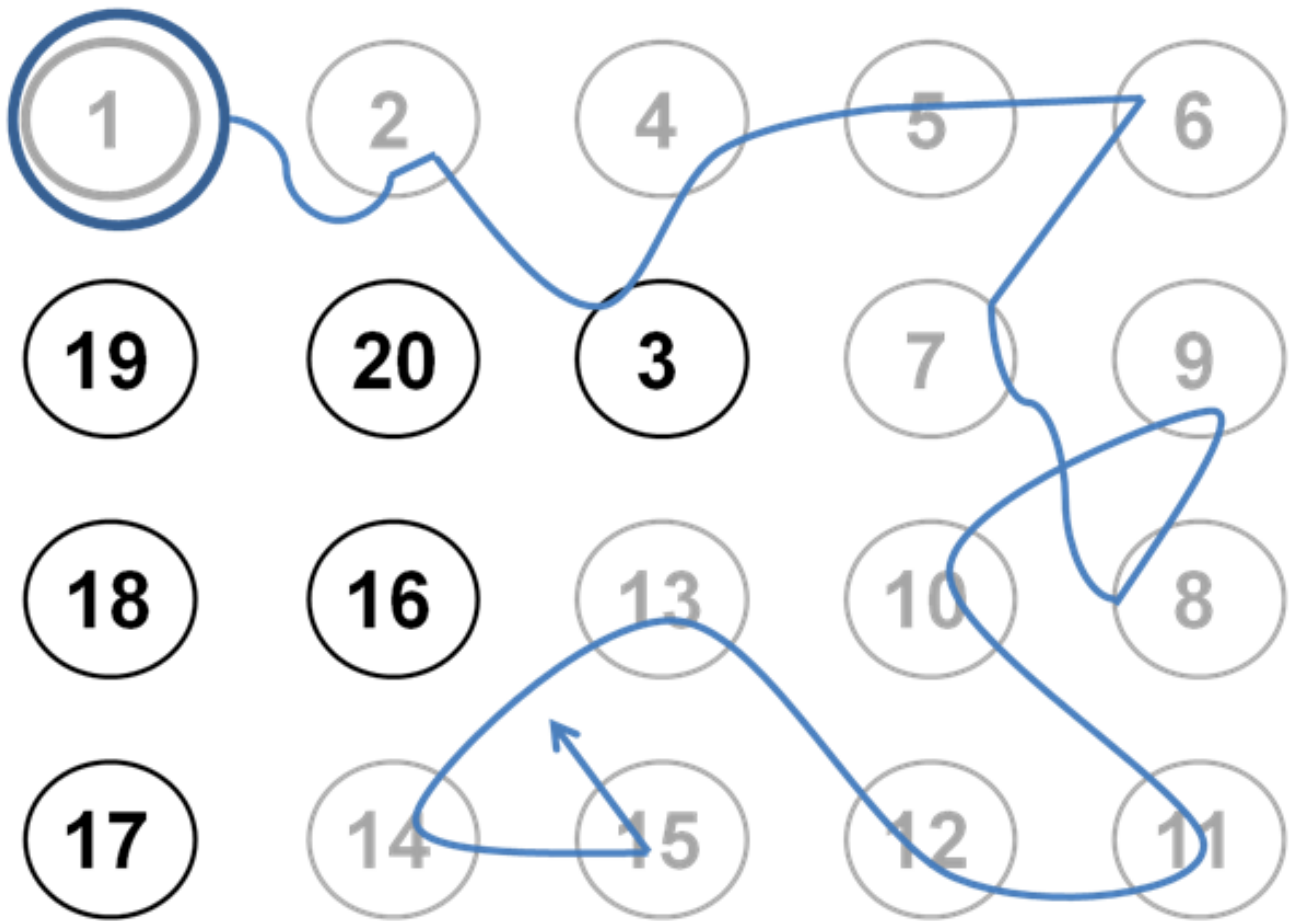
During assessment, no physical assistance or cueing was allowed. For each Physiomat measurement, the best performance of 2 trials was used for statistical analyses. Temporal (test duration in seconds) and spatial (sway path in mm/s, sway area in mm<sup>2</sup>/s) parameters have been documented as main study end points of assessment.

**Figure 1.** Physiomat including a three-dimensional moveable plate with integrated sensors for displacement measurement. It is connected with a computer and a monitor. Grab rails on each side ensure stability of the patients during training and assessment.

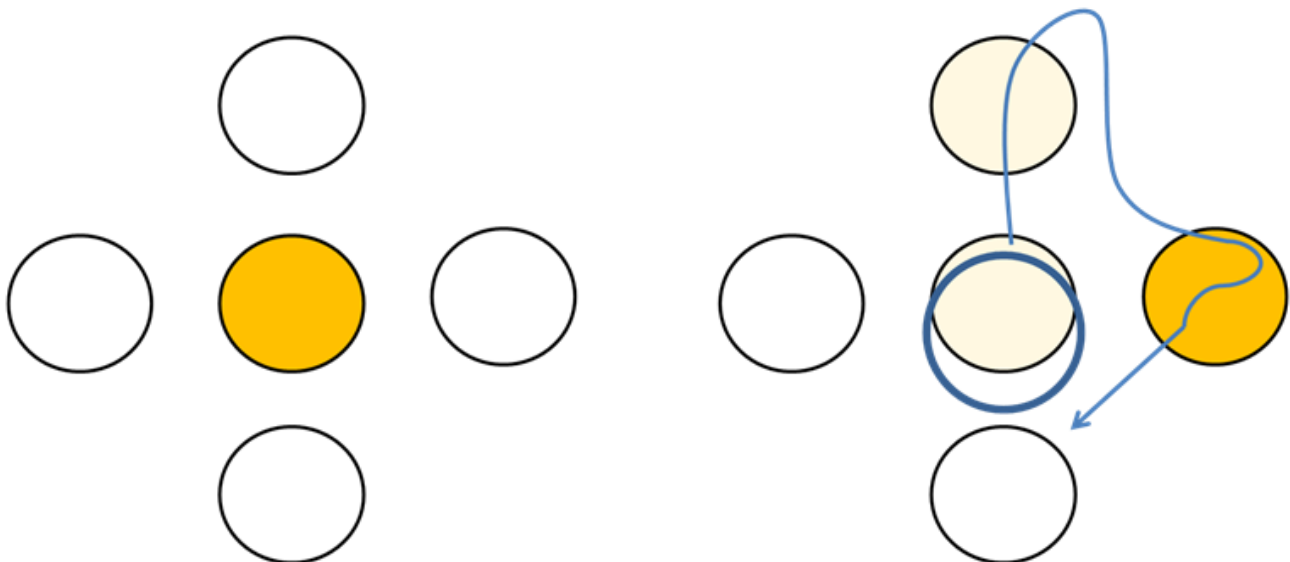
Furthermore, we documented the number of successfully performed Physiomat tasks for each measurement by doing dichotomous coding (1=successful; 0=not successful). Based on that we calculated a scoring for PTMT (PTMT score), for PBT (PBT score), and for the complete Physiomat assessment (total score) by summarizing the numerical codings. For PTMT score and PBT score, up to 3 points could be achieved for each as there were 3 levels (PTMTs: 4, 9, and 20 digits; PBTs: 3, 10, and 30 seconds) indicating that all complexity levels have been performed successfully. For the total score including all PTMTs, PBTs, and the FTBT, a maximum of 7 points could be achieved.



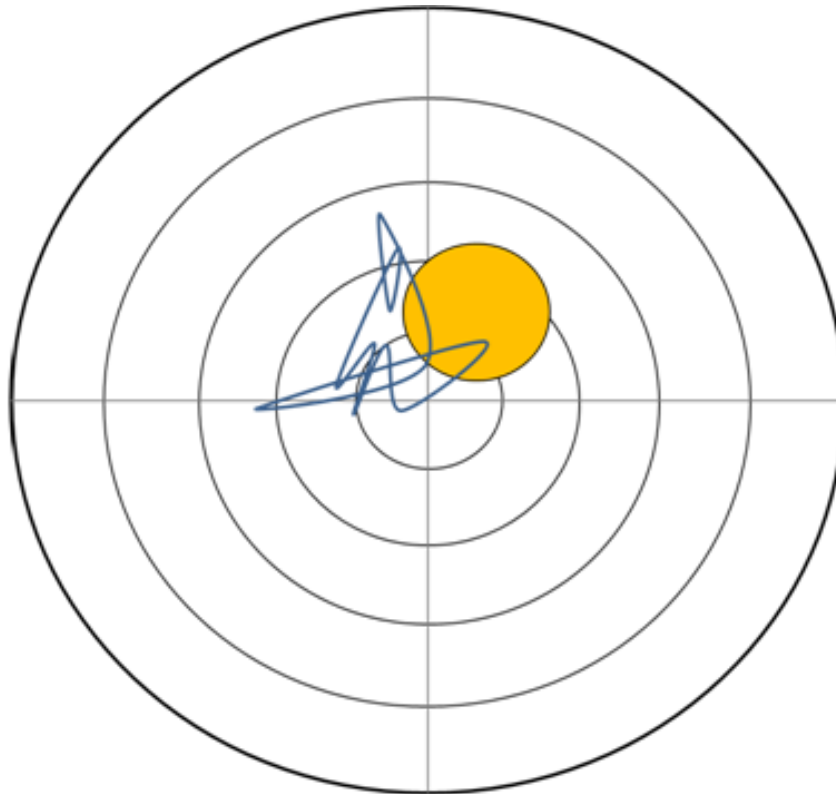
**Figure 2.** Example for complex Physiomat Trail-Making Task (PTMT). Participants were instructed to capture digits in correct order as fast as possible by shifting the weight to numbered targets.



**Figure 3.** Physiomat Follow-the-Ball Task (FTBT). Participants were instructed to follow a yellow ball during displacement of center of mass as fast as possible using the handles.



**Figure 4.** The Physiomat Balance Task (PBT). Participants were instructed to stand still on the plate and keep in the middle of a yellow target for 3, 10 and 30 seconds without using the grab rails.



### **Descriptive Measures**

Demographic and clinical characteristics including age, gender, education, social status (independent or institutionalized), number of falls in the previous year, and number of medications and diagnoses were documented. Psychological status was assessed by the Geriatric Depression Scale [40] for depressive symptoms and by the Falls Efficacy Scale-International (FES-I) [41] for fall-related self-efficacy. Motor-functional status was assessed by the Timed-Up and Go (TUG) [27] and performance-oriented mobility assessment (POMA) [42]. Cognitive status was screened by the MMSE [34].

The TUG, POMA, and MMSE were also used for validity analyses. The following tests were additionally used for testing construct validity: The simple Physiomat balance task (10 seconds) and the FTBT as Physiomat balance tests (Figures 3 and 4) and word list immediate recall [43] as a subset of the CERAD, the ZVT-G, and repeating numbers (ZN-G) [37].

### **Statistical Analysis**

Statistical analyses were performed on SPSS 22.0 for Windows. Descriptive data are presented as means and standard deviations (SD) or number and percentages (%) as appropriate. The Kolmogorov–Smirnov test and histograms were used to analyze distribution of data. In case data were not normally distributed, nonparametric tests were used in addition to parametric tests.

### **Construct Validity**

Spearman's rank correlations between temporal parameters (test duration in seconds) of simple, moderate, and complex PTMTs and theoretically related motor-functions, respectively, cognitive measures as described previously were calculated to test 8

predefined hypotheses [44,45]. The hypotheses are given in detail in Table 3. Our assumptions can be summarized briefly as follows:

Cognitive measures as MMSE and especially ZVT-G were expected to be associated with PTMTs because both motor-cognitive Physiomat tasks and the mentioned tests require multiple cognitive abilities. A higher correlation with ZVT-G was expected because both tests assess a similar construct where attentional abilities and executive functions are demanded. In comparison, cognitive instruments measuring domain-related cognitive functions such as memory abilities (immediate wordlist recall and number repeating) were expected to be less associated with PTMTs.

Established motor-functional assessments (TUG and POMA) measuring postural control and gait performance were expected to be associated with motor-cognitive Physiomat tasks as also balance performances are demanded in each of the tests. The FTBT was expected to be highly correlated with all PTMTs because both tasks are performed during weight shifting.

Regarding the complexity levels of motor-cognitive Physiomat tasks, we expected that complex PTMTs were strongly associated with cognitive measures and simple PTMTs with motor-functional outcomes because of an increasing cognitive challenge by accelerating complexity level.

### **Test–Retest Reliability**

Test–retest assessments were performed within 2-5 days by the same examiner to exclude interobserver variability. For test–retest analyses, Spearman's rank correlations were calculated according to Cohen's criteria [46] for low ( $r_s < .2$ ),

moderate ( $r_s = .2-.5$ ), or high ( $r_s > .5$ ) correlations. In addition, we used ICC coefficients using a 2-way mixed model [47]. For ICCs, 95% confidence intervals were given. ICCs were considered as low ( $ICC < .40$ ), moderate ( $.40 \leq ICC \leq .75$ ), or high ( $ICC > .75$ ) [48].

### Sensitivity to Change

To study the responsiveness of trained Physiomat tasks, we used baseline values of a RCT (ISRCTN37232817), which will be published in the near future. Progressive Physiomat training (10 minutes twice a week) in 47 participants was part of this comprehensive intervention (1.5 hours, twice a week for 10 weeks) in groups at the maximum of 7 participants including dual tasking (walking while counting) and training of compensatory sit to stand movement maneuvers to improve motor-cognitive abilities in people with dementia. Subjects of the control group ( $n=43$ ) underwent a supervised, unspecific motor-functional group training for 10 weeks (1 hour, twice a week) including low-intensity strength training and flexibility exercises for the upper limbs while seated. In this paper, only the results of the intervention group that conducted the Physiomat training as one part of the overall training program was used to document sensitivity to change.

Physiomat exercise sessions were composed of the FTBT introducing the participants to Physiomat and to provide relevant strategies of balance displacement. In addition, PTMTs were trained, and complexity level was gradually increased according to the capacity of each participant. Physiomat balance tasks were not part of the intervention and responsiveness analyses. The Wilcoxon test was applied to test sensitivity to change.

Effect sizes were calculated using standardized response means (SRMs) [44] according to Cohen's criteria (small effect  $< .2$ , moderate effect  $.2 \leq SRM < .5$ , and large effect  $.8$  and above) [46].

### Feasibility

To study feasibility of motor-cognitive (PTMTs) and motor-functional (PBT and FTBT) Physiomat measures, percentages of successfully completed tasks (completion rates), reasons of missing responses, and the mean completion time as measured by a stopwatch were documented. To assess safety of the participants, issues such as a slip or fall and any clinical events during testing were systematically documented.

It should be noted, that only 7 of 15 Physiomat tasks assessed for further analyses were used for validation purpose. Documentation of feasibility outcomes was related to the overall Physiomat assessment protocol, which additionally included a comprehensive instruction period and breaks between single performance levels for the frail, multimorbid, and cognitively impaired participants. Therefore, completion time with regard to the assessments to test feasibility will be overestimated.

## Results

### Participants' Characteristics

The study sample included 105 (mean age  $82.7 \pm 5.9$ ) multimorbid and cognitively impaired subjects living at home or in nursing homes. Further demographic and clinical characteristics are summarized in Table 1.

**Table 1.** Descriptive characteristics of the participants.<sup>a</sup>

Characteristics <sup>b</sup>	All participants N=105
Age (years), mean (SD)	82.7 (5.9)
Gender (female), n (%)	76 (72.4)
Education (years), mean (SD)	11.8 (2.9)
Social status (institutionalized), n (%)	31 (29.5)
Cognitive status MMSE <sup>b</sup> (sum score), mean (SD)	21.9 (2.8)
Depression GDS <sup>c</sup> (sum score), mean (SD)	2.8 (2.3)
Indicated depression (GDS score $>5$ ), n (%)	19 (18.1)
Number of falls, n (%)	49 (46.7)
Fear of falling FES-I <sup>d</sup> (sum score), mean (SD)	9.2 (2.8)
Number of diagnosis, mean (SD)	8.2 (4.1)
TUG <sup>e</sup> (test duration in seconds)	18.4 (11.3)
POMA <sup>f</sup> (total score)	22.3 (4.0)

<sup>a</sup> Given are sample size (N), mean and standard deviation (SD) or percentages (%) of the sample of all characteristics.

<sup>b</sup> MMSE: Mini-Mental-State Examination

<sup>c</sup> GDS: Geriatric Depression Scale

<sup>d</sup> FES-I: Falls Efficacy Scale International

<sup>e</sup> TUG: Timed Up and Go

<sup>f</sup> POMA: Performance-Oriented Mobility Assessment

We separated the validation measures into 3 assessment sessions (feasibility and construct validity analyses at baseline, sensitivity to change measures after the intervention, and test-retest reliability assessment within the subsequent 2-5 days) to prevent high test burden. Assessments for feasibility and construct validity analyses were not practicable for 6 of 105 subjects (5.7%) because of serious motor-functional disability (n=3), visual impairment (n=2), and fear of assessment using Physiomat (n=1). Sensitivity to change was assessed in 47 participants in a subsample of the intervention group (n=56) as 9 participants (16.1%) dropped out owing to physical limitations (n=3), noncompliance (n=5), and death (n=1). Test-retest reliability

could not be assessed in 31 of 105 participants (29.5%) because of physical limitations and pain (n=11), noncompliance (n=13), death (n=4), and increased visual impairment (n=3).

### Construct Validity

PTMTs have shown a high association with established cognitive paper-and-pencil tests (ZVT-G and MMSE) and moderate associations with motor-functional instruments (TUG and POMA) indicating a good construct validity of motor-cognitive Physiomat outcomes. Correlations between simple, moderate, and complex PTMTs and cognitive as well as motor-functional paper-and-pencil tests are illustrated in [Table 2](#).

**Table 2.** Construct validity of motor-cognitive Physiomat tasks.<sup>a</sup>

Test	Variable (unit)	Simple PTMT <sup>b</sup> ( <i>P</i> value)	Moderate PTMT ( <i>P</i> value)	Complex PTMT ( <i>P</i> value)
FTBT <sup>c</sup>	Duration (time in seconds)	.68 <sup>d</sup> ( <i>P</i> ≤ .001)	.71 <sup>d</sup> ( <i>P</i> ≤ .001)	.61 <sup>d</sup> ( <i>P</i> ≤ .001)
PBT <sup>e</sup> 10 sec.	sway path (mm/second)	0.11 <sup>f</sup> ( <i>P</i> = .31)	−0.03 <sup>f</sup> ( <i>P</i> = .79)	−0.34 <sup>g</sup> ( <i>P</i> = .10)
POMA <sup>h</sup>	Total score	−0.22 <sup>g</sup> ( <i>P</i> = .03)	−0.40 <sup>g</sup> ( <i>P</i> ≤ .001)	0.08 <sup>f</sup> ( <i>P</i> = .71)
TUG <sup>i</sup>	Duration (time in seconds)	0.22 <sup>g</sup> ( <i>P</i> = .03)	0.48 <sup>g</sup> ( <i>P</i> ≤ .001)	0.19 <sup>f</sup> ( <i>P</i> = .35)
MMSE <sup>j</sup>	Total score	0.29 <sup>g</sup> ( <i>P</i> = .004)	0.35 <sup>g</sup> ( <i>P</i> = .002)	0.66 <sup>d</sup> ( <i>P</i> ≤ .001)
ZVT-G <sup>k</sup>	Duration (time in s)	0.36 <sup>g</sup> ( <i>P</i> ≤ .001)	0.44 <sup>g</sup> ( <i>P</i> ≤ .001)	0.83 <sup>d</sup> ( <i>P</i> ≤ .001)
ZN-G <sup>l</sup>	Total score	−0.25 <sup>g</sup> ( <i>P</i> = .02)	−0.19 <sup>f</sup> ( <i>P</i> = .12)	−0.22 <sup>g</sup> ( <i>P</i> = .30)
Wordlist immediate recall	Number of quoted words	−0.33 <sup>g</sup> ( <i>P</i> = .004)	−0.42 <sup>g</sup> ( <i>P</i> = .04)	−0.16 <sup>f</sup> ( <i>P</i> = .12)

<sup>a</sup> Given are Spearman's rank correlations ( $r_s$ ) between simple (4 numbers), moderate (9 numbers), and complex (20 numbers) PTMTs and motor-functional (FTBT, moderate PBT, POMA, and TUG) and cognitive outcomes (MMSE, ZVT-G, ZN-G and wordlist immediate recall).

<sup>b</sup> Physiomat Trail-Making Task

<sup>c</sup> FTBT: Follow-The-Ball Task

<sup>d</sup> High correlation ( $r_s > .5$ )

<sup>e</sup> PBT: Physiomat-Balance-Task

<sup>f</sup> Low correlation ( $r_s < .2$ )

<sup>g</sup> Moderate correlation ( $.2 \geq r_s \leq .5$ )

<sup>h</sup> POMA: performance-oriented mobility assessment

<sup>i</sup> TUG: Timed Up and Go

<sup>j</sup> MMSE: Mini-Mental-State Examination

<sup>k</sup> ZVT-G: modified version of the Trail-Making-Test A

<sup>l</sup> ZN-G: repeating numbers

Correlations between measures assessing motor-functional performances (TUG, POMA, FTBT, moderate PBT—10 seconds) and PTMTs were low to high ( $r_s = -.03-.71$ ). Highest correlations ( $P \leq .001$ ) were found for duration of FTBT ( $r_s = .61-.71$ ). Correlations with PBT, POMA, and TUG were low to moderate ( $r_s = -.03$  to .48). Highest correlations with cognitive outcomes ( $P \leq .001$ ) were found between complex PTMT and MMSE ( $r_s = .66$ ) and ZVT-G ( $r_s = .83$ ). Correlations

with instruments measuring memory skills were low to moderate (ZN-G:  $r_s = -.19$  to  $-.25$ ; wordlist immediate recall:  $r_s = -.16$  to  $-.42$ ).

Construct validity assessed by testing 8 a priori hypotheses is presented in [Table 3](#). Except hypothesis number 8, all assumptions could be confirmed (87.5%) for PTMTs regarding temporal parameters (time in seconds) indicating excellent construct validity [45].

**Table 3.** Results of 8 predefined hypotheses.

No.	Hypothesis <sup>a</sup>	Hypothesis confirmed?
Expected associations with cognitive outcome measures		
1	We expected moderate-to-high associations between PTMTs <sup>b</sup> and MMSE <sup>c</sup> as both assessments measure multiple cognitive functions.	Yes
2	We expected more pronounced associations between PTMTs and ZVT-G <sup>d</sup> as both assessments measure a similar construct where particularly attentional abilities are demanded.	Yes
3	We expected moderate associations between PTMTs and memory tests as both cognitive tests would cover different cognitive subperformances as compared with PTMTs.	Yes
4	We expected higher associations of cognitive outcome measures with increasing complexity of PTMTs as for difficult Physiomat levels cognitive demands may predominate.	Yes (except ZN-G <sup>e</sup> )
Expected associations with motor-functional outcome measures		
5	We expected associations between PTMTs and TUG <sup>f</sup> as well as POMA <sup>g</sup> as also balance performances are demanded in each of the assessments, although not comparable in type of assessment.	Yes
6	We expected pronounced associations between PTMTs and FTBT <sup>h</sup> as FTBT is a preliminary Physiomat training task requiring similar strategies of balance performances.	Yes
7	We expected a less association between PTMTs and the moderate PBT <sup>i</sup> (10 seconds) as this Physiomat task requires a different strategy of balance performance.	Yes
8	We expected higher associations of motor-functional outcomes with decreasing complexity of PTMTs as for simple Physiomat levels motor-functions demands may predominate.	No

<sup>a</sup> Hypotheses are given for Spearman's rank correlations between PTMTs, motor-functional outcomes (hypotheses 5-8), and cognitive outcomes (hypotheses 1-4) of selected comparison measurement instruments.

<sup>b</sup> PTMT: Physiomat Trail-Making Task

<sup>c</sup> MMSE: Mini-Mental-State Examination

<sup>d</sup> ZVT-G: modified version of the Trail-Making-Test A

<sup>e</sup> ZN-G: repeating numbers

<sup>f</sup> TUG: Timed Up and Go

<sup>g</sup> POMA: performance-oriented mobility assessment

<sup>h</sup> FTBT: Follow-The-Ball Task

<sup>i</sup> PBT: Physiomat-Balance Task

### Test–Retest Reliability

For almost all outcomes of Physiomat measures and for requirement level concerning all Physiomat tasks (total, PBT,

and PTMT score) moderate-to-high correlations between test and retest assessment were found indicating good to excellent test–retest reliability (Tables 4 and 5).

**Table 4.** Test–retest results of all Physiomat tasks and requirement level (Spearman's rank correlations).

Test	Variable (unit)	N	Mean (SD) Test	Mean (SD) Retest	$r_s$	<i>P</i> value
PBT <sup>a</sup> 3 Sec						
	Sway path (mm/second)	71	134.4 (83.9)	120.6 (84.1)	.48 <sup>b</sup>	≤.001
	Sway area (mm <sup>2</sup> /second)		627.7(1311.3)	534.7(1289.1)	.45 <sup>b</sup>	≤.001
PBT 10 Sec						
	Sway path (mm/second)	68	571.3 (312.2)	568.7 (292.6)	.68 <sup>c</sup>	≤.001
	Sway area (mm <sup>2</sup> /second)		654.5 (1164.8)	627.7 (1120.2)	.60 <sup>c</sup>	≤.001
PBT 30 Sec						
	Sway path (mm/second)	61	1719.3 (1020.5)	1589.8 (844.1)	.78 <sup>c</sup>	≤.001
	Sway area (mm <sup>2</sup> /second)		750.2 (1729.2)	563.7 (1015.2)	.75 <sup>c</sup>	≤.001
FTBT <sup>d</sup>						
	Sway path (mm/second)	73	3449.1 (1044.2)	3269.1 (1005.5)	.74 <sup>c</sup>	≤.001
	Duration (time in seconds)		20.9 (5.4)	21.2 (6.8)	.69 <sup>c</sup>	≤.001
Simple PTMT <sup>e</sup>						
	Sway path (mm/second)	73	1883.7 (558.5)	1774.7 (343.4)	.59 <sup>c</sup>	≤.001
	Duration (time in seconds)		8.2 (2.8)	8.2 (2.9)	.60 <sup>c</sup>	≤.001
Moderate PTMT						
	Sway path (mm/second)	69	3722.3 (910.9)	3630.9 (923.8)	.78 <sup>c</sup>	≤.001
	Duration (time in seconds)		20.8 (5.9)	19.9 (6.2)	.74 <sup>c</sup>	≤.001
Complex PTMT						
	Sway path (mm/second)	47	8319.4 (2220.8)	8111.1 (2170.9)	.80 <sup>c</sup>	≤.001
	Duration (time in seconds)		51.0 (16.2)	49.1 (16.7)	.87 <sup>c</sup>	≤.001
Total Score		74	6.3 (1.1)	6.3 (1.1)	.89 <sup>c</sup>	≤.001
PTMT Score		74	2.6 (0.6)	2.6 (0.6)	.89 <sup>c</sup>	≤.001
PBT Score		74	2.8 (0.7)	2.7 (0.7)	.87 <sup>c</sup>	≤.001

<sup>a</sup> PBT: Physiomat-Balance Tasks

<sup>b</sup> moderate correlation ( $.2 \geq r_s \leq .5$ )

<sup>c</sup> high correlation ( $r_s > .5$ )

<sup>d</sup> FTBT: Follow-The-Ball Task

<sup>e</sup> PTMT: Physiomat Trail-Making Task

Regarding Spearman's rank correlations reliability for the total sample was moderate to high ( $r_s=.45-.89$ ) for all variables. Highest correlations were found for sway path ( $r_s=.80$ ) and duration ( $r_s=.86$ ) of the complex PTMT as well as for requirement level (total score  $r_s=.89$ ; PTMT score  $r_s=.89$ ; and

PBT score  $r_s=.87$ ). Moderate correlations were only found for sway path ( $r_s=.48$ ) and sway area ( $r_s=.45$ ) of the simple PBT (3 seconds). Overall, it could be observed that correlations increased with the duration of PBT and the complexity of PTMT.

**Table 5.** Test–retest results of all Physiomat tasks and requirement level (ICCs<sup>a</sup>).

Test	Variable (unit)	N	Mean (SD) Test	Mean (SD) Retest	ICC (95%CI)	P value
<b>S</b>						
	Sway path (mm/second)	71	134.4 (83.9)	120.6 (84.1)	.50 <sup>b</sup> (.30-.66)	≤.001
	Sway area (mm <sup>2</sup> /seconds)		627.7 (1311.3)	534.7 (1289.1)	.73 <sup>b</sup> (.59-.82)	≤.001
<b>PBT<sup>c</sup> 10 Sec</b>						
	Sway path (mm/second)	68	571.3 (312.2)	568.7 (292.6)	.66 <sup>b</sup> (.50-.78)	≤.001
	Sway area (mm <sup>2</sup> /s)		654.5 (1164.8)	627.7 (1120.2)	.57 <sup>b</sup> (.38-.71)	≤.001
<b>PBT 30 Sec</b>						
	Sway path (mm/seconds)	61	1719.3 (1020.5)	1589.8 (844.1)	.73 <sup>b</sup> (.59-.83)	≤.001
	Sway area (mm <sup>2</sup> /seconds)		750.2 (1729.2)	563.7 (1015.2)	.32 <sup>d</sup> (.08-.53)	.005
<b>FTBT<sup>e</sup></b>						
	Sway path (mm/second)	73	3449.1 (1044.2)	3269.1 (1005.5)	.84 <sup>f</sup> (.76-.89)	≤.001
	Duration (time in seconds)		20.9 (5.4)	21.2 (6.8)	.79 <sup>f</sup> (.68-.86)	≤.001
<b>Simple PTMT<sup>g</sup></b>						
	Sway path (mm/second)	73	1883.7 (558.5)	1774.7 (343.4)	.47 <sup>b</sup> (.27-.63)	≤.001
	Duration (time in seconds)		8.2 (2.8)	8.2 (2.9)	.55 <sup>b</sup> (.37-.69)	≤.001
<b>Moderate PTMT</b>						
	Sway path (mm/second)	69	3722.3 (910.9)	3630.9 (923.8)	.74 <sup>b</sup> (.61-.82)	≤.001
	Duration (time in seconds)		20.8 (5.9)	19.9 (6.2)	.79 <sup>f</sup> (.68-.87)	≤.001
<b>Complex PTMT</b>						
	Sway path (mm/second)	47	8319.4 (2220.8)	8111.1 (2170.9)	.82 <sup>f</sup> (.69-.89)	≤.001
	Duration (time in seconds)		51.0 (16.2)	49.1 (16.7)	.83 <sup>f</sup> (.72-.91)	≤.001
<b>Total score</b>						
	Score	74	6.3 (1.1)	6.3 (1.1)	.92 <sup>f</sup> (.88-.95)	≤.001
<b>PTMT score</b>						
	Score	74	2.6 (0.6)	2.6 (0.6)	.90 <sup>f</sup> (.85-.94)	≤.001
<b>PBT score</b>						
	Score	74	2.8 (0.7)	2.7 (0.7)	.89 <sup>f</sup> (.84-.93)	≤.001

<sup>a</sup> ICC: intraclass correlations

<sup>b</sup> moderate ICC (.40 ≤ ICC ≤ .75)

<sup>c</sup> PBT: Physiomat-Balance Tasks

<sup>d</sup> Low ICC (< .40)

<sup>e</sup> FTBT: Follow-The-Ball Task

<sup>f</sup> high ICC (ICC > .75)

<sup>g</sup> PTMT: Physiomat Trail-Making Task

Regarding ICCs, moderate-to-high test–retest reliability (ICC=.47-.92) was found for almost all variables. Only sway path of the complex Physiomat balance task (30 seconds) was

below the threshold of moderate reliability (ICC <.40). High ICCs were found for sway path (ICC=.82) and duration (ICC=.84) of not only the complex PTMT and for requirement



level (total score ICC=.92; PTMT score ICC=.90; PBT score ICC=.89) but also for the duration of the moderate PTMT (ICC=.79). ICCs increase with complexity level of PTMT. For sway path (ICC=.84) and duration (ICC=.79) of FTBT, high correlations were proven, too.

Spearman's correlations and ICCs were all significantly different from zero at a.01 level ( $P \leq .001$ ).

To examine potential influence of deviating subsamples in different conditions (larger sample in simple condition, selection to high functioning participants in more complex conditions) on test–retest reliability, we conducted a subsequent test–retest analysis of 47 participants, which successfully conducted all complexity levels (Table 6).

**Table 6.** Subanalysis of test–retest reliability of motor-cognitive Physiomat tasks.

Test	Variable (unit)	N <sup>a</sup>	Mean (SD) Test	Mean (SD) Retest	ICC (95%CI)	P value
Simple PTMT <sup>b</sup>						
	Sway path (mm/second)	47	1799.9 (417.6)	1793.1 (313.9)	.36 <sup>c</sup> (.09-.59)	.006
	Duration (time in seconds)		7.3 (2.2)	7.5 (2.5)	.44 <sup>d</sup> (.18-.64)	.001
Moderate PTMT						
	Sway path (mm/second)	47	3660.4 (675.4)	3602.8 (674.5)	.75 <sup>d</sup> (.59-.85)	$\leq .001$
	Duration (time in seconds)		19.2 (4.2)	18.6 (4.3)	.79 <sup>e</sup> (.66-.88)	$\leq .001$
Complex PTMT						
	Sway path (mm/second)	47	8392.7 (2248.3)	8204.9 (2145.3)	.81 <sup>e</sup> (.69-.89)	$\leq .001$
	Duration (time in seconds)		51.0 (16.2)	49.1 (16.7)	.84 <sup>e</sup> (.72-.91)	$\leq .001$

<sup>a</sup> Subanalysis of test–retest reliability was conducted in a subsample of 47 participants, which successfully conducted all complexity levels of PTMTs.

<sup>b</sup> PTMT: Physiomat Trail-Making Task

<sup>c</sup> Low ICC ( $< .40$ )

<sup>d</sup> Moderate ICC ( $.40 \leq \text{ICC} \leq .75$ )

<sup>e</sup> High ICCs ( $\text{ICC} > .75$ )

Results are comparable to the results of the nonselected group. Moderate-to-high test–retest reliability (ICC=.44-.84) was found for almost all variables. Only sway path of the simple PTMT was below the threshold of moderate reliability (ICC<.40). ICCs also increase with complexity level of PTMT.

### Sensitivity to Change

All trained Physiomat tasks (FTBT and PTMTs) showed significant improvements indicating good-to-excellent sensitivity to change. Results of the Wilcoxon test and effects sizes (SRMs) are outlined in Table 7.

**Table 7.** Sensitivity to change for trained Physiomat tasks.

Test	Variable (unit)	N	Mean (SD) T1 – before intervention period	Mean (SD) T2 – after intervention period	<i>P</i> value <sup>a</sup>	SRM <sup>b</sup>
FTBT <sup>c</sup>						
	Sway path (mm/second)	47	4356.5 (3064.8)	3135.4 (569.6)	≤.001	0.4 <sup>d</sup>
	Duration (time in seconds)		19.3 (4.6)	18.6 (4.3)	≤.001	0.7 <sup>e</sup>
Simple PTMT <sup>f</sup> (4 numbers)						
	Sway path (mm/second)	45	2944.3 (4597.5)	1732.5 (307.3)	≤.001	0.3 <sup>d</sup>
	Duration (time in seconds)		17.6 (21.9)	7.2 (1.9)	≤.001	0.5 <sup>e</sup>
Moderate PTMT (9 numbers)						
	Sway path (mm/second)	37	4296.5 (1482.6)	3472.5 (643.1)	≤.001	0.7 <sup>e</sup>
	Duration (time in seconds)		28.6(10.6)	18.5(4.1)	≤.001	1.1 <sup>g</sup>
Complex PTMT (20 numbers)						
	Sway path (mm/second)	14	8361.7 (2269.5)	6850.6 (1341.2)	.01	0.8 <sup>e</sup>
	Duration (time in seconds)		57.6 (11.7)	37.5 (7.8)	.001	2.0 <sup>g</sup>
PTMT Score		47	2.0 (0.8)	2.8 (0.6)	≤.001	1.1 <sup>g</sup>

<sup>a</sup>*P* values for Wilcoxon test applied to test differences between T1 and T2.

<sup>b</sup> SRM: standardized response mean (difference between the mean scores at assessments, divided by the mean scores of the standard deviation).

<sup>c</sup> FTBT: Follow-The-Ball Task

<sup>d</sup> Small effect size (SRM=0.2-0.5)

<sup>e</sup> Moderate effect size (SRM=0.5-0.8)

<sup>f</sup> PTMT: Physiomat Trail-Making Task

<sup>g</sup> Large effect size (SRM >0.8)

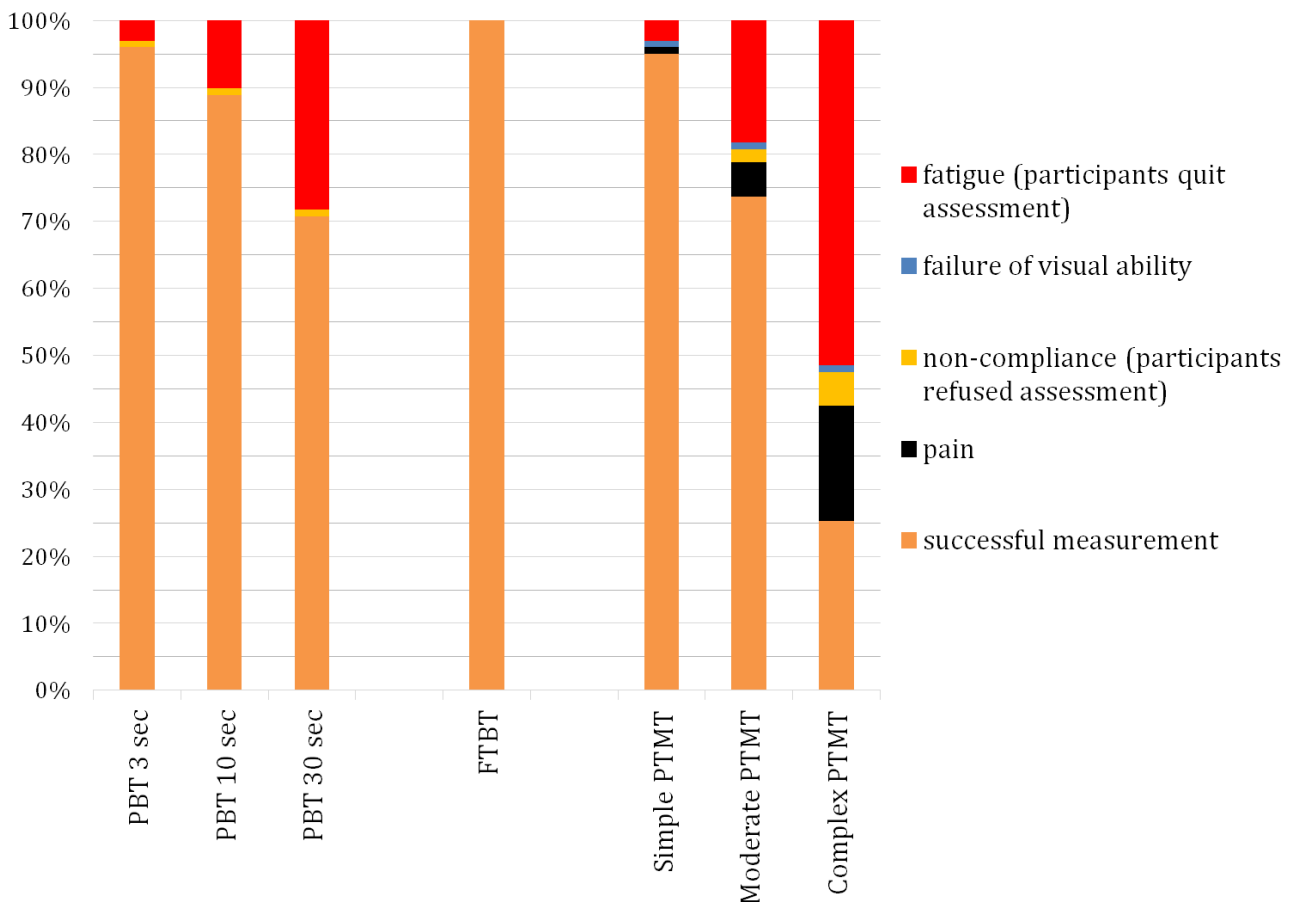
Results showed significant changes ( $P \leq .001$ ) of both spatial and temporal parameters of PTMTs and the FTBT after a 10-week Physiomat intervention (twice a week/10 minutes). Large effect sizes were evident especially for duration (SRM=2.0) of complex PTMT and moderate PTMT (SRM=1.1). There were also significant changes ( $P \leq .001$ ) for requirement level concerning motor-cognitive Physiomat tasks (PTMT score) with a large effect size (SRM=1.1).

### Feasibility

Physiomat assessment was found to be practicable by frail, old, and multimorbid persons with mild to moderate-stage dementia. There were no clinical events, slips, or falls during training or assessment. A total of 99 of 105 participants (94.3%) could be tested at baseline. Five subjects could not be assessed due to severe motor-functional (hemiparesis) and visual (blindness)

limitations. Willingness of the participants to attend to the computerized Physiomat assessment was excellent, and only 1 very frail and fearful person refused assessment.

Duration of assessment averaged 25.8 minutes (range: 6-55 minutes). No technical problems in assessing and analyzing the data occurred. Results of response rates are illustrated in Figure 5. For most of the participants, PBT (3, 10, and 30 seconds) was feasible. 30 of 99 subjects (30.3%) could not execute the complex PBT (30 seconds) because of self-reported fatigue. All participants could perform the FTBT. Regarding the motor-cognitive Physiomat tasks, 94 of 99 participants (94.9%) could conduct the simple, 73 subjects (73.7%) the moderate and 25 subjects (25.3%) the complex PTMT. Reasons for discontinuation were also predominantly fatigue reported by almost half of the participants (51.5%) followed by pain (17.2%) and by noncompliance (5.1%).

**Figure 5.** Feasibility analysis including response rates during a consecutive Physiomat assessment.

## Discussion

### Principal Findings

In this study, we validated an internal assessment approach of a game-based training device (Physiomat) to obtain a reliable and valid feedback of motor-cognitive abilities during gameplay. In contrast to recent studies focusing on computerized game-based assessments, which often conducted only reliability and validity analyses, we investigated multiple psychometric properties to allow a more comprehensive evaluation of the methodological quality of the assessment tested. In this study, validation was performed in frail, older persons with mild-to-moderate dementia who had not been addressed in most previous validation studies. Despite the crucial problems to assess persons with dementia [49], results indicated good construct validity, test-retest reliability, sensitivity to change, and feasibility of the tested device.

### Construct Validity

In this study, construct validity was analyzed by testing 8 a priori hypotheses. For this purpose, Spearman's rank correlations between temporal parameters (test duration in seconds) of simple, moderate, and complex PTMTs and theoretically related motor-functional as well as cognitive measures were calculated. Almost all predefined hypotheses could be confirmed indicating a good construct validity of Physiomat assessment.

Expected higher correlations of cognitive instruments with increasing complexity of PTMTs were found for all cognitive outcome measures except the ZN-G. Correlations with ZN-G and wordlist immediate recall were partly not significant. As highest correlations were found between the complex PTMT and ZVT-G, more difficult motor-cognitive tasks seem to be associated with increased cognitive demands especially including attentional abilities and information processing. These results showed that particularly domain-related cognitive functions could rather be assessed when participants perform more complex PTMTs.

To our knowledge, there are no studies including cognitively impaired participants that investigated the relationship between interactive computerized assessment strategies comparable to Physiomat and cognitive test batteries, which do not use technological devices, although game-based assessments require a combination of motor and cognitive abilities. Expected higher associations of motor-functional instruments with decreasing complexity of PTMTs could not have conclusively identified for all tests (Table 2). Except the Physiomat balance task, highest correlations of motor-functional tests (FTBT, TUG, and POMA) were actually found with moderate and simple PTMTs, and expected lowest associations between complex PTMTs and TUG as well as POMA were not significant. However, when balance performances are challenged, rather an additional complex cognitive task than a simple or moderate task may require a higher level of attention in patients with dementia, which leads to a decrease in postural control. A previous study

[50] found a further decline of up to 15% in postural control during a more complex task in a cognitively impaired sample. Although findings were not significant, which might be due to a small study sample, balance performances seem to be determined by the complexity level of additional cognitive tasks, which could explain stronger correlations between motor-functional outcome measures and easier levels of PTMTs in our study.

We could not find any studies that have investigated the relationship between interactive assessment methods and established motor tests in people with dementia. Therefore, the comparability of our results with recent validity studies is limited. One study [20] examined associations of the Wii Balance Board and clinical tests in patients after stroke. The study could show moderate Spearman's correlations ( $r_s = -0.57$ ) between a Wii Balance Board dynamic balance task measuring shifting of body weight to follow a visual feedback target and the TUG, which is comparable to our findings. A further study examining the association of TUG scores and different levels of a computer-based balance board test using the Biodex Balance System in healthy adults (mean age  $48.9 \pm 15.4$ ) showed stronger associations between relatively easy levels of machine-based assessments and manual balance tests [51]. In this study, an assessed stability index on the Biodex Balance System indicating the degree of body movement during the balance test was highly correlated with TUG scores especially at relatively easy Biodex Balance System levels (higher stability of the foot platform). This is comparable to our results including higher correlations between the simple and moderate PTMTs (less digits to connect/less path of movement) and TUG. Significant stronger associations with relatively easy tasks (simple and moderate PTMT) indicate that the assessment of balance performance using motor-cognitive Physiomat tasks should be conducted at a simple or moderate level.

### **Test–Retest Reliability**

Almost all Physiomat outcome measures showed moderate-to-high correlations between test and retest assessment indicating good test–retest reliability. Both temporal (speed of task performance) and spatial (accuracy of task performance) parameters of Physiomat tasks showed similar test–retest reliability. These findings are comparable to results of test–retest analyses of temporal (time used to complete the test) and spatial (the extent of the path moved by the COP during the test) variables of different dynamic balance tasks using a force platform with visual biofeedback in nondemented female nursing home residents [23].

Most previous studies excluded patients with dementia. Exclusion might be based on the assumptions that cognitively impaired persons show an increasing variability of test performance due to illness-related symptoms such as attentional deficits, inability to follow instructions, and impaired executive function. Such dementia-related characteristics challenge an accurate assessment and substantially restrict the reproducibility of specific performances (eg, [52,53]). The only study we found including persons with Alzheimer's disease showed similar results [33] analyzing test–retest reliability for temporal (reaction

time) and spatial (maximum excursion during test performance) variables.

Regarding test–retest reliability of motor-cognitive Physiomat tasks (PTMTs), we found an association between the complexity level and reproducibility. Spearman's rank correlations and ICCs were lower for simple PTMT compared with moderate and complex motor-cognitive tasks. We could exclude effects of deviating subsamples in different conditions (larger sample in simple condition, selection to high functioning participants in more complex conditions) by subsequent statistical test–retest analyses of 47 participants that successfully conducted all complexity levels. Results of subanalyses confirmed results of the nonselected group as ICCs were lower for simple PTMT compared with moderate and complex motor-cognitive tasks. Referring to this, we suggest a task-specific learning effect from simple to complex PTMTs, which may have led to smaller test performance variability and increased reproducibility regarding complex tasks. Such task-specific learning effects from simple to complex tasks have been reported by Lezak et al [54] attributed to the results of Oliveira et al [55]. The scientists argued that during an initial test, strategies to manage the task might have been developed, which facilitate performing subsequent tasks [54]. Such training mechanisms might have contributed to more reliable test results of complex PTMT in this study, as participants may have felt easier, and more competent in executing the tasks while gaining confidence and stability in performance by prolonged testing.

### **Sensitivity to Change**

Sensitivity to change was good to excellent for Physiomat assessment as it reproduced significant improvements regarding all trained Physiomat tasks (FTBT as well as simple, moderate, and complex PTMTs) after a 10-week (twice a week/10 minutes) intervention period. In this study, temporal parameters of PTMTs and FTBT appeared to be more sensitive to change, as effect sizes of test duration (time) were larger than those of accuracy (sway path). Differences might be the result of the test instruction to “perform the FTBT and the PTMTs as fast—not as accurate—as possible,” which focused on speed rather than accuracy of action. Results refer to a “speed-accuracy tradeoff” also reported in an intervention study [56] showing that participants were able to navigate quicker through a test path to measure foot placement but suffered the loss of accuracy after dance video game training. Results may also be influenced by variance of measurement as spatial outcomes showed higher SD compared with temporal outcomes leading to smaller effect sizes.

The complexity level of PTMTs seems to be relevant for responsiveness of Physiomat assessment. Whereas participants showed significant changes with low to high effect sizes in simple and moderate PTMTs, highest effect sizes were found under more challenging conditions (complex PTMT). Results confirmed previous findings from our research group in patients with dementia that more challenging tasks showed higher training gains, in case challenging tasks were still feasible for participants [57]. It is the very large effect sizes documented in highly trained outcomes representing the maximal potential change to be achieved, which are of paramount methodological

interest in this study. These large effect sizes indicated the excellent sensitivity to change for the Physiomat assessment. Results supported the task-specific assessment approach as developed for the computerized game-based training and assessment program to document task-specific training gains.

### Feasibility

Physiomat assessment was feasible even in an old and frail sample with mild-to-moderate dementia. Willingness of the participants to attend in the computerized game-based Physiomat assessment was excellent as only 1 very frail subject, who expressed fear, refused assessment. Results were in line with other reports in force platform-based assessment strategies that are comparable with Physiomat measures, which indicated adequate participation in machine-based computerized tests [58] and a high response rate in patients with dementia [33].

In this present study, all subjects could cope with the FTBT, and most participants could perform lower complexity levels of simple and moderate PBTs and simple and moderate PTMTs. As expected, response rate of the complex tasks was lower based on the higher request on motor-cognitive performance. According to the participants' reports, fatigue based on motor-functional or cognitive limitations was the primary reason for discontinuation. Unfortunately, based on the participants' reports, we could not further specify results. Report of fatigue may have been caused by advanced motor impairment and frailty in the study sample or by psychological mechanisms. Previous results of the working group documented that repressive coping strategies or denial of events were significantly associated with inadequate reports on anxiety-related events such as falls in old age [59]. As denial is distinctive of types of dementia [60], we supposed that repressive coping strategy may have led to underreporting of cognitive limitations causing fatigue.

Completion time of Physiomat assessment averaged 25.8 minutes for the comprehensive Physiomat test protocol including a detailed and clear instruction, several trials and breaks between single tasks, and performance levels. As in the original test protocol, more than 3 tasks (simple, moderate, and complex PTMTs) as documented in this validation study were assessed and the completion time to perform those will be substantially

reduced. Time to complete ranged from 6 to 55 minutes because of a large heterogeneity of the participants with respect to motor-functional and cognitive status. Completion time of a variety of noninteractive computer-based cognitive tests or batteries to assess or detect age-related changes in cognition ranged from 15 to 60 minutes [61]. Time to complete assessments that is directly comparable to the presented Physiomat measures such as force platform-based assessments [23,33] was not mentioned in the papers.

Participants' safety was a clear focus in this study as training and assessment was tightly supervised, and clear and brief instructions were provided. As a result, all Physiomat tasks included in the study could be performed safely in this challenging sample of cognitively impaired older adults as no clinical events, falls, and slips could be documented. Safety outcomes are in line with a comparable study examining test-retest reliability of a force platform assessment in people with dementia [33].

### Limitations

Increasing complexity levels in different task conditions led to decreasing sample sizes for each condition. Although we confirmed results of the whole group in the subsample of persons who participated in all test, comparability of psychometric quality may be influenced by slight change of samples between conditions.

### Conclusions

Study results confirm good-to-excellent psychometric quality of an internal assessment approach using quantitative data derived from a computerized game-based training program (Physiomat) in frail persons with mild-to-moderate stage of dementia. This approach provides quantitative parameters that relate to identical and integrated performances trained by using Physiomat and are therefore direct marker of motor-cognitive Physiomat training tasks. Physiomat assessment may represent an evaluation strategy to document game performances and training-associated effects in a rapidly increasing research field including serious games, virtual reality, and machine-based, computerized training.

### Acknowledgments

The study was supported by the Robert Bosch Foundation, the Network of Aging Research (NAR) at the University of Heidelberg, and the Dietmar Hopp Foundation. We kindly thank M. Günther for her assistance in training and supervising participants and S. Schnaidt, and O. Schilling for supporting statistical analysis. J. Lautenschläger (EPL engineering, Physiomat) is acknowledged for technical support during the study and cooperation in the development of the training program.

### Conflicts of Interest

None declared.

### References

1. Zmily A, Mowafi Y, Mashal E. Study of the usability of spaced retrieval exercise using mobile devices for Alzheimer's disease rehabilitation. *JMIR Mhealth Uhealth* 2014;2(3):e31 [FREE Full text] [doi: [10.2196/mhealth.3136](https://doi.org/10.2196/mhealth.3136)] [Medline: [25124077](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25124077/)]
2. Lim FS, Wallace T, Luszcz MA, Reynolds KJ. Usability of tablet computers by people with early-stage dementia. *Gerontology* 2013;59(2):174-182. [doi: [10.1159/000343986](https://doi.org/10.1159/000343986)] [Medline: [23257664](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23257664/)]

3. Schoene D, Valenzuela T, Lord SR, de Bruin ED. The effect of interactive cognitive-motor training in reducing fall risk in older people: a systematic review. *BMC Geriatr* 2014;14:107 [FREE Full text] [doi: [10.1186/1471-2318-14-107](https://doi.org/10.1186/1471-2318-14-107)] [Medline: [25240384](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25240384/)]
4. Webster D, Celik O. Systematic review of Kinect applications in elderly care and stroke rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil* 2014;11:108 [FREE Full text] [doi: [10.1186/1743-0003-11-108](https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-108)] [Medline: [24996956](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24996956/)]
5. Kazmi S, Ugail H, Lesk V, Palmer I. Interactive Digital Serious Games for the Assessment, Rehabilitation, and Prediction of Dementia. *International Journal of Computer Games Technology* 2014;2014:1-11. [doi: [10.1155/2014/701565](https://doi.org/10.1155/2014/701565)]
6. McCallum S, Boletsis C. Dementia Games: A Literature Review of Dementia-Related Serious Games. In: Ma M, Oliveira MF, Petersen S, Hauge JB, editors. *Serious games development and applications*. Berlin Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2013:15-27.
7. Robert PH, König A, Amieva H, Andrieu S, Bremond F, Bullock R, et al. Recommendations for the use of Serious Games in people with Alzheimer's Disease, related disorders and frailty. *Front Aging Neurosci* 2014;6:54 [FREE Full text] [doi: [10.3389/fnagi.2014.00054](https://doi.org/10.3389/fnagi.2014.00054)] [Medline: [24715864](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24715864/)]
8. Kayama H, Okamoto K, Nishiguchi S, Yamada M, Kuroda T, Aoyama T. Effect of a Kinect-based exercise game on improving executive cognitive performance in community-dwelling elderly: case control study. *J Med Internet Res* 2014 Jan;16(2):e61 [FREE Full text] [doi: [10.2196/jmir.3108](https://doi.org/10.2196/jmir.3108)] [Medline: [24565806](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24565806/)]
9. Szturm T, Hochman J, Wu C, Lisa L, Reimer K, Wonneck B, et al. Games and Telerehabilitation for Balance Impairments and Gaze Dysfunction: Protocol of a Randomized Controlled Trial. *JMIR Res Protoc* 2015;4(4):e118 [FREE Full text] [doi: [10.2196/resprot.4743](https://doi.org/10.2196/resprot.4743)] [Medline: [26490109](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26490109/)]
10. van Diest DM, Lamoth CJ, Stegenga J, Verkerke GJ, Postema K. Exergaming for balance training of elderly: state of the art and future developments. *J Neuroeng Rehabil* 2013;10:101 [FREE Full text] [doi: [10.1186/1743-0003-10-101](https://doi.org/10.1186/1743-0003-10-101)] [Medline: [24063521](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24063521/)]
11. Betker AL, Desai A, Nett C, Kapadia N, Szturm T. Game-based exercises for dynamic short-sitting balance rehabilitation of people with chronic spinal cord and traumatic brain injuries. *Phys Ther* 2007 Oct;87(10):1389-1398 [FREE Full text] [doi: [10.2522/ptj.20060229](https://doi.org/10.2522/ptj.20060229)] [Medline: [17712036](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17712036/)]
12. Yamada M, Aoyama T, Nakamura M, Tanaka B, Nagai K, Tatematsu N, et al. The reliability and preliminary validity of game-based fall risk assessment in community-dwelling older adults. *Geriatr Nurs* 2011;32(3):188-194. [doi: [10.1016/j.gerinurse.2011.02.002](https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2011.02.002)] [Medline: [21501899](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21501899/)]
13. Wikstrom EA. Validity and reliability of Nintendo Wii Fit balance scores. *J Athl Train* 2012 Jun;47(3):306-313 [FREE Full text] [doi: [10.4085/1062-6050-47.3.16](https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.3.16)] [Medline: [22892412](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22892412/)]
14. Goble DJ, Cone BL, Fling BW. Using the Wii Fit as a tool for balance assessment and neurorehabilitation: the first half decade of "Wii-search". *J Neuroeng Rehabil* 2014 Feb;11:12 [FREE Full text] [doi: [10.1186/1743-0003-11-12](https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-12)] [Medline: [24507245](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24507245/)]
15. Young W, Ferguson S, Brault S, Craig C. Assessing and training standing balance in older adults: a novel approach using the 'Nintendo Wii' Balance Board. *Gait Posture* 2011 Feb;33(2):303-305. [doi: [10.1016/j.gaitpost.2010.10.089](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.10.089)] [Medline: [21087865](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21087865/)]
16. Clark RA, Bryant AL, Pua Y, McCrory P, Bennell K, Hunt M. Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait Posture* 2010 Mar;31(3):307-310. [doi: [10.1016/j.gaitpost.2009.11.012](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.11.012)] [Medline: [20005112](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20005112/)]
17. Clark RA, Pua Y, Oliveira CC, Bower KJ, Thilarajah S, McGaw R, et al. Reliability and concurrent validity of the Microsoft Xbox One Kinect for assessment of standing balance and postural control. *Gait Posture* 2015 Jul;42(2):210-213. [doi: [10.1016/j.gaitpost.2015.03.005](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.03.005)] [Medline: [26009500](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26009500/)]
18. Park D, Lee G. Validity and reliability of balance assessment software using the Nintendo Wii balance board: usability and validation. *J Neuroeng Rehabil* 2014;11:99 [FREE Full text] [doi: [10.1186/1743-0003-11-99](https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-99)] [Medline: [24912769](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24912769/)]
19. Ruff J, Wang TL, Quatman-Yates CC, Phieffer LS, Quatman CE. Commercially available gaming systems as clinical assessment tools to improve value in the orthopaedic setting: a systematic review. *Injury* 2015 Feb;46(2):178-183. [doi: [10.1016/j.injury.2014.08.047](https://doi.org/10.1016/j.injury.2014.08.047)] [Medline: [25441576](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25441576/)]
20. Bower KJ, McGinley JL, Miller KJ, Clark RA. Instrumented static and dynamic balance assessment after stroke using Wii Balance Boards: reliability and association with clinical tests. *PLoS One* 2014;9(12):e115282 [FREE Full text] [doi: [10.1371/journal.pone.0115282](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115282)] [Medline: [25541939](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25541939/)]
21. Holmes JD, Jenkins ME, Johnson AM, Hunt MA, Clark RA. Validity of the Nintendo Wii balance board for the assessment of standing balance in Parkinson's disease. *Clin Rehabil* 2013 Apr;27(4):361-366. [doi: [10.1177/0269215512458684](https://doi.org/10.1177/0269215512458684)] [Medline: [22960241](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22960241/)]
22. Schoene D, Lord SR, Verhoef P, Smith ST. A novel video game--based device for measuring stepping performance and fall risk in older people. *Arch Phys Med Rehabil* 2011 Jun;92(6):947-953. [doi: [10.1016/j.apmr.2011.01.012](https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.01.012)] [Medline: [21549352](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21549352/)]
23. Sihvonen SE, Sipilä S, Era PA. Changes in postural balance in frail elderly women during a 4-week visual feedback training: a randomized controlled trial. *Gerontology* 2004;50(2):87-95. [doi: [10.1159/000075559](https://doi.org/10.1159/000075559)] [Medline: [14963375](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14963375/)]

24. Szturm T, Sakhalkar V, Boreskie S, Marotta JJ, Wu C, Kanitkar A. Integrated testing of standing balance and cognition: test-retest reliability and construct validity. *Gait Posture* 2015 Jan;41(1):146-152. [doi: [10.1016/j.gaitpost.2014.09.023](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.09.023)] [Medline: [25455701](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25455701/)]
25. Betker AL, Szturm T, Moussavi ZK, Nett C. Video game-based exercises for balance rehabilitation: a single-subject design. *Arch Phys Med Rehabil* 2006 Aug;87(8):1141-1149. [doi: [10.1016/j.apmr.2006.04.010](https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.04.010)] [Medline: [16876562](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16876562/)]
26. Szturm T, Betker A, Moussavi Z, Desai A, Goodman V. Effects of an interactive computer game exercise regimen on balance impairment in frail community-dwelling older adults: a randomized controlled trial. *Phys Ther* 2011;91(10):1449-1462. [doi: [10.2522/ptj.20090205](https://doi.org/10.2522/ptj.20090205)] [Medline: [21799138](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21799138/)]
27. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 1991 Feb;39(2):142-148. [Medline: [1991946](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1991946/)]
28. Berg K, Wood-Dauphinee SL, Williams J, Maki B. Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can J Public Health* 1992;83 Suppl 2:S7-11. [Medline: [1468055](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1468055/)]
29. Padala KP, Padala PR, Malloy TR, Geske JA, Dubbert PM, Dennis RA, et al. Wii-fit for improving gait and balance in an assisted living facility: a pilot study. *J Aging Res* 2012;2012:597573 [FREE Full text] [doi: [10.1155/2012/597573](https://doi.org/10.1155/2012/597573)] [Medline: [22745909](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22745909/)]
30. Maillot P, Perrot A, Hartley A. Effects of interactive physical-activity video-game training on physical and cognitive function in older adults. *Psychol Aging* 2012 Sep;27(3):589-600. [doi: [10.1037/a0026268](https://doi.org/10.1037/a0026268)] [Medline: [22122605](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22122605/)]
31. Lai C, Peng C, Chen Y, Huang C, Hsiao Y, Chen S. Effects of interactive video-game based system exercise on the balance of the elderly. *Gait Posture* 2013 Apr;37(4):511-515. [doi: [10.1016/j.gaitpost.2012.09.003](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.09.003)] [Medline: [23177921](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23177921/)]
32. Koslucher F, Wade MG, Nelson B, Lim K, Chen F, Stoffregen TA. Nintendo Wii Balance Board is sensitive to effects of visual tasks on standing sway in healthy elderly adults. *Gait Posture* 2012 Jul;36(3):605-608. [doi: [10.1016/j.gaitpost.2012.05.027](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.05.027)] [Medline: [22748469](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22748469/)]
33. Suttanon P, Hill KD, Dodd KJ, Said CM. Retest reliability of balance and mobility measurements in people with mild to moderate Alzheimer's disease. *Int Psychogeriatr* 2011 Sep;23(7):1152-1159. [doi: [10.1017/S1041610211000639](https://doi.org/10.1017/S1041610211000639)] [Medline: [21489342](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21489342/)]
34. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 1975 Nov;12(3):189-198. [Medline: [1202204](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1202204/)]
35. Dubois B, Slachevsky A, Litvan I, Pillon B. The FAB: a Frontal Assessment Battery at bedside. *Neurology* 2000 Dec 12;55(11):1621-1626. [Medline: [11113214](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11113214/)]
36. Morris JC, Mohs RC, Rogers H, Fillenbaum G, Heyman A. Consortium to establish a registry for Alzheimer's disease (CERAD) clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease. *Psychopharmacol Bull* 1988;24(4):641-652. [Medline: [3249766](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3249766/)]
37. Oswald W, Fleischmann U. Das Nürnberger-Alters-Inventar (NAI) - Testinventar & NAI-Testmanual und Textband. 4th edition. Göttingen: Hogrefe; 1997.
38. Reitan R. Validity of the trail making test as an indicator of organic brain damage. *Perceptual and Motor Skills* 1958;8:271-276.
39. EPL medical engineering. URL: <http://www.epl.de/> [accessed 2016-02-21] [WebCite Cache ID 6fSbU22cu]
40. Yesavage JA, Brink TL, Rose TL, Lum O, Huang V, Adey M, et al. Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *J Psychiatr Res* 1982;17(1):37-49. [Medline: [7183759](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7183759/)]
41. Yardley L, Beyer N, Hauer K, Kempen G, Piot-Ziegler C, Todd C. Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I). *Age Ageing* 2005 Nov;34(6):614-619 [FREE Full text] [doi: [10.1093/ageing/afi196](https://doi.org/10.1093/ageing/afi196)] [Medline: [16267188](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16267188/)]
42. Tinetti ME. Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *J Am Geriatr Soc* 1986 Feb;34(2):119-126. [Medline: [3944402](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3944402/)]
43. Atkinson RC, Shiffrin RM. The control of short-term memory. *Sci Am* 1971 Aug;225(2):82-90. [Medline: [5089457](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5089457/)]
44. Carmine E, Zeller R. Reliability and validity assessment. Newbury Park, London, New Delhi: SAGE publications; 1979.
45. Terwee CB, Bot SD, de Boer MR, van der Windt DA, Knol DL, Dekker J, et al. Quality criteria were proposed for measurement properties of health status questionnaires. *J Clin Epidemiol* 2007 Jan;60(1):34-42. [doi: [10.1016/j.jclinepi.2006.03.012](https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2006.03.012)] [Medline: [17161752](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17161752/)]
46. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd edition. New York: Academic Press; 1988.
47. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull* 1979 Mar;86(2):420-428. [Medline: [18839484](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18839484/)]
48. Fleiss J. Design and analysis of clinical experiments. New York: John Wiley & Sons Inc; 1986.
49. Hauer K, Oster P. Measuring functional performance in persons with dementia. *J Am Geriatr Soc* 2008 May;56(5):949-950. [doi: [10.1111/j.1532-5415.2008.01649.x](https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2008.01649.x)] [Medline: [18454757](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18454757/)]
50. Hauer K, Pfisterer M, Weber C, Wezler N, Kliegel M, Oster P. Cognitive impairment decreases postural control during dual tasks in geriatric patients with a history of severe falls. *J Am Geriatr Soc* 2003 Nov;51(11):1638-1644. [Medline: [14687396](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14687396/)]

51. Oh KY, Kim SA, Lee SY, Lee YS. Comparison of manual balance and balance board tests in healthy adults. *Ann Rehabil Med* 2011 Dec;35(6):873-879 [[FREE Full text](#)] [doi: [10.5535/arm.2011.35.6.873](https://doi.org/10.5535/arm.2011.35.6.873)] [Medline: [22506217](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22506217/)]
52. Ries JD, Echternach JL, Nof L, Gagnon BM. Test-retest reliability and minimal detectable change scores for the timed “up & go” test, the six-minute walk test, and gait speed in people with Alzheimer disease. *Phys Ther* 2009 Jun;89(6):569-579 [[FREE Full text](#)] [doi: [10.2522/ptj.20080258](https://doi.org/10.2522/ptj.20080258)] [Medline: [19389792](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19389792/)]
53. Tappen RM, Roach KE, Buchner D, Barry C, Edelstein J. Reliability of physical performance measures in nursing home residents with Alzheimer's disease. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1997 Jan;52(1):M52-M55 [[FREE Full text](#)] [Medline: [9008669](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9008669/)]
54. Lezak M, Howieson D, Bigler E, Tranel D. *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford University Press; 2012.
55. Oliveira RS, Trezza BM, Busse AL, Jacob-Filho W. Learning effect of computerized cognitive tests in older adults. *Einstein (Sao Paulo)* 2014 Apr;12(2):149-153 [[FREE Full text](#)] [Medline: [25003917](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25003917/)]
56. Pichierri G, Murer K, de Bruin ED. A cognitive-motor intervention using a dance video game to enhance foot placement accuracy and gait under dual task conditions in older adults: a randomized controlled trial. *BMC Geriatr* 2012;12:74 [[FREE Full text](#)] [doi: [10.1186/1471-2318-12-74](https://doi.org/10.1186/1471-2318-12-74)] [Medline: [23241332](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23241332/)]
57. Schwenk M, Zieschang T, Oster P, Hauer K. Dual-task performances can be improved in patients with dementia: a randomized controlled trial. *Neurology* 2010 Jun 15;74(24):1961-1968. [doi: [10.1212/WNL.0b013e3181e39696](https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3181e39696)] [Medline: [20445152](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20445152/)]
58. Piirtola M, Era P. Force platform measurements as predictors of falls among older people - a review. *Gerontology* 2006;52(1):1-16. [doi: [10.1159/000089820](https://doi.org/10.1159/000089820)] [Medline: [16439819](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16439819/)]
59. Hauer K, Tremmel A, Ramroth H, Pfisterer M, Todd C, Oster P, et al. Repressive coping in geriatric patients' reports - impact on fear of falling. *Z Gerontol Geriatr* 2009 Apr;42(2):137-144. [doi: [10.1007/s00391-008-0552-9](https://doi.org/10.1007/s00391-008-0552-9)] [Medline: [18560787](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18560787/)]
60. Bahro M, Silber E, Sunderland T. How do patients with Alzheimer's disease cope with their illness? A clinical experience report. *J Am Geriatr Soc* 1995 Jan;43(1):41-46. [Medline: [7806738](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7806738/)]
61. Wild K, Howieson D, Webbe F, Seelye A, Kaye J. Status of computerized cognitive testing in aging: a systematic review. *Alzheimers Dement* 2008 Nov;4(6):428-437 [[FREE Full text](#)] [doi: [10.1016/j.jalz.2008.07.003](https://doi.org/10.1016/j.jalz.2008.07.003)] [Medline: [19012868](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19012868/)]

## Abbreviations

**CERAD:** Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's disease

**CI:** confidence interval

**COP:** center of pressure

**FES-I:** Falls-Efficacy-Scale-International

**FTBT:** Physiomat Follow-The-Ball Task

**GDS:** Geriatric Depression Scale

**ICC:** intraclass correlations

**MMSE:** Mini-Mental-State Examination

**POMA:** performance-oriented mobility assessment

**PTMT:** Physiomat Trail-Making Task

**PBT:** Physiomat-Balance Task

**SD:** standard deviation

**SRM:** standardized response mean

**TMT:** Trail-Making-Test

**TUG:** Timed-Up-and-Go

**ZN-G:** Zahlen-Nachsprechen-G (Repeating-Number-Test)

**ZVT-G:** Zahlen-Verbindungs-Test-G (Connecting Number-Test)

*Edited by G Eysenbach; submitted 25.02.16; peer-reviewed by T Szturm, M D. Patterson; comments to author 14.04.16; revised version received 26.05.16; accepted 04.07.16; published 18.07.16*

*Please cite as:*

*Wiloth S, Lemke N, Werner C, Hauer K*

*Validation of a Computerized, Game-based Assessment Strategy to Measure Training Effects on Motor-Cognitive Functions in People With Dementia*

*JMIR Serious Games 2016;4(2):e12*

URL: <http://games.jmir.org/2016/2/e12/>

doi: [10.2196/games.5696](https://doi.org/10.2196/games.5696)

PMID: [27432746](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27432746/)



©Stefanie Wiloth, Nele Lemke, Christian Werner, Klaus Hauer. Originally published in JMIR Serious Games (<http://games.jmir.org>), 18.07.2016. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work, first published in JMIR Serious Games, is properly cited. The complete bibliographic information, a link to the original publication on <http://games.jmir.org>, as well as this copyright and license information must be included.

# Schrift 7

---

Aging & Mental Health

July 2017, pp. 1-12

***Motor-cognitive effects of a computerized game-based training method in people with dementia: a randomized controlled trial.***

Autoren: Wiloth S., Werner C., Lemke N., Bauer J., Hauer K.

© Aging & Mental Health 2017

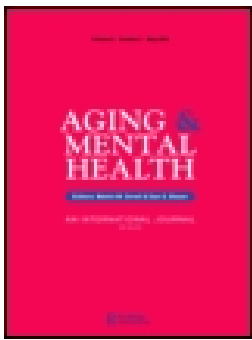
Der Originalartikel ist unter

<http://tandfonline.com/10.1080/13607863.2017.1348472> zu finden.

Das Manuskript konnte mit Zustimmung der Taylor & Francis Group wiederverwendet werden.

DOI: 10.1080/13607863.2017.1348472

PMID: 28682124



## Motor-cognitive effects of a computerized game-based training method in people with dementia: a randomized controlled trial

Stefanie Wiloth, Christian Werner , Nele Christin Lemke, Jürgen Bauer & Klaus Hauer

To cite this article: Stefanie Wiloth, Christian Werner , Nele Christin Lemke, Jürgen Bauer & Klaus Hauer (2017): Motor-cognitive effects of a computerized game-based training method in people with dementia: a randomized controlled trial, *Aging & Mental Health*, DOI: [10.1080/13607863.2017.1348472](https://doi.org/10.1080/13607863.2017.1348472)

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/13607863.2017.1348472>



Published online: 06 Jul 2017.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 8



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)



## Motor-cognitive effects of a computerized game-based training method in people with dementia: a randomized controlled trial

Stefanie Wiloth<sup>a</sup>, Christian Werner<sup>ib</sup>, Nele Christin Lemke<sup>b</sup>, Jürgen Bauer<sup>b</sup> and Klaus Hauer<sup>b</sup>

<sup>a</sup>The Institute for the Study of Christian Social Service, University of Heidelberg, Heidelberg, Germany; <sup>b</sup>AGAPLESION Bethanien Hospital, Geriatric Centre of the University of Heidelberg, Heidelberg, Germany

### ABSTRACT

**Objectives:** To examine the effects of a computerized, game-based training on motor-cognitive performances, the transfer of training effects on untrained tasks, and the sustainability of training gains in people with dementia.

**Method:** Ninety-nine individuals with a mean age of 82.9 (5.8) and dementia participated in a 10-week randomized controlled trial with three-month follow-up. The intervention group (IG) received a motor-cognitive training on (Physiomat<sup>®</sup>) including concurrent dual-tasks of balance control with cognitive demands (Physiomat<sup>®</sup>-Trail Making Tasks (PTMTs)). The control group (CG) performed non-specific, low-intensity exercises. Duration and accuracy at different complexity levels of trained and untrained PTMTs and the number of successfully performed tasks (PTMT score) were assessed.

**Results:** Physiomat<sup>®</sup> training significantly improved the duration and accuracy at almost all complexity levels of trained ( $P \leq 0.001$ – $0.047$ ,  $\eta_p^2 = 0.065$ – $0.589$ ) and untrained PTMTs ( $P < 0.001$ – $0.005$ ,  $\eta_p^2 = 0.073$ – $0.459$ ). Significant effects were also found for the PTMT score of trained ( $P < 0.001$ ,  $\eta_p^2 = 0.211$ ) and untrained PTMTs ( $P < 0.001$ ,  $\eta_p^2 = 0.184$ ). Training gains were partly sustained at follow-up.

**Conclusion:** Physiomat<sup>®</sup> is feasible and has the potential to sustainably improve motor-cognitive performances in people with dementia.

### ARTICLE HISTORY

Received 29 December 2016  
Accepted 25 June 2017

### KEYWORDS

Dementia; exergame; cognition; motor-cognitive functions; training

### Introduction

The evidence on the efficacy of current drug therapies in people with dementia (PWD) is still limited (Galimberti & Scarpini, 2012; O'Brien & Burns, 2011; Salomone, Caraci, Leggio, Fedotova, & Drago, 2012) leading to a growing interest in the research area of non-pharmacological treatments (e.g. cognitive stimulation, behavioral interventions, physical exercise) (Livingston et al., 2014; Oyebode & Parveen, 2016). A number of studies have shown that physical exercise (e.g. aerobic, strength, or coordination exercises) may be effective for reducing cognitive decline or enhancing cognitive functions in older adults (e.g. Angevaren, Aufdemkampe, Verhaar, Aleman, & Vanhees, 2008; Colcombe & Kramer, 2003) but also in PWD (e.g. Heyn, Abreu, & Ottenbacher, 2004; Lautenschlager, Cox, & Cyarto, 2012) to sustain independence and quality of life. There is evidence showing that especially a combination of mental and physical exercise may have a positive effect on specific domain-related cognitive functions in older adults with and without cognitive impairment (CI) (Law, Barnett, Yau, & Gray, 2014) which are associated with key motor abilities. Walking or postural control for example depends on an input from neural networks associated with attention-related (e.g. divided attention, information processing, etc.) and executive functions (Yogev-Seligmann, Hausdorff, & Giladi, 2008) which are already reduced in early stages of dementia. Therefore, recent research in PWD has increasingly focused on motor-cognitive intervention strategies to improve domain-related cognitive functions associated with complex motor performances.

Despite reported benefits of physical and motor-cognitive exercises, admission and adherence to training programs especially in institutional settings is disappointing (Nyman & Victor, 2011) and physical activity after training cessation is often reduced (Hauer, Pfisterer, Schuler, Bärtsch, & Oster, 2003). Research showed that PWD is physically inactive for most of the day (Van Alphen, Volkers, Blankevoort, Scherder, & van Heuvelen, 2016) and that cognitive deficits can affect a person's motivation to participate in physical activity interventions (Van der Wardt, Hancox, Gondek, Logan, & Harwood, 2017). Efforts to increase long-term physical activity and adherence to training programs in PWD are dearly needed. A promising approach by which motivation for and compliance with training programs could be improved includes the use of exergames as an effective tool for motor-cognitive training (Pichierri, Wolf, Murer, & de Bruin, 2011; Schoene, Valenzuela, Lord, & de Bruin, 2014). Exergames represent a subtype of serious games that combine physical exercise with cognitive stimulation specifically developed for promoting an active lifestyle and physical function. Exergames are implemented gradually in rehabilitation, education, and training contexts as their playful character might help to encourage people to participate in physical activity and to enhance their motivation toward exercise adherence (Betker, Szturm, & Moussavi, 2005; Chao, Scherer, & Montgomery, 2015; Fitzgerald, Trakarnratanakul, Smyth, & Caulfield, 2010).

Current systematic reviews found positive effects of exergaming on physical functions, cognition, and psychosocial outcomes in cognitively healthy older adults (Chao et al.,

2015; Laufer, Dar, & Kodesh, 2014; Miller et al., 2014; Molina, Ricci, de Moraes, & Perracini, 2014; Schoene et al., 2014; Skjæret et al., 2016), nourishing expectations that exergames may also be an effective intervention strategy in people with CI. However, in persons with CI and in PWD published results on the effectiveness of exergaming are still scarce and inconsistent with respect to methodology and outcome. The exergame interventions most frequently used in persons with CI and PWD covered video-sports games with a rather low level of cognitive load (e.g. Nintendo Wii Sports™). Few studies reported positive effects of these exergames on physical functions (Padala et al., 2012), global cognition and visuospatial and constructive function (Yamaguchi, Maki, & Takahashi, 2011), attention to task and positive affect (Weybright, Dattilo, & Rusch, 2010), or game performances (e.g. game score, number of errors) (Fenney & Lee, 2010; Legouverneur, Pino, Boulay, & Rigaud, 2011).

In contrast, there are also studies that could not demonstrate positive effects on physical functions (Hughes et al., 2014; McEwen, Taillon-Hobson, Bilodeau, Sveistrup, & Finestone, 2014), global cognition (Hughes et al., 2014; Padala et al., 2012), or specific cognitive functions such as attention, executive functions, and processing speed (Hughes et al., 2014).

Previous studies showed a number of methodological shortcomings which limits their evidence level, relevance, or comprehensiveness of study outcomes:

- (1) The available data have been obtained mainly from case studies (Fenney & Lee, 2010; McEwen et al., 2014; Weybright et al., 2010), usability studies (Legouverneur et al., 2011), non-controlled studies (Yamaguchi et al., 2011), and randomized, controlled trials with small sample sizes (Hughes et al., 2014; Padala et al., 2012). The majority of studies did not include long-term follow-up assessments to evaluate the sustainability of possible training effects (Legouverneur et al., 2011; Padala et al., 2012; Weybright et al., 2010; Yamaguchi et al., 2011).
- (2) A broad variety of outcome measures were used across studies to examine the effects of the exergame intervention (e.g. Van Diest, Lamoth, Stegegn, Verkerke, & Postema, 2013) including most frequently 'external outcome measures' such as clinical performance-based measures (e.g. Timed Up and Go (TUG), Berg Balance Scale) or cognitive tests (e.g. Mini-Mental Status Examination (MMSE)) (Hughes et al., 2014; McEwen et al., 2014; Padala et al., 2012; Yamaguchi et al., 2011) which relate to established assessment strategies to measure effects after exergame training (Van Diest et al., 2013). Their use is based on the assumption that effects of exergame training would generalize beyond the training context and would thereby improve participants' general performance in the trained domains without dilution effects as could be expected. A major limitation of external assessments relate to the specificity of training or assessment strategies. Effects which are specific to the training intervention will not or only in a reduced scale be documented. Based on such or additional methodological considerations, only very limited evidence has been found to support overall transfer effects in PWD (Bahar-Fuchs, Clare, & Woods, 2013 for overview). For PWD who show a reduced ability to use

acquired skills in other contexts a high specificity of outcome measures may be particularly relevant (Dick, Hsieh, Dick-Muehlke, Davis, & Cotman, 2000; Littbrand, Stenvall, & Rosendahl, 2011). 'Internal outcome measures' based on current developments in sensor technology integrated into the exergame devices represent such a highly specific assessment strategy by using quantitative data directly derived from the internal data flow of the exergame (Van Diest et al., 2013). Internal assessments allow accurate registration of movements and rapid analysis of signals to assess game performance during exergaming. However, validated internal measures have so far only been used in a very limited number of studies (e.g. Fenney & Lee, 2010; Legouverneur et al., 2011). To document training-related effects after Physiomat® training, an innovative, game-based internal assessment strategy was applied which also has been successfully validated in the target population of this study (Wiloth, Lemke, Werner, & Hauer, 2016).

- (3) Some of the studies performed in PWD lack established standards for dementia diagnosis. Only cognitive screening tools such as the MMSE were used rather than internationally established criteria for probable dementia (Padala et al., 2012) or dementia criteria as used for study inclusion were not (Yamaguchi et al., 2011) or insufficiently described (McEwen et al., 2014), which may have led to heterogeneous study samples with respect to the level of CI.

In summary, high-quality intervention studies on the effectiveness of exergame training including highly challenging motor-cognitive dual-tasks to improve motor-cognitive performances are still lacking in PWD.

Therefore, the aim of this study was to evaluate the effects of a computerized, game-based training with an interactive training device (Physiomat®) including concurrent dual-tasks of complex dynamic balance control with a cognitive task in PWD. We also examined the transfer of benefits from trained to untrained Physiomat® tasks and the sustainability of training gains after a follow-up period without training.

## Methods

### Study design

The present study was designed as a double-blinded, randomized, controlled 10-week intervention trial. The ethics committee of the Medical Department of the University of Heidelberg approved the study in accordance with the Declaration of Helsinki. Written informed consent was obtained from all participants (or legal representatives) prior to study inclusion.

### Study population

Participants were consecutively recruited from rehabilitation wards of the AGAPLESION Bethanien Hospital Heidelberg, nursing homes, and a community-dwelling population. Predefined inclusion criteria were: age of 65 years and older, residence within 15 km of the study center, no severe or uncontrolled metabolic, neurological, cardiovascular, (or)

psychiatric disorders, visual deficits, inability to walk 10 m without using a walking aid, and written informed consent.

Eligible participants were screened for CI using the MMSE (Folstein, Folstein, & McHugh, 1975). CI was defined by a MMSE score of 17–26. This MMSE cut-off range was based on the International Classification of Diseases 10th Revision, German Modification (ICD-10-GM-2017 code U51.12, [https://www.dimdi.de/static/de/klassi/icd-10\\_gm/kodesuche/online-fassungen/htmlgm2017/block-u50-u52.htm](https://www.dimdi.de/static/de/klassi/icd-10_gm/kodesuche/online-fassungen/htmlgm2017/block-u50-u52.htm)) for the lower cut-off value and on recommendations of previous studies on dementia screening using a higher cut-off value (O'Bryant, Humphreys, Smith, Ivnik, & Lucas, 2008; Thalmann, Spiegel, Stäheling, Brubacher, & Monsch, 2002). The extended cut-off range improved sensitivity and reduced ceiling effects, methodological shortcomings of original MMSE cut-off scores (Tsoi, Chan, Hirai, Wong, & Kwok, 2015). In individuals who met the inclusion criteria for CI, a comprehensive neuropsychological assessment was performed including the Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease (CERAD) test battery (Morris, Mohs, Rogers, Fillenbaum, & Heyman, 1988), a modified Trail Making Test (ZVT-G; Oswald & Fleischmann, 1999), and a digit-span test (ZN-G; Oswald & Fleischmann, 1999). Based on recommendations of the CERAD, only individuals meeting predefined criteria for probable dementia in the neuropsychological assessment (test scores below the 10th percentile ( $z$ -score  $-1.28$ ) of the normative sample on at least one memory test and one other neuropsychological test) were included in the study (Aebi, 2002; Belle, Mendelsohn, Seaberg, & Ratcliff, 2000). Participants were randomly assigned to the intervention (IG) or control group (CG) after baseline testing (T1) by a person unrelated to the study. Randomization was undertaken using an urn design for clinical trials (Wei, 1977) stratified according to sex and place of recruitment (rehabilitation wards vs. others).

## Intervention

*Training program of the intervention group:* Subjects of the IG participated in a comprehensive motor-cognitive supervised group training program for 10 weeks (1.5 h, twice a week) with a maximum of seven participants at the study center.

The comprehensive motor-cognitive intervention program included a game-based training using Physiomat<sup>®</sup> (Figure 1), a dual-task training (walking and counting), and a motor learning exercise program (training of compensatory sit to stand movement maneuvers). Based on results of piloting the Physiomat<sup>®</sup> training component in the target group, the Physiomat<sup>®</sup> program was performed for 10 minutes which was adequate to achieve positive training results while not overtaxing the attention span or motor abilities of the vulnerable participants.

The operating principle of Physiomat<sup>®</sup> is based on a specific combination of swivel joints fixed on two independent levels enabling bending, tilting, and rotation movements while standing on a platform. This construction yields a special three-dimensional movement sequence (sagittal, frontal, and transverse level).

Concurrent dual-tasks of various elements on balance ability (weight shifting tasks and postural control while standing) with specific cognitive functions such as executive functions, spatio-temporal orientation, or divided attention are required on the Physiomat<sup>®</sup>. In the first training session participants were introduced to the Physiomat<sup>®</sup> including training of relevant strategies of balance control by using brief, simple and



Figure 1. Training and assessment device Physiomat<sup>®</sup>.

direct instructions (cueing), and haptic support based on a dementia specific, patient centered approach (Hauer et al., 2012; Oddy, 1987; Schwenk, Oster, & Hauer, 2008) while they executed a standardized motor task without an increasing challenge level of cognitive task (Physiomat<sup>®</sup>-Follow-The-Ball Task (FTBT), Figure 2). Instructions were to move the cursor from the center of the screen directly to the targets highlighted as a moving yellow ball on the screen as fast as possible by shifting their weight while holding onto the handles of the Physiomat<sup>®</sup>.

In subsequent training tasks, participants were trained in performing Physiomat<sup>®</sup>-Trail-Making Tasks (PTMTs) on five different cognitive performance levels as defined by an increasing number of digits to be connected (number of digits: 4, 7, 9, 14, 20). The PTMTs based on a modified version of the Trail-Making-Test ('Zahlen-Verbindungs-Test' = 'digit-connecting-test' (ZVT-G; Oswald & Fleischmann 1999)) validated in the target population of older persons with CI. Participants were asked to move the cursor on the screen in order to connect the number of digits provided as fast as possible (Figure 3). The number of digits to be connected (i.e. PTMT level) was increased, as training progressed.

*Training program of the control group:* Subjects of the CG underwent a supervised motor placebo group training for 10 weeks (1 h, twice a week), including a non-specific, low-intensity training on strength and flexibility for the upper body while seated. Subjects had not been informed regarding the diverging aims of the two training approaches (Hauer et al., 2012; Hueger et al., 2009) and were therefore blinded to the group allocation.

## Measures and data collection

The assessments were conducted at baseline (T1), after a 10-week training program with Physiomat<sup>®</sup> (T2), and after a

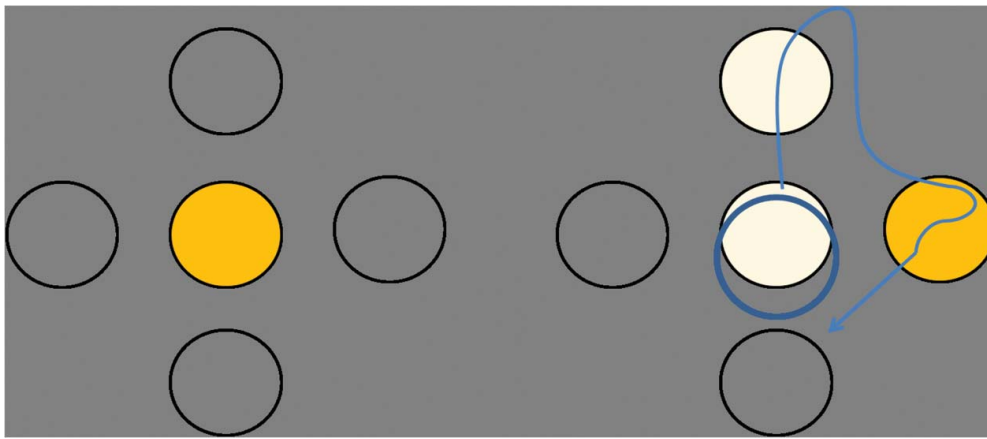


Figure 2. Physiomat®-Follow-The-Ball Task (FTBT).

three-month follow-up period without training (T3). Only tests established and validated in older adults with and without CI were used in this study. The training adherence was recorded as the percentage of successfully completed training sessions.

Various demographic and clinical characteristics were recorded (Table 1). The psychological status was assessed by the short version of the Geriatric Depression Scale (Almeida & Almeida, 1999) and the short version of the Falls Efficacy Scale International (Hauer, Kempen, Schwenk, Yardley, & Zijlstra, 2011), the motor status by the TUG (Podsiadlo & Richardson, 1991) and the Performance-Oriented Mobility Assessment (Tinetti, 1986), and the cognitive status by the MMSE (Folstein et al., 1975).

To measure motor-cognitive Physiomat® performances, we used task-specific assessment parameters directly derived from the data stream during the game task of Physiomat®, including temporal (duration: total test time in seconds) and spatial (accuracy: sway path in digits/ms) outcome parameters (Wiloth et al., 2016). The Physiomat® assessment tasks included the FTBT and the five PTMTs trained by the IG during the intervention period.

Additionally, untrained PTMTs were assessed, which differed from the trained PTMTs with respect to positions of the digits (different task constellation) but not in the number of

Table 1. Participants' characteristics.

Characteristics	IG (n = 56)	CG (n = 43)	P-value
Age, years, mean (SD) <sup>a</sup>	82.7 (6.2)	82.2 (5.3)	0.653
Gender, female, n (%) <sup>b</sup>	39 (69.6)	32 (74.4)	0.601
Mini-Mental State Examination, score, mean (SD) <sup>a</sup>	22.2 (2.8)	21.7 (2.9)	0.401
Education, years, median (range) <sup>c</sup>	11.0 (7.0–20.0)	11.0 (7.0–18.0)	0.795
Number of medications, mean (SD) <sup>a</sup>	7.6 (3.4)	7.7 (3.4)	0.842
Number of diagnoses, mean (SD) <sup>a</sup>	7.7 (3.8)	8.5 (4.2)	0.321
Taking cholinesterase inhibitors or memantine, n (%) <sup>b</sup>	13(23.2)	16 (37.2)	0.233
Timed Up and Go, s, median (range) <sup>c</sup>	14.6 (6.5–52.7)	13.8 (7.3–43.6)	0.337
Performance-Oriented Mobility Assessment, score, mean (SD) <sup>a</sup>	22.4 (4.3)	22.8 (3.3)	0.654
Geriatric Depression Scale, score, median (range) <sup>c</sup>	2.0 (0.0–9.0)	2.0 (0.0–9.0)	0.838
Recent history of falls, n (%) <sup>b</sup>	23 (41.1)	22 (51.2)	0.318
Falls Efficacy Scale-International, score, median (range) <sup>c</sup>	8.5 (7.0–19.0)	8.0 (7.0–14.0)	0.271
Living situation, n (%) <sup>b</sup>			0.815
Community-dwelling	39 (69.6)	29 (67.4)	
Institutionalized	17 (30.4)	14 (67.7)	

Note: IG = intervention group; CG = control group; n = number of participants; SD = standard deviation. P-values are given for <sup>a</sup>t-tests, <sup>b</sup>chi-square tests, and <sup>c</sup>Mann-Whitney U-tests applied to test for differences between IG and CG.

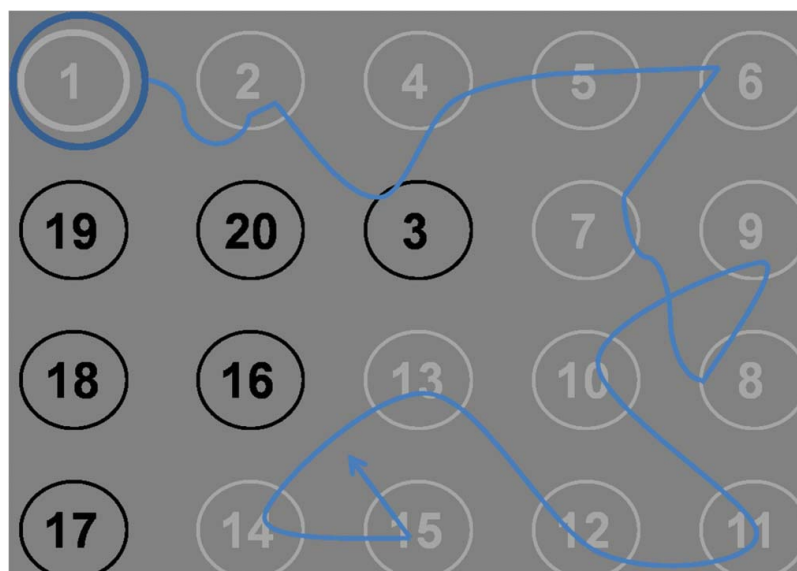


Figure 3. Complex Physiomat®-Trail-Making Task (PTMT).

digits shown on the screen (complexity level). Untrained PTMTs also included five complexity levels, with the same increasing number of digits as used for the trained PTMTs (number of digits: 4, 7, 9, 14, 20).

Furthermore, we assessed the number of successfully performed trained and untrained PTMT levels by dichotomous scoring (1 = successful; 0 = not successful) to document the complexity level of achieved tasks. Based on that, we calculated total PTMT scores for the trained and untrained PTMTs by summing the individual scores. For both PTMT scores a maximum of five points could be achieved.

For the Physiomat<sup>®</sup> outcome measurement in all participants the same instructions were given as those used for the Physiomat<sup>®</sup> training (see above). The Physiomat<sup>®</sup> assessment was administered by a person who was adequately trained in test procedures and who was blinded to the participants' group allocation. During assessment, no physical assistance or cueing was allowed by the test administrator. Participants performed two trials for each Physiomat<sup>®</sup> task. The trial with the shortest test duration was used for the statistical analysis.

The assessment strategy as described above has been successfully validated in the target sample of PWD documenting an excellent biometrical quality of the test procedure (Wiloth et al., 2016).

### Statistical analysis

Statistical analyses were performed on an intention-to-treat basis using SPSS 22.0 for Windows. Data are presented as means and standard deviations (SD), medians and ranges or number and percentages (%) as appropriate. Unpaired *t*-tests, Mann-Whitney *U*-tests, and chi-square tests were calculated to determine differences between IG and CG at baseline.

Analyses of covariance with baseline values as covariates (ANCOVA) were used to test for significant differences in changes in Physiomat<sup>®</sup> outcome measures (duration, accuracy, and PTMT scores) between IG and CG for the intervention period (T1–T2) and the total observation period (T1–T3). Effect sizes for motor-cognitive training effects were calculated as partial eta squared ( $\eta_p^2$ ) and were considered as small ( $\eta_p^2 = 0.01$ ), medium ( $\eta_p^2 = 0.06$ ), and large ( $\eta_p^2 > 0.14$ ) (Cohen, 1988). The level of significance was set at  $P \leq 0.05$  for all analyses.

## Results

### Recruitment and training adherence

The process of screening, enrollment, allocation, follow-up, and data analysis is shown in Figure 4. Out of 2876 patients initially screened for eligibility, 99 were enrolled and randomly assigned to the IG ( $n = 56$ ) or CG ( $n = 43$ ). All participants who had given consent were included in baseline assessments (intention-to-treat analysis). All assessed participants received the allocated intervention. Duration of Physiomat<sup>®</sup> intervention averaged 11.8 (SD 3.7) weeks. Training adherence was high and did not differ between study groups (IG: 86.3% vs. CG: 91.3%;  $p = 0.302$ ). Dropout rates (IG:  $n = 9$ , 17%; CG:  $n = 6$ , 16%  $p = 0.771$  at T2; IG:  $n = 16$ , 29%; CG:  $n = 10$ , 23%,  $p = 0.551$  at T3) related to serious medical events (IG:  $n = 2$ , CG:  $n = 3$ ,  $p > 0.999$  at T2; IG:  $n = 3$ , CG:  $n = 4$ ,  $p > 0.999$  at T3), death (IG:  $n = 1$ , CG:  $n = 2$ ,  $p = 0.186$  at T2; IG:  $n = 2$ , CG:  $n = 2$ ,  $p > 0.999$  at T3), and injurious falls (IG:  $n = 2$ , CG:  $n = 0$ ,

$p = 0.186$  at T2; IG:  $n = 3$ , CG:  $n = 0$ ,  $p = 0.033$  at T3). The total number of adverse events (serious medical events, injurious falls, and death) did not differ between study groups at T2 (IG:  $n = 5$ , CG:  $n = 5$ ,  $p = 0.743$ ) and T3 (IG:  $n = 9$ , CG:  $n = 6$ ,  $p = 0.172$ ).

### Participants' characteristics

Participants were multi-morbid as documented by the number of different diagnoses (in our sample predominantly stroke, fractures and cardiovascular disease, cancer and metabolic disease) and a high number of concurrent medications (Table 1). The participants' mean (SD) age was 82.9 (5.8) years and MMSE averaged 22.0 (2.9) points. Baseline functional performance was impaired: the POMA score averaged 22.6 (3.9) points and the median TUG time was 14.5 s (range 6.5–52.7). Participants showed a low level of depressive symptoms indicated by the median of GDS (short version) score 2.0 (0.0–9.0). Forty-five participants (45.5%) reported one or more falls in the previous year. Sixty-eight (68.7%) were living at home independently, partly with supportive care, and 31 (31.3%) were institutionalized.

No significant differences between IG and CG were found for descriptive variables at baseline (Table 1) indicating a successful randomization.

When dropouts ( $n = 26$ ) were compared with those participants who stayed in the study until the end of follow-up ( $n = 73$ ), no significant differences were found for any descriptive variables at baseline (range  $p = 0.090$ – $0.747$ ). Results are consistent with the statistical analysis for the total sample initially recruited, indicating that both groups were still comparable despite missing measures.

### Effects of Physiomat<sup>®</sup> intervention on trained tasks

Significant improvements induced by Physiomat<sup>®</sup> training were found in all trained tasks and in all Physiomat<sup>®</sup> outcomes (Table 2). The duration and accuracy for the FTBT ( $P < 0.001$ ) and for all complexity levels of the PTMTs ( $P < 0.001$ – $0.047$ ) improved significantly in the IG after training (i.e. decrease of the total test time and the sway path). Overall large effect sizes were found for duration ( $\eta_p^2 = 0.253$ – $0.589$ ). Effect sizes for accuracy varied between moderate and large ( $\eta_p^2 = 0.065$ – $0.365$ ). The PTMT score improved significantly in the IG after training ( $P < 0.001$ ) with a large effect size ( $\eta_p^2 = 0.211$ ).

### Effects of Physiomat<sup>®</sup> intervention on untrained tasks

The Physiomat<sup>®</sup> outcomes for untrained tasks also significantly improved in the IG after training compared to the CG (Table 3). As an effect of Physiomat<sup>®</sup> intervention, the duration significantly improved for all complexity levels of the untrained PTMTs ( $P < 0.001$ – $0.005$ ) with overall large effect sizes (range  $\eta_p^2 = 0.204$ – $0.384$ ). For accuracy, also significant training-induced improvements were found for all PTMTs levels ( $P = 0.001$ – $0.017$ ), except for level 2 ( $P = 0.121$ ). Effect sizes for significant group effects in accuracy were medium to large ( $\eta_p^2 = 0.073$ – $0.459$ ).

The PTMT score for untrained tasks improved also significantly in the IG after training ( $P < 0.001$ ) with a large effect size ( $\eta_p^2 = 0.184$ ).



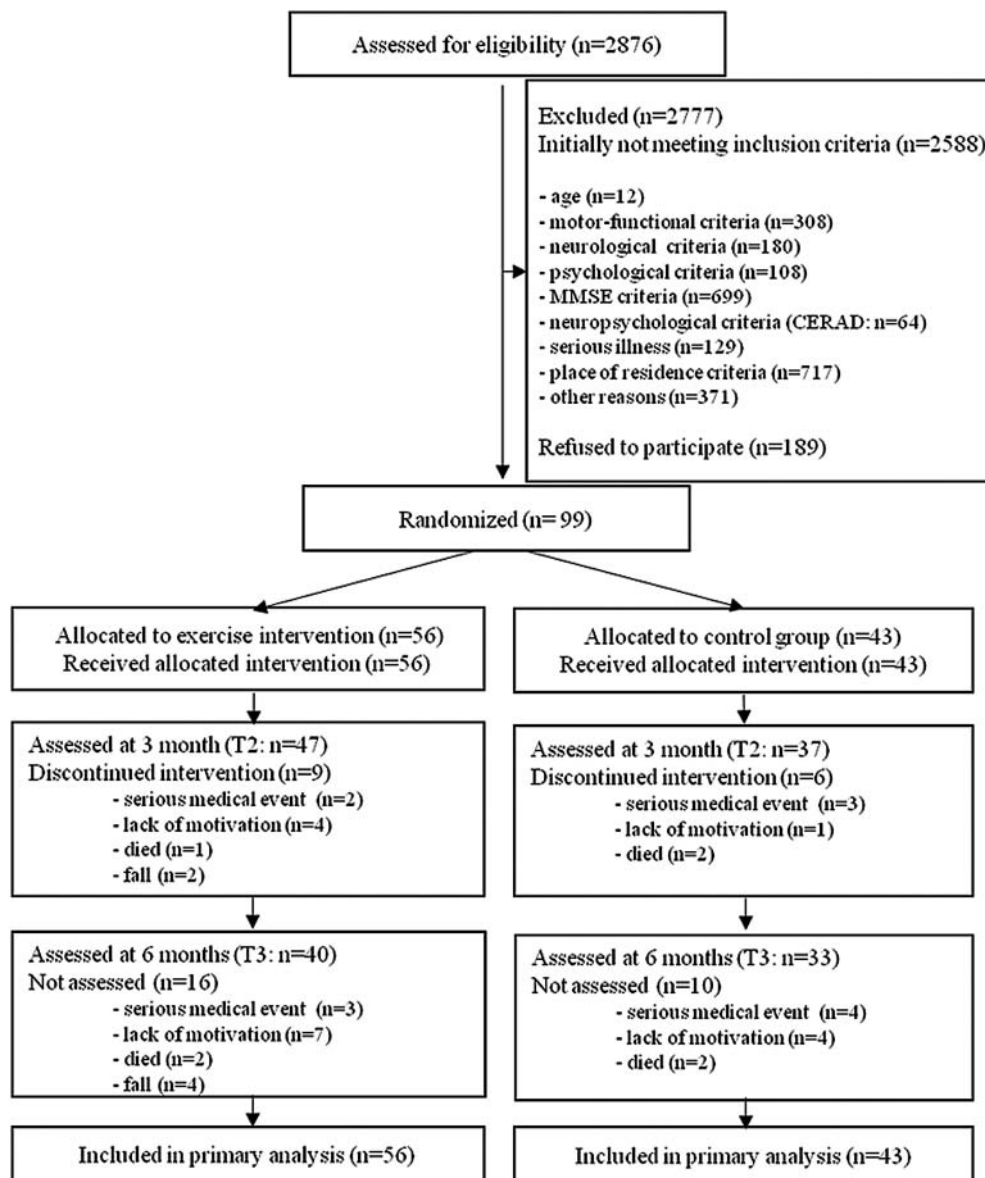


Figure 4. Flowchart for screening, recruitment, allocation, intervention, and follow-up.

### Sustainability of effects

Training gains decreased in the follow-up period after training cessation, but significant effects could be sustained in most of the trained Physiomat® tasks (Table 2) and partially also in the untrained tasks (Table 3), especially for the Physiomat® outcome duration.

The duration for the FTBT and for the trained PTMT levels 2–4 remained improved in the IG after three months without training with significant differences between the IG and CG ( $P = 0.002$ – $0.049$ ). The effect sizes for these between-group effects were smaller than those found at post-intervention assessment, but were still medium for the FTBT ( $\eta_p^2 = 0.055$ ) and even large for the PTMTs ( $\eta_p^2 = 0.156$ – $0.208$ ).

Sustained training effects in the IG could also be found for accuracy in the FTBT ( $P = 0.038$ ) and in the most complex PTMT levels 4 and 5 ( $P = 0.004$ – $0.037$ ). The associated effect sizes were medium to large for PTMTs ( $\eta_p^2 = 0.244$ – $0.245$ ). During follow-up, between-group differences regarding the PTMT score disappeared ( $P < 0.142$ ,  $\eta_p^2 = 0.031$ ).

In untrained tasks, the duration for the PTMT levels 2, 3, and 5 in the follow-up was still improved in the IG compared to the CG ( $P = 0.025$ – $0.043$ ). The effect sizes for these group

effects at follow-up varied between medium and large ( $\eta_p^2 = 0.085$ – $0.246$ ). No sustained training effects were found for accuracy. At follow up, between-group differences of the PTMT score tightly failed to reach significance ( $P < 0.067$ ,  $\eta_p^2 = 0.047$ ).

### Discussion

The present study demonstrates that a computerized, game-based training method (Physiomat®) is feasible and improves highly challenging motor-cognitive performances in trained and untrained tasks in a sample of multi-morbid, frail older people with mild to moderate dementia. Training-induced improvements were partially sustained three months after training cessation.

### Physiomat® intervention effects on trained tasks

People with mild to moderate dementia improved significantly in duration and accuracy of Physiomat® task performance. Participants also learned to perform more complex Physiomat® tasks after exergame training (PTMT score).

Table 2. Training effects and sustainability of Physiomat® intervention on trained tasks and PTMT score.

Task	Variable	T1		T2		T3		T1-T2		T1-T3				
		n	Mean (SD)	n	Mean (SD)	n	Mean (SD)	% change Mean (SD)	P	$\eta^2$	% change Mean (SD)	P	$\eta^2$	
FTBT	Duration (s)	IG	56	30.9 (17.5)	47	19.3 (4.6)	39	20.8 (6.5)	-28.8 (18.8)	<0.001	0.253	-27.4 (19.0)	0.049	0.055
		CG	43	28.9 (15.7)	37	23.4 (5.5)	33	22.3 (5.4)	-8.7 (20.4)			-10.4 (30.1)		
PTMT Level 1	Accuracy (digits/ms)	IG	56	4450.4 (2859.8)	47	3169.7 (557.2)	39	3166.8 (658.4)	-18.6 (24.5)	<0.001	0.144	-20.3 (24.8)	0.038	0.061
		CG	43	4164.3 (3922.4)	37	3776.3 (1286.9)	33	3498.8 (824.4)	+3.8 (29.6)			-3.0 (26.9)		
PTMT Level 1	Duration (s)	IG	54	16.7 (20.3)	46	7.2 (1.9)	39	10.7 (13.2)	-41.0 (26.6)	<0.001	0.260	-31.4 (25.3)	0.357	0.013
		CG	40	11.5 (4.7)	36	9.7 (3.1)	33	8.7 (2.7)	-6.3 (29.8)			-11.5 (38.3)		
PTMT Level 2	Accuracy (digits/ms)	IG	54	2849.1 (4199.2)	46	1782.0 (339.7)	39	2012.7 (748.7)	-16.8 (24.0)	0.007	0.092	-11.0 (25.7)	0.648	0.003
		CG	40	2108.1 (911.9)	36	2124.9 (773.9)	33	1971.4 (398.9)	+4.7 (28.3)			-2.2 (21.2)		
PTMT Level 2	Duration (s)	IG	49	21.8 (9.7)	46	14.3 (5.6)	38	13.8 (4.4)	-30.0 (18.7)	<0.001	0.311	-30.1 (19.5)	0.002	0.156
		CG	37	19.9 (11.5)	33	16.7 (4.9)	33	15.2 (3.9)	+0.5 (28.6)			-9.9 (23.1)		
PTMT Level 3	Accuracy (digits/ms)	IG	49	3390.1 (1800.1)	46	2923.1 (803.0)	38	2775.5 (726.3)	-6.8 (18.8)	0.003	0.127	-7.6 (22.7)	0.462	0.009
		CG	37	3005.7 (1066.2)	33	3187.0 (940.1)	33	2895.3 (642.6)	+13.5 (29.7)			+1.0 (22.6)		
PTMT Level 3	Duration (s)	IG	42	28.6 (11.8)	45	20.0 (7.4)	37	19.9 (5.4)	-30.3 (19.2)	<0.001	0.293	-28.7 (18.6)	0.004	0.151
		CG	31	25.9 (10.4)	32	22.7 (5.3)	30	21.9 (6.0)	-1.4 (17.9)			-5.0 (23.2)		
PTMT Level 3	Accuracy (digits/ms)	IG	42	4376.7 (1528.5)	45	3806.1 (1246.3)	37	3733.5 (842.8)	-11.9 (20.1)	0.047	0.065	-9.5 (19.0)	0.095	0.053
		CG	31	3742.8 (557.8)	32	3992.0 (945.8)	30	3941.2 (961.9)	4.3 (23.2)			1.7 (21.0)		
PTMT Level 4	Duration (s)	IG	27	51.3 (16.6)	43	34.9 (7.9)	33	35.5 (9.3)	-34.8 (14.6)	<0.001	0.340	-29.2 (16.8)	0.009	0.208
		CG	19	43.9 (9.0)	19	44.0 (15.5)	21	41.2 (13.8)	5.1 (32.9)			-3.7 (34.6)		
PTMT Level 4	Accuracy (digits/ms)	IG	27	8176.3 (2484.2)	43	6593.3 (1468.6)	33	6613.2 (1499.0)	-20.7 (12.6)	<0.001	0.365	-15.5 (12.9)	0.004	0.244
		CG	19	7724.4 (1676.4)	19	7880.0 (2238.8)	21	7733.4 (1884.1)	+6.8 (21.0)			+3.2 (19.7)		
PTMT Level 5	Duration (s)	IG	16	56.3 (12.1)	40	48.7 (14.7)	28	49.1 (13.8)	-33.8 (12.1)	<0.001	0.589	-24.6 (12.8)	0.149	0.126
		CG	9	58.7 (17.6)	14	56.2 (16.7)	16	62.1 (37.8)	+3.9 (17.1)			+6.1 (52.5)		
PTMT Level 5	Accuracy (digits/ms)	IG	16	8444.3 (2261.5)	40	8005.0 (1906.4)	28	7838.7 (1358.8)	-14.4 (19.2)	0.007	0.329	-9.9 (17.6)	0.037	0.245
		CG	9	8467.8 (1646.8)	14	9560.2 (2855.1)	16	10146.6 (4529.6)	+16.0 (27.8)			+6.0 (18.1)		
PTMT Score	Score (points)	IG	56	3.4 (1.4)	47	4.7 (0.9)	40	4.5 (1.0)	+64.6 (109.8)	<0.001	0.211	+61.4 (120.7)	0.142	0.031
		CG	43	3.2 (1.5)	37	3.6 (1.4)	33	4.0 (1.1)	+13.1 (59.1)			+26.7 (53.9)		

Note: IG = intervention group; CG = control group; N = number of participants; SD = standard deviation; FTBT = Physiomat-Follow-The-Ball Tasks; PTMT = Physiomat-Trail-Making Task; increasing complexity levels (level 1-5) of PTMTs included an increasing number of digits to connect; PTMT score = number of successfully performed PTMT tasks; T1 = baseline assessment before training; T2 = assessment after 10-week training; T3 = assessment after 10-week training; T2 = assessment after 10-week training; T3 = assessment after 10-week training; T3 = assessment after 10-week training; P-values are given for group effects with adjustment for baseline covariates as calculated by analysis of covariance.  $\eta^2$  = partial eta squared is given for effect sizes (group effect).

A decrease in the total test time (in seconds) and an increase of the accuracy (= decrease of sway path in digits/milliseconds) indicate improvement in the duration and accuracy, respectively. An increase in the PTMT score indicates improvement to perform complex tasks.

Table 3. Training effects and sustainability of Physiomat® intervention on untrained PTMT levels and PTMT Score.

Task	Variable	T1		T2		T3		T1-T2		T1-T3	
		n	Mean (SD)	n	Mean (SD)	n	Mean (SD)	% change Mean (SD)	P	% change Mean (SD)	P
PTMT Level 1	Duration (s)										
	IG	54	15.6 (15.6)	46	7.5 (2.1)	39	8.2 (3.0)	-37.2 (22.4)	<0.001	-36.5 (24.1)	0.087
	CG	40	11.2(5.4)	36	9.7 (3.1)	33	8.5 (2.2)	-2.6 (31.7)		-14.9 (27.8)	0.044
PTMT Level 2	Accuracy (digits/ms)										
	IG	54	2523.1 (3040.6)	46	1735.4 (317.1)	39	1737.1 (311.7)	-11.5 (27.4)	0.017	-13.2 (29.2)	0.242
	CG	40	2043.6 (1246.8)	36	1959.8 (543.6)	33	1803.4 (346.1)	+3.6 (26.4)		-2.1 (29.4)	0.021
	Duration (s)										
	IG	48	18.0 (7.4)	46	13.9 (9.9)	38	13.9 (11.0)	-26.6 (21.3)	<0.001	-28.3 (20.6)	0.085
	CG	36	17.9 (8.4)	32	14.7 (3.7)	33	13.1 (2.7)	-3.5 (29.1)		-15.2 (24.6)	0.015
PTMT Level 3	Accuracy (digits/ms)										
	IG	48	2703.4 (1586.1)	46	2683.1 (1746.5)	38	2631.7 (1609.5)	-3.5 (21.7)	0.121	-4.6 (20.1)	0.356
	CG	36	2770.9 (1598.6)	32	2661.6 (785.8)	33	2544.4 (704.2)	+1.8 (28.9)		-3.5 (23.7)	0.090
	Duration (s)										
	IG	39	32.9 (16.5)	45	23.1 (10.9)	36	23.9 (11.6)	-28.5 (25.7)	<0.001	-22.0 (27.1)	0.211
	CG	29	29.6 (15.9)	31	25.4 (7.0)	28	25.2 (6.7)	+0.1 (18.9)		+2.4 (27.5)	0.070
PTMT Level 4	Accuracy (digits/ms)										
	IG	39	5316.9 (2637.1)	45	4539.6 (2924.3)	36	4499.0 (1664.4)	-14.2 (24.7)	0.008	-5.9 (29.2)	0.112
	CG	29	4467.0 (1093.5)	31	4816.0 (1671.0)	28	4823.4 (1174.7)	+7.0 (27.3)		11.1 (21.8)	0.024
	Duration (s)										
	IG	19	38.7 (11.8)	42	33.0 (7.7)	32	33.4 (8.2)	-22.7 (27.4)	0.005	-18.3 (18.7)	0.211
	CG	14	41.4 (9.5)	17	38.7 (12.2)	19	35.4 (9.7)	+2.9 (24.0)		-11.3 (30.3)	0.070
PTMT Level 5	Accuracy (digits/ms)										
	IG	19	7285.2(2346.8)	42	5857.7 (1296.5)	32	6221.3 (1615.9)	-21.9 (16.6)	0.009	-13.3 (18.8)	0.411
	CG	14	8137.4 (2374.7)	17	7671.3 (3642.1)	19	6959.7 (1577.7)	+5.6 (34.5)		-9.6 (19.6)	0.031
	Duration (s)										
	IG	15	55.7 (16.5)	33	48.5 (13.7)	28	47.9 (11.6)	-26.6 (20.4)	0.003	-22.7 (9.9)	0.043
	CG	9	55.5 (11.8)	14	54.5 (15.1)	15	51.6 (12.4)	+6.3 (18.0)		-9.7 (14.9)	0.246
PTMT Score	Accuracy (digits/ms)										
	IG	15	9227.8 (4138.9)	33	8278.5 (2000.1)	28	8121.2 (1734.5)	-16.8 (22.0)	0.001	-9.6 (25.8)	0.059
	CG	9	8598.2 (1539.8)	14	9027.3 (2444.4)	15	9599.7 (3653.9)	+13.0 (19.4)		-0.1 (10.7)	0.218
	Score (points)										
	IG	56	3.1 (1.4)	47	4.5 (1.0)	40	4.3 (1.2)	+69.4 (99.1)	<0.001	+70.0 (120.2)	0.067
	CG	43	3.0 (1.5)	37	3.5 (1.4)	33	3.9 (1.2)	+17.0 (62.8)		+27.4 (53.8)	0.047

Note: IG = intervention group; CG = control group; N = number of participants; SD = standard deviation; FTBT = Physiomat-Follow-The-Ball Tasks; PTMT = Physiomat-Trail-Making Task; increasing complexity levels (levels 1-5) of PTMTs included an increasing number of digits to connect; PTMT score = number of successfully performed Physiomat tasks; T1 = baseline assessment before training; T2 = assessment after 10-week training; T3 = three months after end of training; P = p-values are given for group effects with adjustment for baseline covariates as calculated by analysis of covariance.  $\eta^2$  = partial eta squared is given for effect sizes (group effect). A decrease in the total test time (in seconds) and an increase of the accuracy (= decrease of sway path in digits/milliseconds) indicate improvements in the duration and accuracy, respectively. An increase in the PTMT score indicates improvement to perform complex tasks.

Compared to accuracy, larger effects sizes were found for the duration which might be the result of the test instruction to 'perform the tasks as fast – not as accurate – as possible' which prioritized speed rather than accuracy of action. Results refer to a 'speed-accuracy trade off' showing that when participants perform a test more quickly they may consequently pay with a loss of accuracy (Fitts, 1954; Pichierri et al., 2012). Results may also be influenced by variance of measurement as in the present study accuracy showed a higher standard deviation compared to task duration leading to smaller effect sizes.

Significant Physiomat<sup>®</sup> training effects with highest effect sizes were found under more challenging test conditions. By using increasing complexity levels of the PTMT tasks for assessment, we ensured that each participant could be adequately challenged to assess his or her individual upper maximum motor-cognitive performance level ('testing the limits paradigm'). As some participants reached their performance limit already on lower complexity levels, this assessment and training approach caused, however, reduced sample sizes for the higher complexity levels. The smaller effect sizes for less complex levels might be explained by a potential ceiling effect for participants who may have been unchallenged at these task levels, leading to high performances prior to and after intervention, thereby limiting the impact of the intervention on the simple tasks in these participants. However, the large effect sizes for the high complexity levels despite the small sample sizes demonstrated the effectiveness of the intervention also in high functioning participants at their individual performance limit.

The significant increase in the PTMT score shows that participants of the IG are able to complete more complex tasks after Physiomat<sup>®</sup> intervention. In contrast to a single-case study which reported no opportunity to progress task complexity in an exergame due to memory deficits and difficulties in concentration (McEwen et al., 2014), we could demonstrate that a progress of complexity levels is feasible in older PWD. In addition to the motivating and effective training program, a dementia-specific approach including instructional strategies during training and a supportive attitude towards PWD, which we had successfully developed in previous studies, may have helped to achieve the large training effects (Hauer et al., 2012; Schwenk et al., 2008).

### **Sustainability of effects on trained Physiomat<sup>®</sup> tasks**

In general, training gains decreased after training cessation, but effects were partly sustained at the end of a three-month follow-up period with regard to the performance of motor-cognitive Physiomat<sup>®</sup> tasks. These findings are encouraging as dementia follows a progressive course counteracting cognitive improvements achieved by training. So far, only a very limited number of studies documented long-term effects. Our own results confirm study outcomes of a comparable investigation in persons with CI (Fenney & Lee, 2010) however, achieved in a different study design (case study) in a small sample.

### **Physiomat<sup>®</sup> intervention effects in untrained tasks**

In untrained tasks, participants of the IG showed significant training-induced improvements with effect sizes which were almost equivalent to those found in trained tasks.

The presented outcomes in this sample of PWD are in line with results of previous studies including cognitively healthy older adults which assessed training-related cognitive or motor-cognitive abilities after exergame intervention by using external outcome measures (Anderson-Hanley et al., 2012; Pichierri, Murer, & de Bruin, 2012; Schoene et al., 2013), indicating a medium average effect size for executive function (Anderson-Hanley et al., 2012) and for motor-cognitive demands (Pichierri, Murer, & de Bruin, 2012). Although we did not investigate the generalizability of Physiomat<sup>®</sup> training effects to broader cognitive (e.g. memory skills) or motor-functional domains (e. g. walking) using various external assessments, with the strategy to create an untrained PTMT task constellation at a comparable task level based on a common approach also used by Oswald and Fleischmann (1999) we could exclude motor learning effects for the specific 'course of digits.' Generally, transfer of training gains on untrained conditions would appear more likely when training and assessment tasks share common demands and require similar or identical skills, respectively (Kliem & Wiemeyer, 2010; Naumann, Kindermann, Joch, Munzert, & Reiser, 2015; Oei & Patterson, 2013). The evidence for transfer effects on domains which are not related to the game's motor-cognitive demands remains generally unclear in PWD (Bahar-Fuchs et al., 2013) as they show a reduced ability to apply acquired skills to untrained contexts (Dick, Hsieh, Bricker, & Dick-Muehlke, 2003). A study examining the usability of an exergame in CI showed that improvements in a game-based TMT did not translate into improvements in the corresponding standard paper-pencil TMT indicating the high specificity of exergame training (Ben-Sadoun et al., 2016). Based on the conflicting results it seems that more research will be requested to examine transfer effects especially of motor-cognitive exergaming on broader and non-trained cognitive abilities, motor-functional skills, and psycho-social domains in the target sample.

### **Adherence and feasibility**

The adherence to Physiomat<sup>®</sup> training was high (86.3%) which is comparable to previous studies focusing on motor-cognitive exergames for training purposes in cognitively healthy older adults (Pichierri et al., 2012; Schoene et al., 2013). A possible factor that contributed to the high training adherence in exergame training programs is that especially game-based approaches incorporate direct feedback as well as a playful and therefore more motivational aspect (e.g. Robert et al., 2014; Schoene et al., 2014). By our experience, the Physiomat<sup>®</sup> represented a very motivational training approach as, with one exception, who reported high general anxiety/fear of falling, no participants rejected to take part. Although we did not specifically document motivation or perception of the training, the feedback was excellent, inviting persons to take part, who may have otherwise not accepted established exercise-based training ('would not do sports or exercises but this is real fun!'). Physiomat<sup>®</sup> did not have specific game-like tokens to increase motivation or to develop a 'real game.' But what constitutes a 'game'? Participants emphasized that Physiomat<sup>®</sup> is fun indicating that this training device has a playful and motivating character. Additionally, participants of both groups were very sad at the end of the training program as they 'will miss the trainers' regular support' and especially 'the other participants.' Apart from the

motivating nature of the training, patients' positive appraisal may have been also based on the patient-centered approach we used in both groups (Hauer et al., 2012; Schwenk, Zieschang, Oster, & Hauer, 2010) indicating that they felt accepted and that there was a sense of commitment between the participants, which is also a key factor influencing adherence to the training program in PWD (Suttanon, Hill, Said, Byrne, & Dodd, 2012). Some of the participants also reported that the exercise program including Physiomat<sup>®</sup> training was well designed, especially in terms of visit frequency and program complexity as another crucial factor for training adherence, fostering their self-efficacy by constant positive feedback and the experience to be able to regain abilities often deemed to have gone for good.

Participants' safety was a clear focus in this intervention trial as exergame training and assessment were strictly supervised and dementia-specific. As a result, no critical events like falls or slips occurred during training and assessment, indicating a high feasibility of the Physiomat<sup>®</sup> intervention and the involved measurements as well as a low risk of falling in the vulnerable population of multi-morbid older persons with dementia. Our findings are similar to those reported in studies using other less challenging exergames (e.g. Nintendo Wii<sup>™</sup>) in PWD (McEwen et al., 2014; Padala et al., 2012) or in cognitively healthy older adults (Chao et al., 2015).

### Benefits of game-based interventions

The present paper introduces Physiomat<sup>®</sup> as an innovative exergame challenging attention-related functions combined with complex motor performance. We could show that a specific exergame intervention with a high cognitive load can lead to significant improvements in motor-cognitive functions, but older adults and people with mild to moderate dementia can benefit from supervised exergame training in many other aspects: Exergames may provide meaningful approaches as they encourage the elderly to 'be active' or exercise regularly in contrast to traditional strength, endurance, or balance training as these training programs might be less enjoying, funny, and motivating. Although it may be too expensive to provide Physiomat<sup>®</sup> to individuals for a home-based training program, exergames are generally effective to enable multi-component home-based health care. Exergames' benefits such as increased physical and cognitive activity but also social participation or autonomy are very relevant to achieve quality of life especially in people with mild to moderate dementia indicating also an important benefit for caregivers or dependants as dementia-specific behavioral disorders and psychological symptoms might be reduced due to a stimulating and fun-evoking environment.

### Limitations and future research

The study design compared a combination of different training modules, such as dual-task training, motor learning, and the game-based training by Physiomat<sup>®</sup> to improve different motor-cognitive performances, with a low-intensity training unspecific for the training goals of the intervention group. Although the assessment strategies and training approaches were highly specific leading to significant between-group differences with high effects sizes for training gains in the IG, we cannot preclude translational effects to occur in the IG but also in the unspecific CG. We chose a control activity similar in

the organization of training (supervised training groups) mainly to prevent potential Hawthorne effects (e.g. unspecific psycho-social effects by taking part in an intervention) but did not include a usual care group to test a 'natural course' of performance levels. Based on the progressive course of dementia and a potential supportive effect of the provided CG activity, a usual care group may therefore have a more pronounced decline in performances.

### Conclusion

Only scarce evidence in the scientific literature on the effects of motor-cognitive exergaming in PWD is available. Our results showed that exergame training is feasible and highly effective in multi-morbid, frail older PWD, the latter being documented by substantial and sustainable improvements in task-specific motor-cognitive performances. We could also demonstrate a transfer of positive effects from trained to untrained tasks, with most performances still improved after training cessation, suggesting a benefit of exergaming with respect to transfer of acquired skills with the potential to translate into generalizing cognitive effects.

In summary, this interventional study provides Class I evidence that the presented dementia-specific training method improves motor-cognitive performances in people with mild to moderate dementia. The training program may represent a model for structured rehabilitation training and training in care settings in this special group of participants using a serious game-based training program.

### Acknowledgment

We kindly thank M. Günther-Lange for her assistance in training and supervising the participants.

### Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

### Funding

The study was supported by the Dietmar Hopp Stiftung, the Robert Bosch Stiftung, and the Network of Aging Research (NAR). Mrs. Lemke received the Robert Bosch grant.

### ORCID

Christian Werner  <http://orcid.org/0000-0003-0679-3227>

### References

- Aebi, C. (2002). *Validierung der neuropsychologischen Testbatterie CERAD-NP: Eine Multi-Center Studie* (Doctoral dissertation). Universität Basel.
- Almeida, O. P., & Almeida, S. A. (1999). Short versions of the geriatric depression scale: A study of their validity for the diagnosis of a major depressive episode according to ICD-10 and DSM-IV. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 14, 858–865.
- Anderson-Hanley, C., Arciero, P. J., Brickman, A. M., Nimon, J. P., Okuma, N., Westen, S. C., ... Zimmermann, E. A. (2012). Exergaming and older adult cognition: A cluster randomized clinical trial. *American Journal of Preventive Medicine*, 42(2), 109–119.
- Angevaren, M., Aufdemkampe, G., Verhaar, H. J., Aleman, A., & Vanhees, L. (2008). Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment. *Cochrane Database Systematic Review*, 16(3), CD005381. doi:10.1002/14651858.CD005381

- Bahar-Fuchs, A., Clare, L., & Woods, B. (2013). Cognitive training and cognitive rehabilitation for mild to moderate Alzheimer's disease and vascular dementia. *Cochrane Database Systematic Review*, 6, CD003260.
- Belle, S. H., Mendelsohn, A. B., Seaberg, E. C., & Ratcliff, G. (2000). A brief cognitive screening battery for dementia in the community. *Neuroepidemiology*, 19, 43–50.
- Ben-Sadoun, G., Sacco, G., Manera, V., Bourgeois, J., König, A., & Robert, P. (2016). Physical and cognitive stimulation using an exergame in subjects with normal aging, mild and moderate cognitive impairment. *Journal of Alzheimer's Disease*, 53, 1299–1314.
- Betker, A. L., Szturm, T., & Moussavi, Z. (2005). Development of an interactive motivating video for rehabilitation movements. *Conference Proceedings IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 3, 2341–2344.
- Chao, Y. Y., Scherer, Y. K., & Montgomery, C. A. (2015). Effects of using Nintendo Wii™ exergames in older adults: A review of the literature. *Journal of Aging and Health*, 27(3), 379–402. doi:10.1177/0898264314551171
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New York, NY: Academic Press.
- Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study. *Psychological Science*, 14, 125–130.
- Dick, M. B., Hsieh, S., Bricker, J., & Dick-Muehlke, C. (2003). Facilitating acquisition and transfer of a continuous motor task in healthy older adults and patients with Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 17(2), 202–212.
- Dick, M. B., Hsieh, S., Dick-Muehlke, C., Davis, D. S., & Cotman, C. W. (2000). The variability of practice hypothesis in motor learning: Does it apply to Alzheimer's disease? *Brain and Cognition*, 44, 470–489.
- Fenney, A., & Lee, T. D. (2010). Exploring spared capacity in persons with dementia: What WiiTM can learn. *Activities, Adaptation & Aging*, 34, 303–313.
- Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47(6), 381–391.
- Fitzgerald, D., Trakarnratanakul, N., Smyth, B., & Caulfield, B. (2010). Effects of a wobble board-based therapeutic exergaming system for balance training on dynamic postural stability and intrinsic motivation levels. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 40(1), 11–19.
- 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, 189–198.
- Galimberti, D., & Scarpini, E. (2012). Progress in Alzheimer's disease. *Journal of Neurology*, 259(2), 201–211.
- Hauer, K., Kempen, G., Schwenk, M., Yardley, L., & Zijlstra, 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, 462–472.
- Hauer, K., Pfisterer, M., Schuler, M., Bärttsch, P., & Oster, P. (2003). Two years later: A prospective long-term follow-up of a training intervention in geriatric patients with a history of severe falls. *Archives of Physical and Medicine Rehabilitation*, 84(10), 1426–1432.
- 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 Geriatric Society*, 60(1), 8–15.
- Heyn, P., Abreu, B. C., & Ottenbacher, K. J. (2004). The effects of exercise training on elderly persons with cognitive impairment and dementia: a metaanalysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(10), 1694–1704.
- Hueger, D., Zieschang, T., Schwenk, M., Oster, P., Becker, C., & Hauer, K. (2009). Designing studies on the effectiveness of physical training in patients with cognitive impairment. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 42, 11–19. doi:10.1007/s00391-008-0529-8
- Hughes, T. F., Flatt, J. D., Fu, B., Butters, M. A., Chang, C. C., & Ganguli, M. (2014). Interactive video gaming compared with health education in older adults with mild cognitive impairment: A feasibility study. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 29(9), 890–898. doi:10.1002/gps.4075
- Kliem, A., & Wiemeyer, J. (2010). Comparison of a traditional and a video game based balance training program. *International Journal of Computer Science in Sport*, 9, 80–92.
- Laufer, Y., Dar, G., & Kodesh, E. (2014). Does a Wii-based exercise program enhance balance control of independently functioning older adults? A systematic review. *Clinical Interventions in Aging*, 9, 1803–1813. doi:10.2147/CIA.S69673
- Lautenschlager, N. T., Cox, K., & Cyarto, E. V. (2012). The influence of exercise on brain aging and dementia. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1822(3), 474–481.
- Law, L. L., Barnett, F., Yau, M. K., & Gray, M. A. (2014). Effects of combined cognitive and exercise interventions on cognition in older adults with and without cognitive impairment: A systematic review. *Ageing Research Reviews*, 15, 61–75.
- Legouverneur, G., Pino, M., Boulay, M., & Rigaud, A. S. (2011). Wii sports, a usability study with MCI and Alzheimer's patients. *Alzheimer's and Dementia*, 7, 500–50. doi:https://doi.org/10.1016/j.jalz.2011.05.2398
- Littbrand, H., Stenvall, M., & Rosendahl, E. (2011). Applicability and effects of physical exercise on physical and cognitive functions and activities of daily living among people with dementia: A systematic review. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90, 495–518.
- Livingston, G., Kelly, L., Lewis-Holmes, E., Baio, G., Morris, S., Patel, N., ... Cooper, C. (2014). Non-pharmacological interventions for agitation in dementia: Systematic review of randomised controlled trials. *The British Journal of Psychiatry*, 205, 436–442.
- McEwen, D., Taillon-Hobson, A., Bilodeau, M., Sveistrup, H., & Finestone, H. (2014). Two-week virtual reality training for dementia: Single case feasibility study. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 51(7), 1069–1076.
- Miller, K. J., Adair, B. S., Pearce, A. J., Said, C. M., Ozanne, E., & Morris, M. M. (2014). Effectiveness and feasibility of virtual reality and gaming system use at home by older adults for enabling physical activity to improve health-related domains: A systematic review. *Age and Ageing*, 43(2), 188–195. doi:10.1093/ageing/aft194
- Molina, K. I., Ricci, N. A., de Moraes, S. A., & Perracini, M. R. (2014). Virtual reality using games for improving physical functioning in older adults: A systematic review. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 11, 156. doi:10.1186/1743-0003-11-156
- Morris, J. C., Mohs, R. C., Rogers, H., Fillenbaum, G., & Heyman, A. (1988). Consortium to establish a registry for Alzheimer's disease (CERAD) clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease. *Psychopharmacology Bulletin*, 24, 641–652.
- Naumann, T., Kindermann, S., Joch, M., Munzert, J., & Reiser, M. (2015). No transfer between conditions in balance training regimes relying on tasks with different postural demands: Specificity effects of two different serious games. *Gait and Posture*, 31(3), 774–779. doi:10.1016/j.gaitpost.2015.02.003
- Nyman, S. R., & Victor, C. R. (2011). Older people's recruitment, sustained participation, and adherence to falls prevention interventions in institutional settings: A supplement to the Cochrane systematic review. *Age and Ageing*, 40(4), 430–436.
- O'Brien, J. T., & Burns, A. (2011). Clinical practice with anti-dementia drugs: A revised (second) consensus statement from the British Association for Psychopharmacology. *Journal of Psychopharmacology*, 25, 997–1019.
- O'Bryant, S. E., Humphreys, J. D., Smith, G. E., Ivnik, R. J., & Lucas, J. A. (2008). Detecting dementia with the mini-mental state examination in highly educated individuals. *Archives of Neurology*, 65(7), 963–967.
- Oddy, R. (1987). Promoting mobility in patients with dementia: Some suggested strategies for physiotherapists. *Physiotherapy Practice*, 3, 18–27.
- Oei, A. C., & Patterson, M. D. (2013). Enhancing cognition with video games: A multiple game training study. *PLoS One*, 8(3), e58546. doi:10.1371/journal.pone.0058546
- Oswald, W. D., & Fleischmann, U. M. (1999). *Das Nürnberger-Alters-Inventar (NAI) – Testinventar & NAI-Testmanual und Textband*. Göttingen: Hogrefe.
- Oyebode, J. R., & Parveen, S. (2016). Psychosocial interventions for people with dementia: An overview and commentary on recent developments. *Dementia (London)* [Epub ahead of print]. doi: 10.1177/1471301216656096.
- Padala, K. P., Padala, P. R., Malloy, T. R., Geske, J. A., Dubbert, P. M., Dennis, R. A., ... Sullivan, D. H. (2012). Wii-fit for improving gait and balance in an assisted living facility: A pilot study. *Journal of Aging Research*, 2012, 597573. doi:10.1155/2012/597573
- Pichierri, G., Murer, K., & de Bruin, E. D. (2012). A cognitive-motor intervention using a dance video game to enhance foot placement accuracy and gait under dual task conditions in older adults: A randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*, 14, 74. doi:10.1186/1471-2318-12-74
- Pichierri, G., Wolf, P., Murer, K., & de Bruin, E. D. (2011). Cognitive and cognitive-motor interventions affecting physical functioning: A systematic review. *BMC Geriatrics*, 11, 29.

- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed Up and Go: A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatric Society*, 39, 944–954.
- Robert, P. H., König, A., Amieva, H., Andrieu, S., Bremond, F., Bullock, R., ... Manera, V. (2014). Recommendations for the use of serious games in people with Alzheimer's disease, related disorders and frailty. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6, 54. doi:10.3389/fnagi.2014.00054
- Salomone, S., Caraci, F., Leggio, G. M., Fedotova, J., & Drago, F. (2012). New pharmacological strategies for treatment of Alzheimer's disease: Focus on disease modifying drugs. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 73(4), 504–517.
- Schoene, D., Lord, S. R., Delbaere, K., Severino, C., Davies, T. A., & Smith, S. T. (2013). A randomized controlled pilot study of home-based step training in older people using videogame technology. *PLoS One*, 8, e57734. doi:10.1371/journal.pone.0057734
- Schoene, D., Valenzuela, T., Lord, S. R., & de Bruin, E. D. (2014). The effect of interactive cognitive-motor training in reducing fall risk in older people: A systematic review. *BMC Geriatrics*, 14, 107. doi:10.1186/1471-2318-14-107
- Schwenk, M., Oster, P., & Hauer, K. (2008). Kraft- und Funktionstraining bei älteren Menschen mit dementieller Erkrankung. *Praxis Physiotherapie*, 2, 59–65.
- Schwenk, M., Zieschang, T., Oster, P., & Hauer, K. (2010). Dual-task performances can be improved in patients with dementia: A randomized controlled trial. *Neurology*, 74, 1961–1968. doi:10.1212/WNL.0b013e3181e39696
- Skjæret, N., Nawaz, A., Morat, T., Schoene, D., Helbostad, J. L., & Vereijken, B. (2016). Exercise and rehabilitation delivered through exergames in older adults: An integrative review of technologies, safety and efficacy. *International Journal of Medical Informatics*, 85(1), 1–16. doi:10.1016/j.ijmedinf.2015.10.008
- Suttanon, P., Hill, K. D., Said, C., Byrne, K. N., & Dodd, K. J. (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. *International Psychogeriatrics*, 24(7), 1172–1182.
- Thalman, B., Spiegel, R., Stäheling, H. B., Brubacher, D., & Monsch, A. U. (2002). Dementia screening in general practice: Optimised scoring for the clock drawing test. *Brain Aging*, 2(2), 36–43.
- Tinetti, M. E. (1986). Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *Journal of the American Geriatric Society*, 34, 119–126.
- Tsoi, K. K., Chan, J. Y., Hirai, H. W., Wong, S. Y., & Kwok, T. C. (2015). Cognitive tests to detect dementia: A systematic review and meta-analysis. *JAMA International Medicine*, 175(9), 1450–1458.
- Van Alphen, H. J. M., Volkers, K. M., Blankevoort, C. G., Scherder, E. J. A., & van Heuvelen, M. J. G. (2016). Older adults with dementia are sedentary for most of the day. *Plos One*, 11(3), e0152457.
- Van der Wardt, V., Hancox, J., Gondek, D., Logan, P., & 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.
- Van Diest, M., Lamoth, C. J. C., Stegegn, J., Verkerke, G. J., & Postema, K. (2013). Exergaming for balance training of elderly: State of the art and future developments. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 10, 101.
- Wei, L. J. (1977). A class of designs for sequential clinical trials. *Journal of the American Statistical Association*, 72, 382–386.
- Weybright, E., Dattilo, J., & Rusch, F. (2010). Effects of an interactive video game (Nintendo Wii) on older women with mild cognitive impairment. *Therapeutic Recreation Journal*, 44, 271–287.
- Wiloth, S., Lemke, N., Werner, C., & Hauer, K. (2016). Validation of a computerized, game-based assessment strategy to measure training effects on motor-cognitive functions in people with dementia. *JMIR Serious Games*, 4(2), e12.
- Yamaguchi, H., Maki, Y., & Takahashi, K. (2011). Rehabilitation for dementia using enjoyable video-sports games. *International Psychogeriatrics*, 23, 674–676.
- Yogev-Seligmann, G., Hausdorff, J. M., & Giladi, N. (2008). The role of executive function and attention in gait. *Movement Disorders*, 23(3), 329–342.

# Schrift 8

---

Journal of Geriatric Physical Therapy

November 2016

***Development and Validation of a Novel Motor-Cognitive Assessment Strategy of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers in People with Dementia.***

Authors: Werner C., Wiloth S., Lemke N.C., Kronbach F., Hauer K.

© 2016 Wolters Kluwer

Die folgende Schrift ist die finale, akzeptierte Manuskript-Version des oben zitierten Originalartikels. Der Originalartikel ist unter [http://journals.lww.com/jgpt/Abstract/publishahead/Development\\_and\\_Validation\\_of\\_a\\_Novel.99793.aspx](http://journals.lww.com/jgpt/Abstract/publishahead/Development_and_Validation_of_a_Novel.99793.aspx) zu finden und kann mit Erlaubnis von Wolters Kluwer in dieser Dissertationsschrift wiederverwendet werden.

(This is a non-final version of an article published in the final form in the *Journal of Geriatric Physical Therapy*: [http://journals.lww.com/jgpt/Abstract/publishahead/Development\\_and\\_Validation\\_of\\_a\\_Novel.99793.aspx](http://journals.lww.com/jgpt/Abstract/publishahead/Development_and_Validation_of_a_Novel.99793.aspx).)

DOI: 10.1519/JPT.0000000000000000 116

PMID: 27893569



# **Development and Validation of a Novel Motor-Cognitive Assessment Strategy of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers in People with Dementia**

**Christian Werner, MA<sup>1</sup>; Stefanie Wiloth, MA<sup>1,2</sup>; Nele Christin Lemke, MA<sup>1,3</sup>; Florian Kronbach, MD<sup>4</sup>, and Klaus Hauer, PhD<sup>1</sup>**

Email: C. Werner: christian.werner@bethanien-heidelberg.de; S. Wiloth: stefanie.wiloth@dwi.uni-heidelberg.de; N. C. Lemke: nele.c.lemke@gmail.com; F. Kronbach: florian.kronbach@umm.de; Hauer: khauer@bethanien-heidelberg.de.

<sup>1</sup> AGAPLESION Bethanien Hospital, Geriatric Center at the University of Heidelberg, Heidelberg, Germany.

<sup>2</sup> The Institute for the Study of Christian Social Service at the University of Heidelberg, Heidelberg, Germany.

<sup>3</sup> Network of Aging Research (NAR), University of Heidelberg, Heidelberg, Germany.

<sup>4</sup> University Medical Center Mannheim, University of Heidelberg, Mannheim, Germany.

## **Corresponding Author:**

Christian Werner

AGAPLESION Bethanien Hospital, Geriatric Center at the University of Heidelberg

Rohrbacher Str. 149

69126 Heidelberg, Germany

Phone: +49 6221 319 1760

Fax: +49 6221 319 1435

## **Conflict of Interest and Source of Funding**

The authors declare no conflicts of interest.

This article is based on a study funded by the Dietmar Hopp Foundation, the Robert Bosch Foundation, and the Network of Aging Research (NAR) at the University of Heidelberg.

## **ABSTRACT**

**Background and Purpose:** People with dementia show disease-specific sit-to-stand (STS) movement disorders, which relate to deficits of integrating cognitive aspects of motor processes into motor action organization. During STS training in rehabilitation therapy, compensatory STS movement maneuvers are taught aiming to improve patients' STS ability. Previous clinical STS measures do not address these maneuvers or assess cognitive aspects of their motor action organization. The purpose of this study was to develop and validate a motor-cognitive STS assessment instrument for people with dementia (Assessment of Compensatory Sit-to-stand maneuvers In people with Dementia, ACSID).

**Methods:** The ACSID covers the recall, initiation, and effective performance of compensatory STS movement maneuvers. The inter- and intra-rater reliability, concurrent validity, sensitivity to change, and feasibility were investigated by secondary analysis of data of 97 participants from a randomized, controlled trial to improve motor-cognitive performances in people with mild to moderate dementia (mean [standard deviation] age: 82.5 [5.9] years, Mini-Mental Status Examination: 21.9 [2.9] points). Concurrent validity of the individual ACSID items was assessed against reference criteria derived from video-motion analysis.

**Results:** Good to excellent inter- ( $\kappa$  [ $\kappa$ ] = .64-.99; intra-class correlation coefficient [ICC] = .74-.89) and intra-rater ( $\kappa$  = .77-.91; ICC = .77-.91), concurrent validity (point-biserial correlation coefficients = |.56|-.84), and sensitivity to change (standardized response means = .61-1.00) was found. Feasibility was excellent with a high completion rate (96.9%), no critical events during assessment, and no floor or ceiling effects.

**Conclusion:** The ACSID represents the first, observation-based assessment instrument to document motor and cognitive aspects in the execution of a motor key feature in people with dementia, and has been shown to be reliable, valid, feasible, and sensitive to intervention-induced changes.

**Key Words:** sit-to-stand, movement strategy, assessment, dementia, rehabilitation

## INTRODUCTION

The sit-to-stand (STS) movement is a motor key component of functional mobility in everyday life. However, difficulties in performing a STS transfer are common among older adults and a high occurrence of falls during STS transfers has been reported.<sup>1,2</sup> STS difficulties in older adults are associated with increased risk of falling and subsequent disability, institutionalization, and mortality.<sup>3-5</sup> Therefore, recovering or improving the STS performance is a major aim of rehabilitation medicine. For successful therapy planning, management and evaluation, however, clinicians need valid, reliable, sensitive, and feasible measurement tools that enable an appropriate assessment of a patient's STS ability.<sup>6</sup>

The STS movement represents the most biomechanically demanding functional task in activities of daily living (ADLs), requiring more lower-limb strength and greater joint ranges of motion than walking or stair climbing.<sup>7-9</sup> Involving the motion of all body segments, the STS movement, defined as moving the body's center of mass (COM) from an intrinsically stable sitting position through a dynamically unstable transition phase to a quasi-static standing position on a small base of support (BOS),<sup>9</sup> requires not only sufficient muscle strength and joint mobility, but also adequate motor planning and control as well as balance ability.<sup>10-12</sup> However, as a consequence of the aging process, these subject-related determinants for successfully completing the STS movement decrease with age.<sup>13-15</sup>

In people with dementia (PWD), also disease-related disorders in the motor action organization of the STS transfer have been reported,<sup>16</sup> indicating that cognitive impairment may have an additional detrimental effect on STS performance. In comparison to healthy elderly, PWD showed significantly different spatio-temporal features in the STS motion. They reduced their forward trunk flexion, i.e. motion in the horizontal plane, coupled with an earlier initiation of motion components in the vertical plane (lower-limb and trunk extension).<sup>16</sup> This so-called "dominant vertical chair-rise strategy" increases the maximum knee torque, requires greater effort in lower-limb muscles, and decreases the overall efficiency of the STS movement.<sup>12,17</sup> Such motor behavior may relate particularly to the decline in attention control of executive functions,<sup>16</sup> which is among the earliest symptoms of dementia along with amnesia.<sup>18</sup> Executive functions are defined as higher-order cognitive functions that are necessary to plan, initiate, control, and execute a sequence of goal-oriented complex actions.<sup>19</sup> However, PWD lose their capacity of integrating such high-level, cognitive aspects of motor processes (i.e. motor planning, initiation, control) into motor action organization.<sup>16,20</sup> These deficits in attention and executive functions may potentially provide the causal link to the extraordinary high fall risk reported in PWD.<sup>21,22</sup>

During STS (re-)training in rehabilitation therapy, specific STS movement maneuvers for different sub-phases of the STS transfer represent a focus to enhance a patient's STS ability by compensating for deficits in subject-related STS determinants (e.g. muscle weakness, balance disturbances, impaired motor planning/control). These compensatory STS movements include: initial sliding the buttocks forward in the anterior portion of the chair seat,<sup>23,24</sup> moving the feet back toward the chair,<sup>25,26</sup> straightening and stabilizing the upper body in preparation for the trunk flexion,<sup>27</sup> and leaning the upper body forward.<sup>28,29</sup>

In clinical practice, the patient's STS ability is commonly assessed through performance-based/-oriented measures by using the time to complete a specified number of chair stand repetitions (e.g. 5 times) the number of chair stand repetitions during a specified time interval (e.g. 10 seconds),<sup>5,30</sup> or single item scores covering the patient's requirements for STS assistance on observation-based rating scales (e.g. Performance-Oriented Mobility Assessment (POMA), Berg Balance Scale).<sup>31,32</sup> Such outcomes may serve as quick input for guiding rehabilitation; however, they do not address compensatory STS maneuvers nor do they provide any detailed information on movement disorders or the patient's motor action organization and thereby on the quality of the STS task.<sup>33</sup> In clinical research, qualitative aspects of the STS movement process have so far been captured by using video-based tracking methods and/or force plates or body-fixed sensors comprising accelerometers and gyroscopes.<sup>16,17,25,34,35</sup> However, the costs, time requirements, and expertise necessary to interpret the findings of these instrumented approaches may have limited their implementation in routine clinical practice. A recent review on STS movement analyses concluded that the STS movement as a complex, multifactorial transfer skill is not yet adequately addressed by the previous STS assessments in the clinical practice and called for the development of a clinical tool able to capture also qualitative aspects of the STS transfer.<sup>33</sup>

In the design of such qualitative STS assessment instruments, it should, however, be considered that physical performance measures for the elderly in general may be inappropriate for use in PWD, whose functional disabilities may relate particularly to deficits in cognitive functions.<sup>36</sup> Motor testing requires that subjects are able to comprehend test instructions, develop an adequate motor action/sequence, and recollect both during the execution of the test. Another prerequisite is that the subject show adequate motivation and attention during test procedure.<sup>37</sup> However, due to the decline in memory, attention, and executive functions, PWD may have difficulties in all these domains. Thus, a suitable, comprehensive STS assessment tool for PWD would be one that covers not only the motor

aspects of the STS movement process, but also cognitive aspects that are related to the planning, control and execution of the motor task.

Following the limitations in clinical STS assessment and taking into account dementia-specific disorders in the motor action organization, we developed an innovative qualitative, observation-based STS assessment instrument specifically designed to address motor and cognitive aspects of compensatory STS movement maneuvers in PWD (Assessment of Compensatory Sit-to-stand maneuvers In people with Dementia [ACSID]). In this article, we present comprehensive data on its clinimetric properties including inter- and intra-rater reliability, concurrent validity, sensitivity to change, and feasibility.

## **METHODS**

### **Study Design**

The present study involved secondary analysis of data from a double-blinded, randomized, placebo-controlled trial (RCT) to improve motor-cognitive performances in people with mild to moderate dementia (ISRCTN37232817). The RCT was conducted according to the Declaration of Helsinki and was approved by the ethics committee of the Medical Department of the University of Heidelberg.

### **Setting and Participants**

Participants were consecutively recruited from rehabilitation wards of a German geriatric hospital, nursing homes, and a community-dwelling population. Eligible participants were screened for cognitive impairment using the Mini-Mental State Examination (MMSE).<sup>38</sup> In those with MMSE scores from 17 to 26, a comprehensive neuropsychological testing was performed based on the Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease (CERAD) test battery,<sup>39</sup> a modified Trail Making Test (ZVT-G),<sup>40</sup> and a digit-span test (ZN-G).<sup>40</sup> Individuals meeting predefined CERAD criteria for probable dementia were included in the study. Further inclusion criteria were:  $\geq 65$  years; no severe neurologic, cardiovascular, metabolic, or psychiatric disorders; residence within 15 kilometers of the study center; ability to walk at least 10 meters without a walking aid, written informed consent (obtained from patients or their legal representatives).

### **Descriptive Measures**

Demographic and clinical characteristics including age, gender, education, social status (independent vs. institutionalized), multi-morbidity (number of medications, diagnoses), and falls in the previous year

were documented from patient charts or by standardized patient interviews. Trained interviewers assessed psychological status for depression (Geriatric Depression Scale) and fear of falling (7-item Short Falls Efficacy Scale-International).<sup>41-43</sup> Functional performance tests included the POMA and the 5-chair-stand test with seat placed at knee height.<sup>5,31</sup>

### **The Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers In People with Dementia**

Serial motor tasks such as the STS transfer can be broken down and sequenced into sub-phases to reduce their complexity, to decelerate the total movement speed, and to facilitate the motor learning process in rehabilitation therapy.<sup>44</sup> Accordingly, the compensatory STS movement strategy is distinguished into 5 sub-phases: (1) buttocks displacement; (2) feet displacement; (3) trunk straightening; (4) trunk flexion, and (5) standing up.

Considering simple biomechanical principles, specific movement maneuvers for these sub-phases are trained in rehabilitative STS training interventions to reduce the effort in lower limb muscles and to facilitate balance control during the STS transfer. An initial anterior buttocks displacement and posterior feet displacement position shortens the horizontal distance over which the COM must be moved forward in order to stand up successfully already in the stable sitting position. The shorter this distance, the smaller the COM lever arm, reducing the magnitude of the torque required to be generated around the knee. In contrast, a larger distance (posterior buttocks, anterior feet) requires greater and more abrupt forward COG displacement to develop a momentum large enough to successfully reach the standing position. The dynamically moving COM requires, in turn, greater postural control to prevent the loss of anterior-posterior (AP) stability during STS.<sup>25,45</sup> Straightening the upper body to an extended, active sitting posture (i.e. trunk muscle activation) before start rising (defined as the time at which the trunk flexion begins) and keeping the upper body extended during leaning forward increases the trunk stability while it rotates forward at the hips, and thus facilitate the STS balance control.<sup>27</sup> An excessive trunk flexion prior to lift-off (LO, defined as the buttocks first begins to leave the chair seat) shifts the COM decisively toward the rotational axis of the knee joint and the BOS, which further reduces the knee torque and the extension load in lower limbs to raise the body to the standing position.<sup>29,46</sup> When the COM is moved over the BOS while still in seated position, the critical, unstable transition phase is essentially eliminated, allowing moving from an inherently stable position on the 3-point BOS (buttocks and each foot) at LO directly to the 2-point support position on both feet by low momentum generation to be controlled.<sup>46</sup> However, when a further trunk flexion occurs after LO, the

forward momentum of the upper body, which has now to be effectively decelerated and transferred to vertical momentum on a smaller BOS (feet), also increases, requiring greater postural control to bring the body into the upright standing position.

The ACSID was specifically developed for PWD, assessing motor and cognitive aspects in the movement execution of these compensatory STS maneuvers. The ACSID items were directly derived from the STS training commonly performed in geriatric rehabilitation, covering all 5 sub-phases of the compensatory STS strategy. As dementia-specific disorders in motor action organization may particularly relate to deficits in executive functions, we developed an assessment instrument that covers also cognitive aspects of the STS motor process. Each item was therefore subdivided into 2 dimensions: (1) 'retrieval/recall and initiation' (RI), representing rather the cognitive dimension, and (2) 'effective performance' (EP), representing rather the motor dimension. The RI dimension covers the ability to recall and initiate the STS maneuvers, whereas the EP dimension covers the ability to effectively complete the maneuvers as intended. The 5 items of each dimension are rated dichotomously (0 = no, 1 = yes) and summed to yield a score for the RI (ACSID-RI, range 0-5) and the EP dimension (ACSID-EP, range 0-5). A total score is calculated as the sum of both dimension scores (ACSID-T, range 0-10).

A similar dimension-based assessment approach has been developed and validated for assessing functional disabilities in dementia by the Disability Assessment for Dementia (DAD) scale.<sup>36</sup> The DAD focuses on cognitive dimensions of disabilities in ADLs (e.g. dressing, eating telephoning) by subdividing activities into executive functions that are related to cognitive performance in functional activities (i.e. initiation, planning and organization, and effective performance). In contrast to the ACSID, whose scoring is based on direct observation of performance by rater, the DAD uses proxy-respondents for scoring who assess the subject's ADL performance based on observations made during the 2 weeks prior to the interview. Excellent inter- and intra-rater reliability was reported for this assessment approach with intra-class correlation coefficients (ICCs) ranging from .91 to .95.<sup>36,47</sup>

### **Instrumentation and Procedure**

The assessment of the compensatory STS movement strategy was conducted according to a standardized written test protocol. To assess the general ability to stand up from a chair, each participant was initially asked to repeat one chair stand without using their arms. The participants were seated on an armless, backless chair of adjustable height, with seat placed at 100% knee height, measured as

the distance from the left medial tibial plateau to the floor.<sup>12</sup> If participants were unable to rise from the regular seat height due to physical limitations, the seat height was adjusted to 110% (120%) of knee height for further procedure.<sup>35</sup> At baseline, the compensatory STS movement strategy was first introduced and demonstrated by the test administrator on a standard chair placed in the sagittal plane in front of the participants for one time. Each movement maneuver of the strategy was simultaneously accompanied by a standardized verbal cue given by the administrator during the demonstration: (1) "slide forward to the front edge of the chair seat"; (2) "move the feet backwards to the edge of the chair seat"; (3) "straighten the upper body, erect the back, and raise up the chest"; (4) "bend the upper body forwards until your buttocks starts leaving the chair seat", and (5) "raise up in an upright standing position without using your arms". Participants were required to pay attention to the administrator's demonstration and verbal cues and to memorize each of the 5 maneuvers presented. Immediately after the demonstration, the administrator instructed the participants to stand up 5 times in a row by using the STS movement strategy demonstrated before ("arise from the chair 5 times in the way it was demonstrated before"). No instructions were given on the speed of standing up. Repeated chair stands could be performed at self-selected pace with short breaks between chair stands if needed (e.g. due to physical limitations, need for reflection time). The buttocks and foot placement were not standardized. Each participant was allowed to relax into his/her own comfortable initial sitting position. During testing, no physical or cognitive assistance was allowed. Each compensatory STS transfer was simultaneously videotaped by a digital camcorder (Xacti VPC-FH1, SANYO Electric Co. Ltd, Moriguchi, Japan) with a fixed sampling rate of 30 frames per second positioned on a tripod 80 cm above the surface at a distance of 4 m from the subjects, perpendicular to the left sagittal plane. Video recording was stopped at the final standing position at the end of the fifth stand. Each video was downloaded to a computer and was used for the ACSID scoring and an objective 2D video-motion analysis.

At post-intervention assessment, the administrator only initiated the task with the command "arise from the chair 5 times in the way you have learned/practiced it in the training sessions". No demonstration of the compensatory STS movement strategy was given prior to the assessment. The subjects' seat height was adjusted according to that used at the baseline assessment.



## **Assessment of Measurement Properties:**

### *Inter- and Intra-rater Reliability*

For the assessment of inter-rater reliability, 2 independent raters performed the ACSID scoring of the baseline video recordings. Viewer ratings of videotaped performances of subjects have been used frequently in reliability studies.<sup>47,48</sup> One of the raters (rater A) was a sport scientist experienced in geriatric mobility and functional assessment measures, whereas the other rater (rater B) was a medical student unexperienced in physical testing of geriatric patients. Prior to the independent ratings, both raters completed a training session on scoring the ACSID with a written scoring guide including the predefined ACSID rating criteria (see Table 1). The video recordings of a small group of pilot subjects were played, using repeated playback, and slow-action and stop-action viewing of the STS transfers while raters discussed scoring of each maneuver for all of the pilot subjects. Disagreements were resolved by consensus-based discussion involving a third experienced rater who was actively involved in the development of the ACSID. Training continued until full agreement among all raters was reached on the scoring of each maneuver for all pilot subjects.

The scoring of the actual test sessions was performed independently by the 2 raters on 2 separate occasions. It was allowed to re-play the videotapes several times where the scoring was unclear. Stopping and slowing down the tape was, however, not permitted.

To establish intra-rater reliability, rater A repeated baseline scoring for the total sample approximately 4 weeks later. During this period of time, the rater was asked to not practice using the ACSID with other patients. A further training session prior to the second scoring was not provided; however, the rater was instructed to use the written scoring guide.

<< *Please insert Table 1 about here* >>

### *Concurrent Validity*

To assess concurrent validity, the 2D video-motion analysis software Kinovea (version 0.8.15, available for download at <http://www.kinovea.org>) was used as an objective, technologically advanced reference measurement to quantify the subjects' movements in terms of measuring point coordinates, distances, and angles in 2 dimensions. By using this software, we were able to calculate objective, external reference criteria for direct comparison of each ACSID item. Videos were consequently analyzed by an investigator extensively trained in determining these Kinovea criteria. The investigator was independent of the raters involved in the ACSID reliability testing. In the key frames of each STS maneu-

ver, markers were placed on relevant landmarks of the participants by using the cross marker tool of the Kinovea software. Determinations of key frames were made by visual inspection. The coordinates of the markers placed in the key frames were imported into Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation, Redmond, WA) to manually calculate position displacements, distances from reference lines, and segment angles by simple algebraic or goniometric functions. The Kinovea criteria were computed as follows:

- (1) To quantify the RI dimension of the buttocks displacement, the absolute AP displacement ( $|\Delta x|$ ) of a marker placed at the most posterior contact of the buttocks with the chair seat (BC) prior to the buttocks' LO was calculated. At the end of the buttocks displacement, the relative AP distance of BC to a vertical axis passing the center of the chair seat (zero mark) was calculated to quantify the criterion for the EP dimension of this STS maneuver. An anterior buttocks position was recorded as positive and a posterior buttocks position as negative distance values.
- (2) The criterion for the RI dimension of the feet displacement was calculated as the absolute AP displacement ( $|\Delta x|$ ) of a marker placed at the most anterior contact of the left foot with the ground (FT) prior to LO. The final foot position, defined as the AP distance of FT relative to a vertical axis passing the most anterior point of knee (zero mark) at LO, was used as the criterion for the EP dimension of the feet displacement. An anterior foot position was recorded as positive and a posterior foot position as negative distance values.
- (3) The RI dimension of straightening the trunk was quantified by calculating the changes (i.e. flexion, extension) in the spinal curvature before start rising. The spinal curvature was assessed by the thoracic and the thoraco-lumbar angle which was determined using a modified method of the approach described by Groeneveld<sup>49</sup> (see Figure 1), quantifying the spinal curves based on back surface tracking. Flexion angles were represented as positive angles, whereas extension angles were represented as negative angles. As in young adults, an erect, upright sitting posture is associated with less thoracic flexion and greater lumbar extension angles,<sup>50,51</sup> we assumed that the RI dimension of straightening the trunk is associated with a decrease of a curvature index calculated as the sum of thoracic and the thoraco-lumbar angle. This index was also used to quantify the upper body posture during trunk flexion. For this, the index was averaged over the start, half-time and end of flexion, hypothesizing that an upright upper body posture during trunk flexion is associated with a lower mean curvature index.

<< Please insert Figure 1 about here >>

- (4) To quantify the trunk flexion, we calculated the trunk angle, defined as the angle of the line VP-SC relative to the vertical axis of the global coordinate system,<sup>52</sup> during leaning forward. Angles anterior (posterior) to the vertical axis were represented as positive (negative) angles. The maximum trunk angle reached during trunk flexion was used as the criterion for the RI dimension and the trunk angle at LO as the criterion for the EP dimension of the trunk flexion.
- (5) The RE dimension of standing up was quantified by calculating the maximum percentage vertical displacement of SC relative to SC in the initial sitting position. At the end of STS transfer, defined as the time at which SC reached its highest vertical position and simultaneously the maximal trunk extension was achieved, the relative body height were calculated to quantify the EP dimension of the final STS maneuver. The relative body height was defined as the vertical distance from the vertex of the head to ground, expressed in percentages of subjects' actual body height.

The ability to reliably set markers, identify relevant key frames by visual inspection (i.e. LO, maximum trunk flexion, end of STS transfer), and calculate Kinovea criteria has been established in a pilot study with subjects randomly selected out of the total sample each performing 5 trials. Excellent to perfect reliability was found for marker positioning, identifying key events, and calculating Kinovea criteria, with ICCs (3,1) ranging from .87 to 1.00.

#### *Sensitivity to Change*

Sensitivity to change was examined for RCT participants who were randomly assigned to the intervention group (IG). The IG performed a dementia-specific motor learning program on the compensatory STS movement strategy for 10 weeks (15 minutes twice a week). Training sessions were group-based with a maximum of 7 participants and were supervised by instructors experienced in training in PWD. For the statistical analysis, we used baseline and post-intervention ratings given by rater B, who was blinded to the participants' group allocation.

#### *Feasibility and Acceptability*

To address issues of feasibility and acceptability, we examined the completion rate (number and reasons for missing data) and total time for completion (i.e. instruction time, task completion time, and rating time) at baseline. In addition, we assess the instrument coverage by inspecting the ACSID total scores for possible floor and ceiling effects at baseline (total sample) and post-intervention (IG).

## Statistical Analysis

Descriptive data were presented as frequencies and percentages for categorical variables, and means and standard deviations or medians and ranges for continuous variables as appropriate. Inter- and intra-rater reliability for the individual ACSID items was analyzed by calculating the percentage agreement (PA) and Cohen's kappa ( $\kappa$ ). The extent of rater agreement for  $\kappa$  coefficients was considered as slight ( $\leq 0.2$ ), fair ( $> 0.2 \leq 0.4$ ), moderate ( $> 0.4 \leq 0.6$ ), substantial ( $> 0.6 \leq 0.8$ ), almost perfect ( $> 0.8 < 1.0$ ), or perfect ( $= 1.0$ ).<sup>53</sup> ICCs with absolute agreement and 95% confidence intervals (CI) were calculated to evaluate the inter- (ICC [2,1]) and intra-rater (ICC [3,1]) reliability of the ACSID total scores.<sup>54</sup> ICCs were interpreted as poor ( $< .40$ ), fair to good ( $\geq .40 \leq .75$ ), or excellent ( $> .75$ ).<sup>55</sup> Concurrent validity was assessed by point-biserial correlation coefficients ( $r_{pb}$ ) between the individual ACSID items and the corresponding Kinovea criteria. Correlation coefficients was interpreted as low ( $< 0.3$ ), moderate ( $\geq 0.3 < 0.5$ ), high ( $\geq 0.5 < 0.7$ ), very high ( $\geq 0.7 < 0.9$ ), or almost perfect  $> 0.9$ .<sup>56</sup> Sensitivity to change was assessed using standardized response means (SRMs) and paired t-tests. Paired t-tests were computed to test for significant within-group differences between baseline and post-intervention assessment. To quantify the magnitude of changes, we used SRMs calculated as the difference in mean change scores divided by the standard deviation of the change score.<sup>57</sup> To interpret the value of the SRMs in terms of Cohen's thresholds for effect sizes (trivial  $< 0.2$ , small  $\geq 0.2 < 0.5$ , moderate  $\geq 0.5 < 0.8$ , large  $\geq 0.8$ ),<sup>56</sup> we adjusted SRMs for the size of correlation coefficients between the baseline and post-intervention scores.<sup>58</sup> For reliability testing of individual ACSID items, agreement coefficients (PA,  $\kappa$ ) were averaged into generalized values across all 5 trials, whereas the reliability of the ACSID total scores and the concurrent validity, sensitivity to change, and feasibility were evaluated using the trial with the highest ACSID-T score. Floor and ceiling effects were calculated as the percentage of participants with the lowest or highest possible ACSID total scores. To meet acceptable measurement standards, a maximum of 15% has been proposed as the reasonable limit of floor or ceiling effects.<sup>59</sup> Statistical analyses were performed on IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0 (IBM Corp., Armonk, N.Y., USA).

## RESULTS

### Participants' Characteristics

The total sample for validating the ACSID included 97 participants of the RCT study comprising multi-morbid, frail older people with impaired cognitive status. The participants' mean (SD) age was

82.5 (5.9) years and MMSE averaged 21.9 (2.9) points. Functional performance was impaired: the POMA score averaged 22.4 (4.0) points and 36 participants (37.1%) were not able to rise from a chair with seat placed at knee height. Forty-six participants (47.4%) reported 1 or more falls in the previous year. Further participant characteristics are presented in Table 2.

<< Please insert Table 2 about here >>

Sensitivity to change was assessed in a subsample (77.1%) of the IG including 37 participants for which data was available for both baseline and post-intervention assessment. Five participants dropped out during the intervention period due to serious medical events ( $n = 4$ ) or death ( $n = 1$ ); another 5 interrupted training and/or rejected a post-intervention assessment, despite repeated efforts of persuasion, and 1 was unable to perform the post-intervention assessment due to physical limitations and pain. Dropouts did not differ significantly from those participants who completed the study regarding baseline characteristic as presented in Table 2 (range:  $P = .11-.98$ ), except for their history of falls in the previous year ( $2/11$  (18.2%) vs.  $44/86$  (51.2%)  $\geq 1$  fall;  $P = .039$ ).

### **Inter- and Intra-Rater Reliability**

Inter- and intra-rater reliability expressed as  $\kappa$  coefficients for the individual ACSID items and ICCs for the ACSID scores are shown in Table 3 and 4, respectively. The overall level of PA between raters' individual item scores ranged from 92.1 to 100%. The  $\kappa$  coefficients ranged from .64 to .99, indicating substantial to almost perfect inter-rater agreement for individual item scoring. Inter-rater reliability of the ACSID total scores was good to excellent, with ICCs ranging from .74 to .89.

Comparisons of the ACSID ratings given by the same rater at baseline and 4 weeks later showed similar reliability values. The overall level of PA ranged from 90.2 to 100%. Almost perfect intra-rater agreement was found for 80% of the item scores ( $\kappa = .83-.91$ ). Only the EP dimensions of the items "feet backwards" ( $\kappa = .80$ ) and "straighten upper body" ( $\kappa = .77$ ) just missed the threshold of almost perfect reliability ( $\kappa > .80$ ). Good to excellent intra-rater reliability was also documented for the ACSID total scores, with ICCs ranging from .72 to .90.

No  $\kappa$  statistic could be computed for the EP dimension of the item "standing up", since this item was (repeatedly) scored 1 for all participants, and thus was treated as a constant.

<< Please insert Table 3 and 4 about here >>

### **Concurrent Validity**

The point-biserial correlations between the ACSID items and the reference criteria determined by the Kinovea software are shown in Table 5. For the RI dimension of the STS maneuver “standing up”, the correlation coefficient could not be calculated as all participants initiated to stand up and received a score of 1 on this item. All other items were significantly correlated with the corresponding Kinovea criteria ( $P < .001$ ). In all these items, we found high to very high correlation coefficients ranging from  $|.56|$  to  $|.84|$ . The lowest correlation coefficients were obtained for the “trunk straightening” (RI:  $r_{pb} = -.63$ , EP:  $r_{pb} = -.56$ ) and for the EP dimension of the “trunk flexion” item ( $r_{pb} = .62$ ).

*<< Please insert Table 5 about here >>*

### **Sensitivity to Change**

All ACSID scores were significantly different between baseline and post-intervention assessment ( $p \leq .001$ ). Moderate to large SRMs (range 0.61-1.00) over the intervention period were obtained for all ACSID scores. The highest SRM was observed for the ACSID-EP (SRM = 1.00) and the lowest for the ACSID-RI (SRM = 0.61).

*<< Please insert Table 6 about here >>*

### **Feasibility and Acceptability**

Except for 3 (3.1%) participants with severe physical limitations, all participants could be assessed at baseline. There were no critical events (e.g. falls) during test procedure and all participants accepted the test protocol. Test administrations required on average less than 2 minutes (mean [SD] time: 1.7 [0.3] min), including standardized instructions and the task completion time of participants. Mean (SD) time to assess the video recordings was 4.6 (2.6) min.

At baseline, the minimum scores for the ACSID-EP and ACSID-T were not obtained and only 1 participant (1.1%) obtained the maximum score for the ACSID-RI. At post-intervention, 4 participants (7.1%) reached the maximum score for the ACSID-RI and 1 participant (2.7%) for the ACSID-EP and ACSID-T.

## **DISCUSSION**

The ACSID is the first qualitative, observation-based STS assessment instrument developed and validated for use in PWD to address motor and cognitive aspects that are related to the execution of compensatory STS movement maneuvers commonly trained in geriatric rehabilitation. The aim of this

study was to investigate various clinimetric properties for a comprehensive evaluation of its methodological quality.

### **Inter- and Intra-Rater Reliability**

Inter-rater reliability refers to the extent of agreement among ratings given by multiple raters on the same subject, indicating the generalizability of the ratings.<sup>60</sup> In contrast, intra-rater reliability refers to the consistency of ratings given by same rater across multiple trials on the same subject, indicating the stability of the ratings over time.<sup>61</sup> In clinical and research settings, both intra-rater and inter-rater reliability are important since different raters (with different levels of experience) might perform pre- and post-assessment. The use of an assessment measure that is stable over time and capable of being used in a reliable manner by multiple raters is crucial to objectively identify the effectiveness of treatments or interventions.<sup>62</sup>

The inter-rater reliability of the ACSID assessed between 2 raters of different clinical experience in geriatric assessment measures was good to excellent for the individual item scores ( $\kappa = .64-.99$ ) and the total scores (ICC =  $.74-.89$ ), suggesting that with adequate training and the use of the scoring guide, other raters can be trained to reliably use the ACSID, irrespective of their previous clinical experience. The ACSID demonstrates also good to excellent intra-rater reliability ( $\kappa = .77-.91$ ; ICC =  $.72-.90$ ), indicating that trained raters can achieve stable scores with minimal differences between repeated measurements, which on average was less than 0.15 points (Table 3). Once adequately trained, raters seemed to have no need for further additional practice but are able to reliably score the ACSID even after prolonged periods of non-use by only using the written scoring guide. The present results were almost in line with the excellent inter- and intra-rater reliability reported for the DAD (ICC =  $.91-.95$ ),<sup>36,47</sup> which is to our best knowledge the only functional measure that uses a similar dimension-based assessment approach in PWD. However, the DAD covers different ADL abilities as a whole (e.g. dressing, eating, telephoning) based on a long-term observation of 2 weeks by a proxy, whereas the ACSID covers the motor action organization of individual sub-phases of a specific, complex motor task by direct performance observation.

The relatively low  $\kappa$  coefficients ( $< .80$ ) for some of the ACSID items (e.g. EP dimension "standing up":  $\kappa = .64$ ), despite high PAs ( $> 94.1\%$ ) may be due to the low variability of the ratings in these items. For instance, a much higher proportion of participants were rated as reaching an upright standing position (93.6%), resulting in a skewed binominal distribution. When the marginal totals of contin-

gency tables are systematically imbalanced, a high percentage agreement can be associated with a dramatically lower level of  $\kappa$ . This problem has been referred to as the “kappa paradox”.<sup>63</sup>

One limitation of the reliability analysis is that we tested rater reliability based on participants’ performance of the ACSID, and not on administering the test. The reliability of a rater that both administers the test and simultaneously assesses participants’ performance may be different because of the greater number of tasks performed. Raters administering the test must give test instructions, provide safety to prevent falls, and remember the rating scores for documentation after the test procedure. Such an approach may cause different ACSID scores for “administering raters” than for raters who solely observe and score the participants’ performance.

### **Concurrent Validity**

Concurrent validity refers to the relationship of an instrument to a theoretically relevant external criterion measured at the same time.<sup>64</sup> For validating the ACSID, we used a video-motion analysis software (Kinovea) as external reference measurement to objectively quantify subjects’ STS movements. In clinical research, such video-based tracking methods have been used frequently to assess kinematics of body segments in STS transfers.<sup>16,17,25</sup> In the current study, 6 ACSID items showed very high ( $> 0.7$ ) and 3 high ( $\geq 0.5$ ) correlation coefficients with the external reference criteria determined by the Kinovea software, confirming the good to excellent validity of the ACSID in capturing the compensatory STS movement maneuvers.

The slightly lower correlations obtained for the RI dimension of the trunk straightening maneuver ( $r_{pb} = -.63$ ) may be due to the corresponding Kinovea criteria, which may be not generally applicable for all study participants. In young adults, an erect, upright sitting posture was reported to be associated with less thoracic flexion and greater thoraco-lumbar extension angles.<sup>50,51</sup> We therefore assumed that the recall and initiation of trunk straightening is associated with changes in these angles also in our sample of elderly people. However, some of the participants may have been no longer able to change angles of spinal curves due to age-associated degenerative-deforming processes at the spine and loss of spinal flexibility and strength. In such participants, the recall and initiation of this STS maneuver may have rather been observed in taking back the upper body towards a sitting posture perpendicular to the chair seat or in lifting merely the head, without changing angles in spinal curvature at the same time. Such motor behavior may have been interpreted by the rater as successful recalling and initiating of trunk straightening within the ACSID scoring; however, it was not covered by the Ki-



novea criteria, which may have contributed to the lower correlation coefficient. Differences in participants' spinal curvature may have also caused the lower correlations reported for the EP dimension of the trunk straightening maneuver ( $r_{pb} = -.56$ ). Age-associated changes in spine can lead to an increased thoracic flexion angle (kyphosis) and decreased lumbar extension angle (lordosis).<sup>65,66</sup> When initiating an active, upright upper body posture, the elderly affected by these changes may also show a decrease of the thoracic flexion angle and an increase of the thoraco-lumbar extension angle; however, these angles may be still excessive or reduced compared to those of the physiological spinal curvature. An active upper body posture with strained upper body muscles during trunk flexion may therefore be not necessarily associated with a small thoracic angle or a large thoraco-lumbar angle in these people. Such "individually active" upper body postures during trunk flexion may have been considered by the rater as an effective execution of this STS maneuver; however, they may have been not reflected in the curvature index used as the external reference criteria, which may explain the lower correlation coefficient.

Difficulties of the rater in determining the exact moment of the lift-off may explain the slightly lower correlations obtained for the EP dimension of the trunk flexion maneuver ( $r_{pb} = .62$ ). Although the compensatory STS movement strategy is characterized by sequencing the STS motion into sub-phases and by decelerating the total movement speed, the transition phase from the sitting position to the standing position, which actually includes a decelerated, excessive trunk flexion before lift-off, may have been performed very dynamically in some participants. In cases where an excessive trunk flexion was initiated but the sub-phases trunk flexion and standing up could not be clearly separated from each other due to a dynamic movement execution, it may have been hard to assess in real-time whether an excessive trunk flexion was achieved before or after the lift-off. In contrast, the video-motion analysis software allowed a frame-by-frame analysis by which the lift-off and the trunk angle at this moment can be determined more reliable and accurately, especially in borderline cases where an excessive trunk flexion was performed close to the moment of lift-off.

### **Sensitivity to Change**

Sensitivity to change, or responsiveness, is defined as the ability of a measurement instrument to detect changes in an outcome over time.<sup>58</sup> For use in clinical settings, it is essential that assessment instruments can detect changes over time within individuals, which might reflect therapeutic effects of effects of interventions in RCTs. The significant improvements with moderate to high effect sizes for all

ACSID scores strikingly show the high potential of the ACSID to adequately reproduce improvements induced by a motor learning program on the compensatory STS movement strategy.

The score of the EP dimension seemed to be less sensitive as its effect size was smaller (SRM = 0.61) than that of the EP dimension (SRM = 1.00). This may be attributable to the higher score of the EP dimension at baseline, which is related to the test procedure we have used. Participants were allowed to choose their own comfortable initial sitting position prior to testing the compensatory STS movement strategy. Before the actual test trials and video recordings were started, some participants already have placed their buttocks in the front half of the seat and/or their feet posteriorly behind the knee. After receiving the test instructions, such participants often did not deliberately change the position of their buttocks or feet once more. In these participants, the rater scored the ACSID items as effectively “performed”, but a zero score was given for the recall and initiation of these items as there was no deliberate buttocks or feet displacement observable on videos during the actual test trial. This test procedure have caused floor effects for these 2 items of the EP dimension, which may have limited the ability of the ACSID to detect even higher intervention effects in this ACSID dimension.

### **Feasibility and Acceptability**

Feasibility documents the administrators’ demands that arise from the use of the instrument, and acceptability documents the physical and emotional burden of the participants.<sup>67</sup> As assessed in this study, feasibility and acceptability was excellent for the ACSID; we found a very high completion rate for the ACSID (96.9%) without any objections of participants to the test procedure. Only a very small number of severely physically impaired participants (3.1%) were not able to complete the test due to muscle weakness and fatigue, suggesting that such assessment is not feasible for those in very advanced stages of physical impairment.

The ACSID showed excellent instrument coverage with no floor and ceiling effects for any ACSID total score. The lack of floor and ceiling effects indicates that the ACSID covers a wide range of performance levels without being limited in upper and lower levels.

Total time for completion including standardized instructions, task completion and rating time ranged from 2.5 to 15.0 min (mean [SD] time: 6.2 [2.4] min) representing a fair time interval and comparable to completion times of other functional assessment tools frequently used in clinical practice ranging from 5 to 20 min.<sup>68</sup>

Participants' safety was a clear focus in this study as test procedure was strictly supervised and dementia-specific, clear and brief instructions as well as a presentation of the task were given. As a result, no critical events (e.g. falls) occurred during test procedure, indicating the low risk of this test in the challenging sample of multi-morbid, frail older PWD.

## **CONCLUSIONS**

The results of this study demonstrated good to excellent clinimetric properties of an innovative, dementia-specific STS assessment instrument to assess motor and cognitive aspects of compensatory STS movements commonly trained in rehabilitation therapy. In the study sample of multi-morbid, frail, older people with mild to moderate dementia, the inter-rater-/intra-rater reliability, concurrent validity, and feasibility of the ACSID was good to excellent, and results showed that intervention effects of a dementia-specific motor learning program on the compensatory STS movement strategy can be adequately documented by the ACSID.

## **ACKNOWLEDGMENTS**

We kindly thank Michaela Günther for her assistance in training and supervision of participants.

## REFERENCES

1. Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med.* 1988;319(26):1701-1707.
2. Williamson JD, Fried LP. Characterization of older adults who attribute functional decrements to "old age". *J Am Geriatr Soc.* 1996;44(12):1429-1434.
3. Guralnik JM, Ferrucci L, Simonsick EM, Salive ME, Wallace RB. Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. *N Engl J Med.* 1995;332(9):556-561.
4. Gill TM, Williams CS, Tinetti ME. Assessing risk for the onset of functional dependence among older adults: the role of physical performance. *J Am Geriatr Soc.* 1995;43(6):603-609.
5. 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):M85-94.
6. Silva PF, Quintino LF, Franco J, Faria CD. Measurement properties and feasibility of clinical tests to assess sit-to-stand/stand-to-sit tasks in subjects with neurological disease: a systematic review. *Braz J Phys Ther.* 2014;18(2):99-110.
7. Hodge WA, Carlson KL, Fijan RS, et al. Contact pressures from an instrumented hip endoprosthesis. *J Bone Joint Surg Am.* 1989;71(9):1378-1386.
8. Berger RA, Riley PO, Mann RW, Hodge WA. Total body dynamics in ascending stairs and rising from a chair following total knee arthroplasty. *Trans Orthop Res Soc.* 1988;13:542.
9. Riley PO, Schenkman ML, Mann RW, Hodge WA. Mechanics of a constrained chair-rise. *J Biomech.* 1991;24(1):77-85.
10. Lindemann U, Mucbe R, Stuber M, Zijlstra W, Hauer K, Becker C. Coordination of strength exertion during the chair-rise movement in very old people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2007;62(6):636-640.
11. Schenkman M, Hughes MA, Samsa G, Studenski S. The relative importance of strength and balance in chair rise by functionally impaired older individuals. *J Am Geriatr Soc.* 1996;44(12):1441-1446.
12. Scarborough DM, Krebs DE, Harris BA. Quadriceps muscle strength and dynamic stability in elderly persons. *Gait Posture.* 1999;10(1):10-20.
13. Alexander NB. Postural control in older adults. *J Am Geriatr Soc.* 1994;42(1):93-108.

14. Ferrucci L, Cooper R, Shardell M, Simonsick EM, Schrack JA, Kuh D. Age-related change in mobility: perspectives from life course epidemiology and geroscience. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2016.
15. Whipple R, Wolfson L, Derby C, Singh D, Tobin J. Altered sensory function and balance in older persons. *J Gerontol*. 1993;48 Spec No:71-76.
16. Manckoundia P, Mourey F, Pfitzenmeyer P, Papaxanthis C. Comparison of motor strategies in sit-to-stand and back-to-sit motions between healthy and Alzheimer's disease elderly subjects. *Neuroscience*. 2006;137(2):385-392.
17. Scarborough DM, McGibbon CA, Krebs DE. Chair rise strategies in older adults with functional limitations. *J Rehabil Res Dev*. 2007;44(1):33-42.
18. Perry RJ, Hodges JR. Attention and executive deficits in Alzheimer's disease. A critical review. *Brain*. 1999;122 (Pt 3):383-404.
19. Lezak MD, Howieson DB, Bigler ED, Tranel D. *Neuropsychological Assessment*. 5th ed. New York: Oxford University Press; 2012.
20. Ghilardi MF, Alberoni M, Marelli S, et al. Impaired movement control in Alzheimer's disease. *Neurosci Lett*. 1999;260(1):45-48.
21. van Doorn C, Gruber-Baldini AL, Zimmerman S, et al. Dementia as a risk factor for falls and fall injuries among nursing home residents. *J Am Geriatr Soc*. 2003;51(9):1213-1218.
22. Morris JC, Rubin EH, Morris EJ, Mandel SA. Senile dementia of the Alzheimer's type: an important risk factor for serious falls. *J Gerontol*. 1987;42(4):412-417.
23. Bohannon RW, Corrigan DL. Strategies community dwelling elderly women employ to ease the task of standing up from household surfaces. *Top Geriatr Rehabil*. 2003;19(2):137-144.
24. Barreca S, Sigouin CS, Lambert C, Ansley B. Effects of extra training on the ability of stroke survivors to perform an independent sit-to-stand: a randomized controlled trial. *J Geriatr Phys Ther*. 2004;27(2):59-68.
25. Akram SB, McIlroy WE. Challenging horizontal movement of the body during sit-to-stand: impact on stability in the young and elderly. *J Mot Behav*. 2011;43(2):147-153.
26. Khemlani MM, Carr JH, Crosbie WJ. Muscle synergies and joint linkages in sit-to-stand under two initial foot positions. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 1999;14(4):236-246.

27. Fulk GD. Interventions to improve transfers and wheelchair skills. In: O'Sullivan SB, Schmitz TJ, eds. *Improving Functional Outcomes in Physical Rehabilitation*. Philadelphia: F.A. Davis Company; 2010:138-162.
28. Shepherd RB, Gentile AM. Sit-to-stand: functional relationship between upper body and lower limb segments. *Hum Mov Sci*. 1994;13(6):817-840.
29. Butler PB, Nene AV, Major RE. Biomechanics of transfer from sitting to the standing position in some neuromuscular diseases. *Physiotherapy*. 1991;77(8):521-525.
30. Bohannon RW. Sit-to-stand test for measuring performance of lower extremity muscles. *Percept Mot Skills*. 1995;80(1):163-166.
31. Tinetti ME. Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *J Am Geriatr Soc*. 1986;34(2):119-126.
32. Berg K, Wood-Dauphine S, Williams JI, Gayton D. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiother Can*. 1989;41(6):304-311.
33. Frykberg GE, Häger CK. Movement analysis of sit-to-stand – research informing clinical practice. *Phys Ther Rev*. 2015;20(3):156-167.
34. Van Lummel RC, Ainsworth E, Lindemann U, et al. Automated approach for quantifying the repeated sit-to-stand using one body fixed sensor in young and older adults. *Gait Posture*. 2013;38(1):153-156.
35. Schwenk M, Gogulla S, Englert S, Czempik A, Hauer K. Test-retest reliability and minimal detectable change of repeated sit-to-stand analysis using one body fixed sensor in geriatric patients. *Physiol Meas*. 2012;33(11):1931-1946.
36. Gelinas I, Gauthier L, McIntyre M, Gauthier S. Development of a functional measure for persons with Alzheimer's disease: the disability assessment for dementia. *Am J Occup Ther*. 1999;53(5):471-481.
37. Hauer K, Oster P. Measuring functional performance in persons with dementia. *J Am Geriatr Soc*. 2008;56(5):949-950.
38. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res*. 1975;12(3):189-198.
39. Morris JC, Mohs RC, Rogers H, Fillenbaum G, Heyman A. Consortium to establish a registry for Alzheimer's disease (CERAD) clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease. *Psychopharmacol Bull*. 1988;24(4):641-652.

40. Oswald WD, Fleischmann UM. *Das Nürnberger-Alters-Inventar (NAI) - Testinventar & NAI-Testmanual und Textband*. Göttingen: Hogrefe; 1999.
41. Yesavage JA, Brink TL, Rose TL, et al. Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *J Psychiatr Res*. 1982;17(1):37-49.
42. Hauer KA, Kempen GI, Schwenk M, et al. 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*. 2011;57(5):462-472.
43. 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.
44. de Werd MM, Boelen D, Rikkert MGMO, Kessels RPC. Errorless learning of everyday tasks in people with dementia. *Clin Interv Aging*. 2013;8:1177-1190.
45. Hughes MA, Weiner DK, Schenkman ML, Long RM, Studenski SA. Chair rise strategies in the elderly. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 1994;9(3):187-192.
46. Schenkman M, Berger RA, Riley PO, Mann RW, Hodge WA. Whole-body movements during rising to standing from sitting. *Phys Ther*. 1990;70(10):638-648.
47. Shen JHQ, Shen Q, Yu H, et al. Validation of an Alzheimer's disease assessment battery in Asian participants with mild to moderate Alzheimer's disease. *Am J Neurodegener Dis*. 2014;3(3):158-169.
48. Kegelmeyer DA, Kloos AD, Thomas KM, Kostyk SK. Reliability and validity of the Tinetti Mobility Test for individuals with Parkinson disease. *Phys Ther*. 2007;87(10):1369-1378.
49. Groeneveld HB. Metrische Erfassung und Definition von Rückenform und Haltung des Menschen. In: Junghanns H, ed. *Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis*. Vol 66. Stuttgart: Hippokrates-Verlag; 1976.
50. Caneiro JP, O'Sullivan P, Burnett A, et al. The influence of different sitting postures on head/neck posture and muscle activity. *Man Ther*. 2010;15(1):54-60.
51. O'Sullivan PB, Dankaerts W, Burnett AF, et al. Effect of different upright sitting postures on spinal-pelvic curvature and trunk muscle activation in a pain-free population. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(19):E707-E712.
52. Cole MH, Silburn PA, Wood JM, Worringham CJ, Kerr GK. Falls in Parkinson's disease: kinematic evidence for impaired head and trunk control. *Mov Disord*. 2010;25(14):2369-2378.

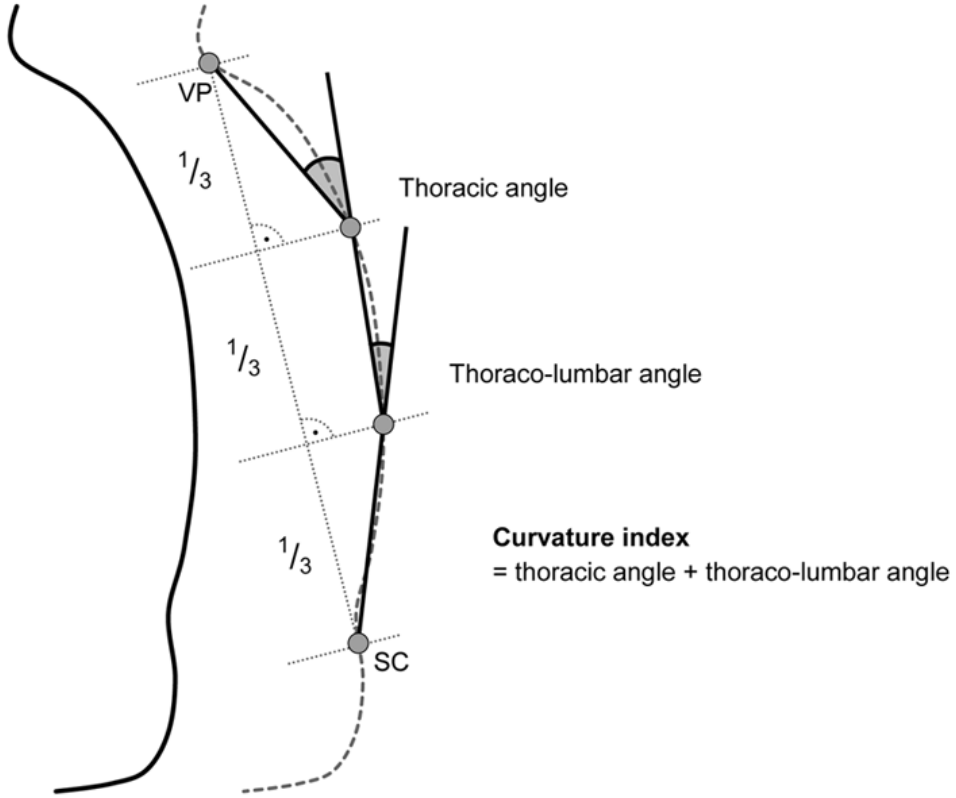
53. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33(1):159-174.
54. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull*. 1979;86(2):420-428.
55. Fleiss JL. *The Design and Analysis of Clinical Experiments*. New York: John Wiley & Sons; 1986.
56. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
57. Katz JN, Larson MG, Phillips CB, Fossel AH, Liang MH. Comparative measurement sensitivity of short and longer health status instruments. *Med Care*. 1992;30(10):917-925.
58. Middel B, van Sonderen E. Statistical significant change versus relevant or important change in (quasi) experimental design: some conceptual and methodological problems in estimating magnitude of intervention-related change in health services research. *Int J Integr Care*. 2002;2:e15.
59. McHorney CA, Tarlov AR. Individual-patient monitoring in clinical practice: are available health status surveys adequate? *Qual Life Res*. 1995;4(4):293-307.
60. Gwet KL. *Handbook of Inter-Rater Reliability: The Definitive Guide to Measuring the Extent of Agreement Among Raters*. 4th ed. Gaithersburg: Advanced Analytics, LLC; 2014.
61. Portney LG, Watkins MP. *Foundations of Clinical Research: Applications to Practice*. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall Health; 2000.
62. Wellmon R, Degano A, Rubertone JA, Campbell S, Russo KA. Interrater and intrarater reliability and minimal detectable change of the Wisconsin gait scale when used to examine videotaped gait in individuals post-stroke. *Arch Physiother*. 2015;5(1):1-10.
63. Feinstein AR, Cicchetti DV. High agreement but low kappa: I. The problems of two paradoxes. *J Clin Epidemiol*. 1990;43(6):543-549.
64. Nunnally JC, Bernstein IH. *Psychometric theory*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 1994.
65. Boyle JJ, Milne N, Singer KP. Influence of age on cervicothoracic spinal curvature: an ex vivo radiographic survey. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2002;17(5):361-367.
66. Drzal-Grabiec J, Snela S, Rykala J, Podgorska J, Banas A. Changes in the body posture of women occurring with age. *BMC Geriatr*. 2013;13:108.
67. Fitzpatrick R, Davey C, Buxton MJ, Jones DR. Evaluating patient-based outcome measures for use in clinical trials. *Health Technol Assess*. 1998;2(14):i-iv, 1-74.



68. Hayes KW, Johnson ME. Measures of adult general performance tests: the Berg balance scale, dynamic gait Index (DGI), gait velocity, physical performance test (PPT), timed chair stand test, timed up and go, and Tinetti performance-oriented mobility assessment (POMA). *Arthritis Care Res.* 2003;49(S5):S28-S42.

**FIGURE LEGEND**

**Figure 1.** Diagram illustrating the method for calculating the thoracic angle, thoraco-lumbar angle, and curvature index from the back curvature surface (VP = vertebra prominens, SC = sacrum); angles were calculated for the thoracic and thoraco-lumbar regions as indicated by the arcs.



## TABLES

**Table 1.** The Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers In People with Dementia Scoring Guide

Sit-to-Stand Maneuver / ACSID Item	Dimension	Description of Scoring
(1) Buttocks displacement	RI	0 no buttocks displacement on the chair seat 1 deliberate buttocks displacement (anterior or posterior) on the chair seat
	EP	0 buttocks placed in the posterior portion of the chair seat 1 buttocks placed in the anterior portion of the chair seat ( $\geq$ center of the seat)
(2) Feet displacement	RI	0 no feet displacement 1 deliberate feet displacement (anterior or posterior)
	EP	0 anterior feet position, toes in front of the knees 1 posterior feet position, toes behind or aligned with the knees
(3) Trunk straightening	RI	0 no change of upper body posture 1 straightening the upper body to an extended active sitting posture (e.g. by raising up the chest, pulling shoulders back, anterior tilting of the pelvis)
	EP	0 relaxed passive (slump) upper body posture during trunk flexion (increased thoracic kyphosis and posterior pelvic tilt) 1 extended active upper body posture during trunk flexion (upper trunk extension while the lower trunk rotates forward at the hips)
(4) Trunk flexion	RI	0 no excessive trunk flexion 1 excessive trunk flexion prior <u>or</u> after the moment at which the buttocks begins to leave the chair seat (lift-off)
	EP	0 no excessive trunk flexion prior to lift-off 1 excessive trunk flexion prior to lift-off
(5) Standing up	RI	0 no attempt to raise 1 obvious attempt to raise (buttocks starts leaving contact with the chair)
	EP	0 no upright standing posture (flexed knee and/or hip joints) 1 upright standing posture (knee and hip joints as fully extended as possible)
ACSID-RI score		0-5 points
ACSID-EP score		0-5 points
Total ACSID score		0-10 points
Abbreviations: ACSID, Assessment of Compensatory Sit-to-stand maneuvers In people with Dementia; RE, recall and initiation; EP, effective performance.		

**Table 2.** Participants' Characteristics of the Total Sample

Characteristics	Total Sample (n = 97)
Age, years, mean (SD)	82.5 (5.9)
Gender, female, n (%)	72 (74.2)
Height, cm, mean (SD)	163.9 (8.9)
Mini-Mental Status Examination, score, mean (SD)	21.9 (2.9)
Education, years, mean (SD)	11.7 (3.0)
Medications, number, mean (SD)	7.6 (3.4)
Diagnoses, number, mean (SD)	8.2 (4.1)
Performance Oriented Mobility Assessment, score, mean (SD)	22.4 (4.0)
5-chair-stand, s, median (range) <sup>a</sup>	11.3 (6.8-29.3)
Geriatric Depression Scale (0-15), score, mean (SD)	2.8 (2.3)
Short Falls Efficacy Scale – International (7-28), score, median (range)	8 (7-18)
Recent history of falls, n (%)	46 (47.4)
Living situation, n (%)	
community-dwelling	63 (64.9)
institutionalized	34 (35.1)
Abbreviations: SD, standard deviation.	
<sup>a</sup> Based on data of a subsample (n = 61) due to the inability of 36 participants to rise 5 times from a chair with seat placed at knee height without using arms.	

**Table 3.** Percentage Agreement and Kappa Coefficients of the Individual Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers In People with Dementia Items (Averaged Across 5 Trials)

Sit-to-Stand Maneuver / ACSID Item	n	Inter-rater (Rater A vs. B)			Intra-rater (Rater A vs. A)		
		PA	$\kappa$	$P^a$	PA	$\kappa$	$P^a$
(1) Buttocks displacement							
ACSID-RI	94	99.6	0.99	< .001	99.1	0.87	< .001
ACSID-EP	94	98.3	0.95	< .001	96.0	0.89	< .001
(2) Feet displacement							
ACSID-RI	94	97.7	0.90	< .001	97.0	0.86	< .001
ACSID-EP	94	92.1	0.84	< .001	90.2	0.80	< .001
(3) Trunk straightening							
ACSID-RI	94	99.8	0.98	< .001	98.7	0.84	< .001
ACSID-EP	94	95.1	0.73	< .001	95.1	0.77	< .001
(4) Trunk flexion							
ACSID-RI	94	94.1	0.72	< .001	97.9	0.88	< .001
ACSID-EP	94	98.5	0.78	< .001	98.3	0.91	< .001
(5) Standing up							
ACSID-RI <sup>b</sup>	94	100.0	-	-	100.0	-	-
ACSID-EP	94	95.5	0.64	< .001	97.6	0.83	< .001
<p>Abbreviations: ACSID, Assessment of Compensatory Sit-to-stand maneuvers In people with Dementia; PA, percentage agreement; <math>\kappa</math>, kappa; RI, recall and initiation; EP, effective performance.</p> <p><sup>a</sup> <math>P</math> values are given for <math>\kappa</math> statistics.</p> <p><sup>b</sup> No <math>\kappa</math> coefficients could be calculated for the EP dimension of the item "standing up" because this item was a constant.</p>							

**Table 4.** Mean Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers In People with Dementia Scores and Intra-class Correlation Coefficients of 2 Raters (Inter-rater) and 2 Sessions (Intra-rater Reliability)

ACSID Score	n	Inter-rater				Intra-rater			
		Rater A	Rater B	ICC (2,1) <sup>a</sup>	P	Session 1	Session 2	ICC (3,1) <sup>a</sup>	P
ACSID-RI	94	1.8 (1.0)	1.7 (0.9)	.89 (.84-.93)	< .001	1.8 (1.0)	1.8 (1.0)	.90 (.85-.93)	< .001
ACSID-EP	94	2.1 (0.7)	2.0 (0.7)	.74 (.63-.82)	< .001	2.1 (0.7)	2.2 (0.7)	.72 (.59-.82)	< .001
ACSID-T	94	3.8 (1.3)	3.7 (1.2)	.85 (.78-.90)	< .001	3.8 (1.3)	4.0 (1.2)	.84 (.76-.89)	< .001

Abbreviations: ACSID, Assessment of Compensatory Sit-to-stand maneuvers In people with Dementia; ICC, intra-class correlation coefficient; RI, recall and initiation; EP, effective performance; T, total.

<sup>a</sup> 95% confidence intervals in parentheses;

**Table 5.** Point-Biserial Correlation Coefficients Between the Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers In People with Dementia Items and the External Reference Criteria Objectively Measured by the Kinovea Software

Sit-to-Stand Maneuver / ACSID Item	Kinovea Criterion	n	$r_{pb}$	P
(1) Buttocks displacement				
ACSID-RI	Absolute buttocks displacement [cm]	94	.84	< .001
ACSID-EP	AP distance: buttocks - center of chair seat [cm]	94	.78	< .001
(2) Feet displacement				
ACSID-RI	Absolute foot displacement [cm]	94	.71	< .001
ACSID-EP	AP distance: toe - knee [cm]	94	-.73	< .001
(3) Trunk straightening				
ACSID-RI	Change of curvature index [°]	94	-.63	< .001
ACSID-EP	Curvature index during trunk flexion [°]	94	-.56	< .001
(4) Trunk flexion				
ACSID-RI	Maximum trunk angle [°]	94	.75	< .001
ACSID-EP	Trunk angle at lift-off [°]	94	.62	< .001
(5) Standing up				
ACSID-RI <sup>a</sup>	Vertical displacement of the sacrum [%]	94	-	-
ACSID-EP	Body height in standing position [%]	94	.73	< .001
<p>Abbreviations: ACSID, Assessment of Compensatory Sit-to-stand maneuvers In people with Dementia; <math>r_{pb}</math>, point-biserial correlation coefficients; RI, recall and initiation; EP, effective performance; AP, anterior-posterior.</p> <p><sup>a</sup> No <math>r_{pb}</math> could be calculated for the RI dimension of the item “standing up” because this item was scored 1 for all subjects.</p>				

**Table 6.** Mean Assessment of Compensatory Sit-to-Stand Maneuvers In People with Dementia Total Scores at Baseline and Post-Intervention, Paired t-Test Results, and Standardized Response Means for the Analysis of Sensitivity to Change

ACSID Score	n	Mean (SD)		P	SRM <sup>a</sup>
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>		
ACSID-RI	37	1.6 (0.8)	2.7 (1.4)	< .001	1.00
ACSID-EP	37	2.2 (1.0)	2.8 (1.0)	.001	0.61
ACSID-T	37	3.8 (1.3)	5.4 (2.1)	< .001	0.89

Abbreviations: ACSID, Assessment of Compensatory Sit-to-stand maneuvers In people with Dementia; SD, standard deviation; T<sub>1</sub>, baseline; T<sub>2</sub>, post-intervention; SRM, standardized response mean; RI, recall and initiation; EP, effective performance; T, total.

<sup>a</sup> SRM adjusted for the size of correlation coefficient between repeated measurements.



# Schrift 9

---

Journal of Alzheimer's Disease

August 2017, volume 60, issue 1: pp. 107 - 120

***People with Dementia Can Learn Compensatory Movement Maneuvers for the Sit-to-Stand Task: A Randomized Controlled Trial.***

Authors: Werner C., Wiloth S., Lemke N.C., Kronbach F., Jansen J.P., Oster P., Bauer J.M., Hauer K.

© IOS Press 2017

Die folgende Schrift ist die finale, akzeptierte Manuskript-Version des oben zitierten Originalartikels. Der Originalartikel ist unter <http://dx.doi.org/10.3233/JAD-170258> zu finden und kann mit Erlaubnis von IOS Press in dieser Dissertationsschrift wiederverwendet werden.

(The final publication is available at IOS Press through <http://dx.doi.org/10.3233/JAD-170258>.)

DOI: 10.3233/JAD-170258

PMID: 28759967

1 **People with Dementia Can Learn Compensatory Movement Maneuvers for the Sit-to-**  
2 **Stand Task: A Randomized Controlled Trial**

3

4 Christian Werner<sup>a</sup>, Stefanie Wiloth<sup>a,b</sup>, Nele Christin Lemke<sup>a,c</sup>, Florian Kronbach<sup>d</sup>, Carl-Philipp  
5 Jansen<sup>e</sup>, Peter Oster<sup>a</sup>, Jürgen M Bauer<sup>a,f</sup>, Klaus Hauer<sup>a</sup>

6

7 <sup>a</sup>Department of Geriatric Research, Agaplesion Bethanien Hospital Heidelberg, Geriatric  
8 Center at the University of Heidelberg, Heidelberg, Germany.

9 <sup>b</sup>Institute for the Study of Christian Social Service, University of Heidelberg, Heidelberg,  
10 Germany.

11 <sup>c</sup>Network of Aging Research (NAR), University of Heidelberg, Heidelberg, Germany.

12 <sup>d</sup>Department of Interdisciplinary Emergency Medicine, Katharinenhospital Stuttgart, Stuttgart,  
13 Germany.

14 <sup>e</sup>Institute of Psychology, Department of Psychological Aging Research, University of Heidel-  
15 berg, Heidelberg, Germany.

16 <sup>f</sup>Center of Geriatric Medicine, University of Heidelberg, Heidelberg, Germany.

17

18 **Corresponding Author:**

19 Christian Werner

20 Department of Geriatric Research

21 Agaplesion Bethanien Hospital Heidelberg, Geriatric Center at the University of Heidelberg

22 Rohrbacher Str. 149, 69126 Heidelberg, Germany

23 Phone: +49 6221 319 1760, Fax: +49 6221 319 1435

24

25 **Running title:** Motor Learning in People with Dementia

26

27

28 **ABSTRACT**

29

30 **Background:** A complex motor skill highly relevant to mobility in everyday life (e.g., sit-to-  
31 stand [STS] transfer) has not yet been addressed in studies on motor learning in people with  
32 dementia (PwD).

33 **Objective:** To determine whether a dementia-specific motor learning exercise program ena-  
34 bles PwD to learn compensatory STS maneuvers commonly taught in geriatric rehabilitation  
35 therapy to enhance patients' STS ability.

36 **Methods:** Ninety-seven patients with mild-to-moderate dementia (Mini-Mental State Exami-  
37 nation:  $21.9 \pm 2.9$  points) participated in a double-blinded, randomized, placebo-controlled  
38 trial with 10-week intervention and 3-month follow-up period. The intervention group (IG,  $n =$   
39 51) underwent a motor learning exercise program on compensatory STS maneuvers specifi-  
40 cally designed for PwD. The control group (CG,  $n = 46$ ) performed a low-intensity motor pla-  
41 cebo activity. Primary outcomes were scores of the Assessment of Compensatory Sit-to-  
42 stand Maneuvers in People with Dementia (ACSID), which covers the number of recalled  
43 and initiated, and of effectively performed compensatory STS maneuvers. Secondary out-  
44 comes included temporal and kinematic STS characteristics measured by a body-fixed mo-  
45 tion sensor (BFS, DynaPort<sup>®</sup> Hybrid).

46 **Results:** The IG significantly improved in all ACSID scores compared to the CG ( $p < 0.001$ ).  
47 Secondary analysis confirmed learning effects for all BFS-based outcomes ( $p < 0.001-$   
48  $0.006$ ). Learning gains were sustained during follow-up for most outcomes.

49 **Conclusion:** People with mild-to-moderate dementia can learn and retain compensatory  
50 STS maneuvers in response to a dementia-specific motor learning exercise program. This is  
51 the first study that demonstrated preserved motor learning abilities in PwD by using a motor  
52 skill highly relevant to everyday life.

53

54 **Keywords**

55 Dementia, motor skills, learning, movement, randomized controlled trial, rehabilitation

## 56 INTRODUCTION

57 Motor skills, defined as goal-directed activities that involve voluntary body, head, and/or  
58 limb movements [1], are learned throughout the lifespan. People need to acquire new motor  
59 skills to cope with the changing environment, to adapt or modify motor skills to age-related  
60 changes in cognitive and motor abilities, and to relearn previously acquired motor skills that  
61 have been compromised due to diseases or injuries [2, 3].

62 Although deficits in cognitive functioning (e.g., memory, attention, executive functions, in-  
63 formation processing speed, perception) may seriously hamper motor learning capabilities in  
64 older adults [4-6], a number of studies reported preserved motor learning in people with de-  
65 mentia (PwD) (for review, see [7]; [6, 8-11]). Previous findings are, however, based on exper-  
66 imental, low-complexity, fine (e.g., rotary pursuit task, maze test, serial reaction time task) [6,  
67 7, 9-11] or gross motor tasks (tossing a beanbag on a target) [12], or a complex gross motor  
68 task with limited relevance to everyday functioning (waltz dancing) [8]. A complex motor skill  
69 highly relevant to functional mobility in everyday life has so far not been addressed by stud-  
70 ies on motor learning in PwD. In addition, previous studies most frequently focused solely on  
71 the initial acquisition of a motor task after several learning trials within few practice sessions  
72 and/or did not include follow-up assessments after long-term periods without training to eval-  
73 uate the long-term retention and sustainability of learning effects [6, 8-11, 13-16].

74 A key motor skill for everyday life is rising from a seated to a standing position, which rep-  
75 resents one of the most complex functional tasks in the activities of daily living. Involving the  
76 motion of all body segments, the sit-to-stand (STS) transfer requires adequate muscle  
77 strength, joint mobility, motor planning and control, and balance ability [17-19]. However, as  
78 a consequence of the aging process, these subject-related determinants for successfully  
79 completing the STS movement decrease with age [20-22], and many older adults have diffi-  
80 culties in performing a STS transfer [23, 24]. In nursing home residents, the STS transfer has  
81 even been identified as the leading cause ('hotspot') of falls [25]. In addition to the age-  
82 related decline in motor function, PwD have shown disease-related disorders in the motor  
83 action organization of the STS transfer [26], indicating that cognitive impairment may also

84 have a detrimental effect on the STS ability. Spatiotemporal features in the STS motion of  
85 PwD have been reported to differ significantly from those of healthy elderly, in terms of a  
86 reduced forward trunk flexion coupled with an earlier initiation of the trunk and lower limb  
87 extension [26]. The use of such a dominant vertical STS movement strategy is associated  
88 with a higher maximum knee torque and requires greater muscular strength in lower extremi-  
89 ties to reach the standing posture, thus decreasing the overall STS movement quality and  
90 efficiency [18, 26]. Such motor behavior may be particularly due to the decline in attention  
91 control of executive functions [26], which is among the earliest symptoms of dementia along  
92 with amnesia [27]. Executive functions are defined as higher-order cognitive functions that  
93 are necessary to plan, initiate, control, and execute a sequence of goal-oriented complex  
94 actions [28]. However, PwD may lose their capacity of integrating such high-level, cognitive  
95 aspects of motor processes (i.e., preparing, controlling and executing efficient body motions)  
96 into motor action organization [26, 27, 29], which might be linked to the extraordinary high fall  
97 incidence reported for PwD [30].

98 During STS (re-)training in geriatric rehabilitation therapy, the STS transfer is broken down  
99 into individual motion components (e.g., feet displacement, trunk flexion, standing up) to re-  
100 duce the complexity, to decelerate the total movement speed, and to facilitate the motor  
101 learning process during rehabilitation. For these STS components, specific movement ma-  
102 neuvres are then commonly taught to compensate for deficits in subject-related STS deter-  
103 minants (e.g., muscle weakness, balance disturbances, impaired motor planning/control) and  
104 thus to enhance a patient's STS ability. These 'compensatory' STS maneuvers include, in  
105 serial order, an anterior buttocks displacement to the front edge of the chair seat [31, 32], a  
106 posterior feet displacement behind the knees [33, 34] straightening and stabilizing the upper  
107 body to an extended, active sitting posture [35], and excessive trunk flexion before rising to  
108 an upright standing position [32, 36]. To our knowledge, no study has so far investigated  
109 whether PwD can learn such compensatory STS maneuvers.

110 Learning these movement maneuvers initially requires a patient's ability to memorize the  
111 motor actions in order to be able to adequately recollect and initiate them later on ('what to

112 do'). In a second step, a patient's attention has to be focused on the movement control and  
113 execution of the initiated maneuvers in order to effectively perform them as intended ('how to  
114 do'). Due to the decline in memory, attention, and executive functions, PwD may, however,  
115 have difficulties in both domains. STS (re-)training programs on compensatory STS maneu-  
116 vers should therefore provide practice conditions and apply teaching methods specifically  
117 adapted to the abilities of PwD to facilitate motor learning of these maneuvers.

118 Several theories of motor learning (e.g., schema theory [37], theories of contextual inter-  
119 ference [38], differential learning [39]) propose that practicing a motor skill under variable  
120 conditions leads to superior learning effects. Early research on learning of experimental mo-  
121 tor skills has, however, demonstrated that PwD learn best under constant practice condi-  
122 tions, in which the same tasks or movements are practiced repeatedly without variations [12-  
123 14]. For (re-)learning instrumental activities of daily living (IADLs, e.g., use of a calendar,  
124 microwave, coffee maker, etc.) in PwD, it has been reported that errorless learning methods,  
125 which aim at reducing the likelihood of making errors throughout the learning process [40],  
126 were effective (for review, see [41]). The error reduction may be achieved by a variety of  
127 teaching methods and task adaptations such as parts-to-whole practice, modeling task steps,  
128 verbal instructions, or cueing [41]. The practice conditions and teaching methods known to  
129 facilitate (re-)learning of experimental, low-complexity motor skills or IADLs in PwD have not  
130 yet been used in a previous study in order to teach PwD movement maneuvers for a com-  
131 plex gross motor task by a dementia-specific exercise program.

132 In summary, the primary aim of this study was to test the hypothesis that people with mild-  
133 to-moderate dementia can learn compensatory STS maneuvers in response to a dementia-  
134 specific motor learning exercise program. A secondary aim was to evaluate the sustainability  
135 of potential learning effects.

136

## 137 **MATERIAL AND METHODS**

### 138 **Study design**

139 The study was designed as a double-blinded, randomized, placebo-controlled 10-week in-

140 intervention trial with a 3-month follow-up period. Neither the investigators nor the participants  
141 were aware of group identity. The ethics committee of the Medical Department of the Heidel-  
142 berg University approved the study in accordance with the Declaration of Helsinki. Written  
143 informed consent was obtained from all participants (or legal representatives) prior to study  
144 inclusion. The trial was registered at [www.isrctn.com](http://www.isrctn.com) (ISRCTN37232817).

145

## 146 **Study population**

147 Participants were consecutively recruited from rehabilitation wards of a German geriatric  
148 hospital, from nursing homes, and from a community-dwelling population. Eligible partici-  
149 pants were screened for cognitive impairment using the Mini-Mental State Examination  
150 (MMSE) [42]. In those with MMSE scores from 17 to 26, a comprehensive neuropsychologi-  
151 cal testing was performed by using the Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's  
152 Disease (CERAD) test battery [43] with a modified Trail Making Test (ZVT-G) [44] and a dig-  
153 it-span test (ZN-G) [44]. Only individuals meeting predefined criteria for probable dementia in  
154 the neuropsychological testing (test scores below the 10<sup>th</sup> percentile [z-score -1.28] of the  
155 normative sample on at least one memory test and one other neuropsychological test [45,  
156 46]) were included in the study. Further inclusion criteria were:  $\geq 65$  years; no severe neuro-  
157 logic, cardiovascular, metabolic, or psychiatric disorders; residence within 15 kilometers of  
158 the study center; ability to walk at least 10 meters without a walking aid, and written informed  
159 consent. Patients meeting the inclusion criteria were randomly assigned to the intervention  
160 group (IG) or the control group (CG) using the urn design for clinical trials (numbered con-  
161 tainers), with stratification according to sex and location of recruitment (rehabilitation wards  
162 vs. others) [47]. A person unrelated to the study performed the randomization procedure.

163

## 164 **Intervention**

165 Participants assigned to the IG took part in a dementia-specific motor-cognitive training  
166 program for 10 weeks (1.5 hours, twice a week) conducted in groups of maximum 7 partici-  
167 pants and supervised by two qualified trainers experienced in training PwD. Within each

168 group session, participants performed a motor learning exercise program on the compensa-  
169 tory STS maneuvers for 15 minutes. Other training components were a motor-cognitive dual-  
170 task training ('walking while counting') and a computerized, game-based motor-cognitive  
171 training on an interactive balance platform ('exergaming').

172 Based on the findings of previous studies on learning of motor skills or IADLs in PwD [7,  
173 41] and recommendations given for promoting physical exercise in PwD [48, 49], specific  
174 teaching methods and practice conditions were used to facilitate learning of the compensato-  
175 ry STS maneuvers: parts-to-whole practice, verbal instructions and cueing, modeling task  
176 steps (mirror technique), haptic assistance, constant practice with high repetitions, verbal  
177 praise, and immediate error correction.

178 The STS movement was initially broken down into five constituent components for parts-  
179 to-whole practice [50]: (1) anterior buttocks displacement; (2) posterior feet displacement; (3)  
180 trunk straightening; (4) excessive trunk flexion, and (5) standing up. Referring to a method  
181 also used in mental practice [51], each of these components was symbolically marked by a  
182 direct and concise verbal cue that clearly described the movement maneuver to be per-  
183 formed (e.g., 'slide forward to the front edge of the chair seat'). During repeated step-by-step  
184 demonstration, the trainer constantly modeled each movement maneuver in combination with  
185 its specific cue in order to prompt participants for movement, to direct their attention to the  
186 specific components of the STS transfer, to enhance the movement preparation and initia-  
187 tion, and, overall, to facilitate the storage and recall of the trained movement maneuvers [52].  
188 Participants were encouraged to immediately join the demonstrations, follow the cues given,  
189 and mirror trainer's movements. If necessary, haptic assistance was provided by another  
190 trainer to ensure correct and effective movement execution of the participants. The STS  
191 movement was sequentially demonstrated and taught by using a forward chaining method.  
192 That is, starting with training on the first component, each subsequent component was added  
193 in the teaching process after the participants had mastered the previous one(s). This forward  
194 progression continued until all components were included in the 'chain' and participants were  
195 able to mirror and perform the entire 'compensatory STS movement strategy' without errors.



196 For each learning step, extensive practice under constant conditions (i.e., same task without  
197 variation, trainer demonstration with cues, haptic assistance) with a large number of repeti-  
198 tions was provided. Any progress in learning was consequently praised by trainers. As train-  
199 ing progressed, external assistance by trainers was gradually faded ('vanishing cues') [53], in  
200 such a way that eventually participants were able to perform the movement strategy inde-  
201 pendently. At first, haptic assistance was no longer provided, and in subsequent steps, the  
202 verbal cues given by the trainer during the demonstration became gradually shorter (e.g.,  
203 'slide forward to the front edge of the chair seat' to 'slide forward'). As a last step, the  
204 demonstration by trainer was withheld and participants were asked to demonstrate the  
205 movement strategy in front of the training group and to simultaneously prompt the other par-  
206 ticipants using the verbal cues learned [54]. To promote participants' own error detection and  
207 correction abilities, the other participants were encouraged to check the demonstration and  
208 instructions of their fellow participant and to intervene and provide help if the demonstrating  
209 participant was unable to recall or missed any of the components of the compensatory STS  
210 movement strategy. When errors remained undetected or wrong corrections were given by  
211 participants, the procedure was immediately interrupted and the demonstrating participant  
212 received assistance from trainers.

213 The CG met two times a week for one hour of motor placebo group training, including un-  
214 specific, low-intensity strength and flexibility exercises for the upper body while seated su-  
215 pervised by the same two trainers of the IG.

216 In both training groups, much attention was paid to emotional aspects such as reassur-  
217 ance, respect, and empathy toward the participants as described in dementia-care guidelines  
218 [55]. A free transportation service to and from study sessions was provided for all participants  
219 as part of the dementia-specific, patient-centered approach.

220 Study participants were blinded since they had not been informed about group allocation  
221 and the potential different effectiveness of the two training regimens, which prevented expec-  
222 tations of the training effects.

223 Training adherence was documented at each training session and calculated as the ratio

224 of the number of training sessions attended to the total number of sessions prescribed (i.e.,  
225 20 sessions), multiplied by 100.

226

### 227 **Descriptive measurements**

228 Demographic and clinical characteristics assessed at baseline including age, gender, ed-  
229 ucation, comorbidity (number of diagnoses), medication (number), falls in the previous year,  
230 and social status (community-dwelling vs. institutionalized) were documented from patient  
231 charts or by standardized patient interviews. A trained interviewer assessed psychological  
232 status for depression (Geriatric Depression Scale, 15 item version [56]), health-related quali-  
233 ty of life (12-item Short Form Health Survey [57]), and fear of falling (7-item Short Falls Effi-  
234 cacy Scale-International [58]). Functional status was measured by the Performance Oriented  
235 Mobility Assessment (POMA) [59] and the Timed Up and Go (TUG) [60].

236

### 237 **STS measurements**

238 Standardized STS measurements were performed before (T1) and at the end of the 10-  
239 week training intervention (T2), and after the 3-month follow-up period without training (T3).  
240 All measurements were administered by a blinded person who had been adequately trained  
241 in test procedure and in measuring PwD [61].

242

#### 243 *Assessment of Compensatory Sit-to-stand Maneuvers in People with Dementia*

244 Participants' STS transfers were evaluated by the observation-based Assessment of  
245 Compensatory Sit-to-stand Maneuvers in People with Dementia (ACSID). The ACSID had  
246 been specifically developed and validated for use in PwD to document motor and cognitive  
247 aspects in the movement process of the compensatory STS maneuvers commonly taught in  
248 geriatric rehabilitation therapy [62]. The items of the ACSID assess each of the five maneu-  
249 vers of the compensatory STS movement strategy by a cognitive dimension, which covers  
250 the ability to explicitly and consciously recall and initiate the maneuvers ('recall and initiation',  
251 RI), and a motor dimension ('effective performance', EP), which covers the ability to effec-

252 tively perform the maneuvers as intended (Table 1). The five items of each dimension are  
253 rated dichotomously (0 = no, 1 = yes) and summed to yield a score for the RI (ACSID-RI,  
254 range 0-5) and the EP dimension (ACSID-EP, range 0-5). A total score is calculated as the  
255 sum of both dimension scores (ACSID-T, range 0-10). The ACSID has been shown to have  
256 good-to-excellent inter-/intrarater reliability, concurrent validity, and feasibility, and to be sen-  
257 sitive to intervention-induced changes in patients with mild-to-moderate dementia [62].

258

### 259 *Body-fixed-sensor-based STS analysis*

260 The STS transfers were additionally analyzed using a small and light (87 x 45 x 14 mm,  
261 74 grams) body-fixed sensor (BFS) system (DynaPort<sup>®</sup> Hybrid, McRoberts, The Hague, The  
262 Netherlands), which was inserted in an elastic belt fixed around the waist close to the center  
263 of mass. The BFS system contains three pre-calibrated accelerometers (STM-LIS3LV02DQ)  
264 and three gyroscopes (EPSON-XV-3500CB) and measures 3-dimensional accelerations and  
265 angular velocities of the trunk at a sampling rate of 100 Hz. The on-line analysis software of  
266 the BFS system allows an automatic analysis of the temporal and kinematic motion parame-  
267 ters of different phases (sit-to-stand and stand-to-sit) and sub-phases (flexion and extension)  
268 during repeated STS transfers. The BFS-based STS analysis has been demonstrated to be  
269 feasible, valid and reliable in geriatric settings [63-65]. The BFS outcome parameters used in  
270 this study were range of the STS trunk flexion angle, duration and maximum angular velocity  
271 of the STS trunk flexion, and duration of the STS movement phase. The STS movement  
272 strategy trained in the motor learning exercise program was characterized by slow consecu-  
273 tive movement maneuvers during the STS movement phase, including a slow, excessive  
274 trunk flexion before rising from the chair and extending the trunk and the knees in order to  
275 reach an upright standing position. According to these motion characteristics, we hypothe-  
276 sized that learning to integrate the compensatory STS maneuvers into the STS transfer will  
277 be associated with an increase of the trunk flexion range, trunk flexion duration and STS  
278 movement duration, and with a decrease of the maximum trunk flexion angular velocity.

279

280 *Procedure*

281 The test procedure was conducted according to a standardized written test protocol. Ini-  
282 tially, the belt with the BFS system was attached on the participants' lower back at the height  
283 of the second lumbar vertebra. The participants were seated on an armless, backless chair  
284 of adjustable height, with seat placed at 100% knee height, measured as the distance from  
285 the left medial tibial plateau to the floor [18]. At baseline, participants were first asked to per-  
286 form a single chair stand test without using their arms in order to assess the general STS  
287 ability [66]. If participants were unable to stand up from the regular seat height due to physi-  
288 cal limitations, the seat was adjusted to 110% (120%) of knee height [65]. This seat height  
289 was used for further procedure at baseline, and for the post-intervention and follow-up as-  
290 sessments. On a standard chair placed in the sagittal plane in front of the seated participant,  
291 the test administrator initially demonstrated the compensatory STS movement strategy for  
292 one time at all assessment sessions (T1, T2, and T3). Each movement maneuver of the  
293 strategy was simultaneously accompanied by a standardized verbal cue given by the admin-  
294 istrator during the demonstration: (1) 'slide forward to the front edge of the chair seat'; (2)  
295 'move the feet backwards to the edge of the chair seat'; (3) 'straighten the upper body, erect  
296 the back, and raise up the chest'; (4) 'bend the upper body forwards until your buttocks starts  
297 leaving the chair seat'; and (5) 'raise up in an upright standing position without using your  
298 arms.' Immediately after the demonstration, the participant was instructed to stand up 5 times  
299 in a row applying the movement strategy demonstrated before ('arise from the chair 5 times  
300 in the way it was demonstrated before'). No instructions were given on the speed of standing  
301 up. Repeated chair stands could be performed at self-selected pace with short breaks be-  
302 tween chair stands if needed (e.g., due to physical limitations or the need for reflection time).  
303 The buttocks and foot placement were not standardized. Each participant was allowed to  
304 relax into his/her own comfortable initial sitting position. During testing, no physical or cogni-  
305 tive assistance was allowed. Each compensatory STS transfer was simultaneously vide-  
306 otaped by a digital camcorder (Xacti VPC-FH1, SANYO Electric Co Ltd, Moriguchi, Japan),  
307 positioned perpendicular to the left sagittal plane of the participant. Video and BFS data were

308 collected from initial sitting to the final standing position at the end of the fifth stand. The vid-  
309 eo recordings were used for the ACSID scoring by a trained rater blinded to the participants'  
310 group allocation. The BFS raw data stored on a Micro-SD card were uploaded to the on-line  
311 analysis software for automatic STS analysis.

312

### 313 **Statistical analysis**

314 Descriptive data were presented as frequencies and percentages for categorical varia-  
315 bles, and means and standard deviations or medians and ranges for continuous variables as  
316 appropriate. Unpaired t-tests, Mann-Whitney U-tests, and Chi-square tests were used for  
317 baseline comparison according to the data distribution. Primary outcomes were the observa-  
318 tion-based ACSID scores, and secondary outcomes were the BFS-recorded data. For the  
319 statistical analysis of the ACSID scores, we used the STS trial with the highest ACSID-T  
320 score [62]. The BFS outcomes were analyzed based on mean values of the different STS  
321 trials [65]. Between-group changes over the intervention period (T1-T2) and the total obser-  
322 vation period (T1-T3) were analyzed by two-way analyses of variance for repeated measures  
323 (repeated measures ANOVA, group  $\times$  time). Effect sizes for intervention effects were calcu-  
324 lated as partial eta squared ( $\eta_p^2$ ). Partial eta squared values were interpreted as small ( $\eta_p^2 <$   
325  $0.06$ ), medium ( $0.06 \geq \eta_p^2 < 0.14$ ), or large effects ( $\eta_p^2 \geq 0.14$ ) [67]. A two-sided  $p$ -value of  $\leq$   
326  $0.05$  indicated statistical significance. Statistical analysis was performed on an intention-to-  
327 treat basis using IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0 (IBM Corp., Armonk, NY,  
328 USA).

329

## 330 **RESULTS**

### 331 **Participant characteristics**

332 Out of 2,876 persons screened for eligibility, 97 were enrolled and randomly assigned to  
333 the IG (n=51) and CG (n=46). The attrition rate was 15% at T2 (IG: 22%; CG: 9%,  $p = 0.080$ )  
334 and 27% at T3 (IG: 27%; CG: 26%,  $p = 0.880$ ) (Fig. 1). No major health problems occurred  
335 during training or testing. All serious medical events and causes of death were related to pre-

336 existing comorbidity, and none were directly or indirectly attributable to the exercise program.  
337 Twelve participants dropped out due to serious medical events ( $n = 8$ ) or death ( $n = 4$ ); an-  
338 other 12 interrupted training and rejected any additional testing, despite repeated efforts of  
339 persuasion, and 5 had to be excluded from assessment due to severe physical limitations  
340 and pain. One participant rejected the post-intervention assessment but was willing and able  
341 to be tested at the 3-month follow-up assessment.

342 The study sample comprised multimorbid, frail older people with mild-to-moderate demen-  
343 tia. Participants' mean age was  $82.5 \pm 5.9$  years and the mean MMSE score was  $21.9 \pm 2.9$   
344 points. Physical performance was impaired: the POMA score averaged  $22.4 \pm 4.0$  points, the  
345 TUG time averaged  $18.2 \pm 11.1$  seconds, and thirty-six participants (37.1%) were not able to  
346 rise from a chair with seat at individual knee height without using arms. Almost half of the  
347 participants ( $n = 46$  [47.4%]) reported one or more falls in the previous year. Sixty-five partic-  
348 ipants (67.0%) were living independently at home, partly with supportive care; 32 (33.0%)  
349 were institutionalized. Descriptive variables ( $p = 0.196$ - $0.942$ ) and outcome measures ( $p =$   
350  $0.250$ - $0.960$ ) at baseline did not differ significantly between the IG and CG (Table 2), indicat-  
351 ing a successful randomization. When dropouts ( $n = 26$ ) were compared with those partici-  
352 pants who stayed in the study until the end of follow-up ( $n = 71$ ), no significant differences  
353 were found for any baseline variable ( $p = 0.092$ - $0.903$ ). Dropout-adjusted groups did not dif-  
354 fer significantly in any descriptive variables ( $p = 0.126$ - $0.990$ ) or outcome measures at base-  
355 line ( $p = 0.204$ - $0.734$ ). Results are consistent with the statistical analysis for the total sample  
356 initially recruited, indicating that both groups were still comparable despite missing  
357 measures.

358 The standardized, automated analysis of BFS raw data by using the on-line software  
359 failed in 8 measurements (T1:  $n = 3$ , T2:  $n = 2$ , T3:  $n = 3$ ; overall: 2.8% of measurements),  
360 which reduced the sample size for the BFS-based outcomes.

361

## 362 **Effects of intervention**

363 Adherence to the intervention was excellent in both groups, averaging  $98.1 \pm 3.7\%$  in the

364 IG and  $96.5 \pm 6.5\%$  in the CG, with no significant difference between groups ( $p = 0.178$ ). The  
365 primary hypothesis was verified by significant improvements ( $p < 0.001$ ) in the IG compared  
366 to the CG in all ACSID scores, with overall large effect sizes ( $\eta_p^2 = 0.261-0.372$ ) (Table 3).  
367 These results were confirmed by the secondary outcomes with significant positive changes  
368 ( $p < 0.001-0.006$ ) in the IG compared to the CG in all BFS-based outcomes. Effect sizes for  
369 BFS-based outcomes were between medium and large ( $\eta_p^2 = 0.099-0.188$ ).

370

### 371 **Sustainability of effects**

372 The learning gains of the IG compared to the CG decreased in the follow up, but effects  
373 were sustained for those primary and secondary outcomes that showed the largest effects  
374 sizes from baseline to post-intervention assessment (Table 3). Three months after training  
375 completion, the ACSID-RI ( $p = 0.015$ ) and ACSID-T scores ( $p = 0.012$ ) remained elevated  
376 with significant differences between IG and CG. The ACSID-EP score was also still in-  
377 creased in the IG (time effect for T1 vs. T3:  $2.1 \pm 0.9$  vs.  $2.6 \pm 1.1$  points,  $p = 0.016$ ,  $\eta_p^2 =$   
378  $0.154$ ), but between-group differences over time were no longer significant (group  $\times$  time  
379 effect for T1 vs. T3:  $p = 0.118$ ,  $\eta_p^2 = 0.036$ ). In the BFS-based outcomes, improvements of  
380 the IG compared to the CG were sustained for the STS movement duration ( $p = 0.019$ ,  $\eta_p^2 =$   
381  $0.086$ ) and the duration of the STS trunk flexion ( $p = 0.020$ ,  $\eta_p^2 = 0.083$ ). The range of the  
382 STS trunk flexion was also still improved in the IG (time effect for T1 vs. T3:  $33.53 \pm 6.37$  vs.  
383  $38.44 \pm 12.39$  degrees,  $p = 0.024$ ,  $\eta_p^2 = 0.154$ ), but between-group differences over time dis-  
384 appeared (group  $\times$  time effect for T1 vs. T3:  $p = 0.093-0.144$ ,  $\eta_p^2 = 0.034-0.044$ ). The im-  
385 provements in the maximum trunk flexion angular velocity angle were not sustained.

386

### 387 **DISCUSSION**

388 The presented randomized controlled trial demonstrated that the motor learning exercise  
389 program specifically designed for the target sample of cognitively impaired individuals was  
390 effective in teaching compensatory STS maneuvers to people with mild-to-moderate demen-

391 tia. To the best of our knowledge, this is the first study showing that PwD can learn and re-  
392 tain movement maneuvers for a complex motor skill highly relevant to everyday life.

393

#### 394 **Effects of intervention**

395 Training-induced improvements of the IG in all ACSID scores confirmed the primary study  
396 hypothesis that PwD can learn compensatory STS maneuvers. The increased score ob-  
397 served for the cognitive dimension (ACSID-RI) reflects the ability of the IG participants to  
398 consciously recollect and initiate an increased number of movement maneuvers in response  
399 to the dementia-specific motor learning exercise program. This finding is in contrast to the  
400 results reported in the study by Rösler et al. [8], which has been the only study so far that  
401 examined motor learning in dementia by using a complex gross motor skill, namely waltz  
402 dancing. In this study, patients with moderate dementia showed improved rhythmicity, ex-  
403 pression, smoothness of movement, creativity and usage of space after a 12-day dance-  
404 exercise program on a slow-waltz (to be danced alone); however, they were not able to ex-  
405 plicitly recollect new dance steps after the intervention period. This might be due to the fact  
406 that the exercise program used in this study seems not to have been specifically designed for  
407 PwD. By applying teaching methods and practice conditions that have been demonstrated to  
408 be effective in (re-)learning of other motor or everyday tasks in PwD [7, 41], and following the  
409 recommendations given for physical exercise practice in PwD [48], the presented study  
410 showed for the first time that PwD can successfully recollect movement maneuvers for a  
411 complex gross motor task when a dementia-specific motor learning exercise program was  
412 used.

413 The score for the motor dimension (ACSID-EP) was also found to be increased in the IG  
414 participants at post-intervention, indicating that they learned to effectively perform an in-  
415 creased number of recollected movement maneuvers. Although PwD may lose their capacity  
416 of preparing and executing efficient body motions [26, 27, 29], this result suggests that PwD  
417 can (re-)learn to effectively integrate high-level, cognitive aspects of motor processes into the  
418 motor action organization in order to improve the quality and efficiency of motions, which



419 might be crucial in individuals with high risk of falls. Immediate error correction and haptic  
420 assistance provided by trainers during the learning process may help to achieve such motor  
421 learning effects.

422 Learning gains were also suggested by overall positive changes in all BFS-recorded, tem-  
423 poral, kinematic STS motion parameters. Training-related change scores in the STS move-  
424 ment duration, the trunk flexion duration, and the maximum trunk flexion angular velocity  
425 substantially exceeded the minimal detectable change reported in geriatric patients for these  
426 parameters [65], indicating a real, clinically relevant change in the STS movement execution.  
427 As the compensatory STS movement strategy was characterized by including individual,  
428 slow consecutive movement maneuvers in the STS movement phase, the increased STS  
429 movement duration indicates that the IG participants learned to integrate such maneuvers  
430 into this movement phase. A more specific indication that supports the primary study hypoth-  
431 esis based on technically measured outcomes was provided by the increased trunk flexion  
432 range and trunk flexion duration as well as by the decreased maximum trunk flexion angular  
433 velocity. Given the excessive trunk flexion taught during the motor learning exercise pro-  
434 gram, this result suggests that IG participants learned to integrate an increased forward trunk  
435 flexion into the STS transfer. These positive changes in spatiotemporal features of the trunk  
436 flexion are of special interest as STS movement disorders in PwD have been associated with  
437 a reduced forward trunk flexion coupled with an earlier initiation of motion components in the  
438 vertical plane ('dominant vertical chair-rise strategy'), decreasing the overall STS movement  
439 quality and efficiency [18, 26]. Integrating a more pronounced trunk flexion into the STS  
440 movement phase shifts the center of mass more toward the rotational axis of the knee joint  
441 and the base of support which reduces the knee torque and the muscle strength in lower  
442 extremities needed to achieve the standing position thus increases the STS movement effi-  
443 ciency [26, 68].

444 Overall, our results substantiate findings of previous studies that reported preserved motor  
445 learning abilities in PwD by using fine or gross motor tasks without relevance to everyday life  
446 [6-11]. The overall improvements in all our study outcomes demonstrate that PwD were also

447 able to learn movement maneuvers that aim to improve qualitative aspects of a complex  
448 gross motor skill, namely the STS transfer, which represents a hallmark of everyday function-  
449 ing, independence, and quality of life in older adults [66, 69].

450

### 451 **Sustainability of learning effects**

452 Motor learning is defined as ‘a set of processes associated with practice or experience  
453 leading to relatively permanent changes in the capability for skilled movement’ ([50], p. 327).  
454 To evaluate a ‘relatively permanent change’ in motor behavior, it is essential to include long-  
455 term follow-up assessments in the research design of studies on motor learning. Previous  
456 studies on motor learning in PwD, however, often lack long-term follow-up [6, 8-11, 13-16].  
457 Of the few studies that have investigated and found preserved long-term retention of motor  
458 learning in PwD, all have used experimental motor tasks with no direct relevance to patients’  
459 everyday life [12, 70, 71]. For the first time, our results suggest that, for at least three months  
460 following training, PwD were also able to retain some movement maneuvers for a complex  
461 motor skill highly relevant to everyday functioning. As would be expected, the learning gains  
462 waned after training cessation; however, significant, training-induced improvements re-  
463 mained at the end of the follow-up period for most of the outcomes. Learning effects were  
464 sustained for the primary and the secondary outcomes that had the largest effect sizes dur-  
465 ing training, indicating sustainability of the dementia-specific motor learning exercise program  
466 despite the progressive nature of participants’ cognitive impairment.

467

### 468 **Feasibility, adherence, and safety**

469 Based on the patient-centered approach, the dropout rate in the present study after the in-  
470 tervention period (15%) was lower than those that reported in some other previous studies (about  
471 20-36%) performing a physical exercise program in PwD with similar intervention length (8-  
472 12 weeks), frequency (2-3 times a week), and session duration (45-120 min) [72-76]. Train-  
473 ing adherence was excellent in both study groups (97%). According to previous studies [72,  
474 77], these results indicate that a high training adherence (> 90%) can be achieved by a phys-

475 ical exercise program specifically designed for PwD, despite participants' multimorbidity, poor  
476 functional status, and advanced cognitive impairment. Participants' safety was a clear focus  
477 in this study as the intervention was strictly supervised by qualified trainers and specifically  
478 adjusted to the needs and abilities of PwD. As a result, no severe training-related adverse  
479 events occurred in the highly challenging sample of multimorbid, frail older PwD.

480

### 481 **Limitations and future research**

482 Although we performed a highly task-specific motor learning exercise program on com-  
483 pensatory STS maneuvers and used an assessment strategy specifically developed to doc-  
484 ument the specific intervention effects of this training component, we cannot exclude a rela-  
485 tive, non-specific contribution of the additional training components (i.e., walking while count-  
486 ing, exergaming) to the learning gains observed in the IG due to the study design. Another  
487 limitation of this study is that our results achieved in patients with mild-to-moderate dementia  
488 may not be generalizable to PwD in a more advanced disease stage, with severe cognitive  
489 impairment or inability to rise from a chair. Further studies are needed to examine such hy-  
490 potheses. It remains also a future research question whether PwD are able to integrate suc-  
491 cessfully learned compensatory STS maneuvers into their daily-life STS movement execu-  
492 tion. STS motion parameters measured under controlled and standardized conditions may  
493 differ significantly from those measured under daily-life conditions, and thus may only provide  
494 an optimistic estimate on how a person actually perform the STS motion in daily life [78]. In  
495 future studies, the use of wearable motion sensors for long-term physical activity monitoring  
496 may allow the analysis of potential training-induced changes in temporal and kinematic STS  
497 motion parameters (e.g., STS duration, acceleration, angular velocity) also in the partici-  
498 pants' home environment during daily life as well as the analysis of potential differences be-  
499 tween the STS motion measured in daily life and that measured in a standardized test sce-  
500 nario.

501

502

503 **CONCLUSION**

504 The presented study clearly demonstrated that the dementia-specific motor learning exercise  
505 program was feasible and enabled multimorbid, frail older people with mild-to-moderate de-  
506 mentia to learn and retain the compensatory STS maneuvers commonly taught in geriatric  
507 rehabilitation therapy to enhance a patient's STS ability. To the best of our knowledge, this is  
508 the first study that revealed preserved motor learning abilities in PwD by use of a complex  
509 motor skill with direct relevant to everyday life. The study provides insight as to how such  
510 motor skills can be taught effectively in PwD. The teaching methods and practice conditions  
511 used in the presented motor learning exercise program may help to establish specifically  
512 designed rehabilitation or outpatient exercise programs for PwD that focus on (re-)learning  
513 clinically relevant motor tasks, or improving qualitative aspects in their movement execution,  
514 in order to reduce patients' risk of falling and to preserve or promote their mobility and func-  
515 tional independence.

516

517 **ACKNOWLEDGEMENTS**

518 We kindly thank Michaela Günther-Lange (Agaplesion Bethanien Hospital Heidelberg,  
519 Geriatric Center at the University of Heidelberg) for her assistance in training and supervision  
520 of participants.

521 The study was supported by the Dietmar Hopp Foundation, the Robert Bosch Foundation,  
522 and the Network of Aging Research (NAR) at the University of Heidelberg. The sponsors had  
523 no role in the design and conduct of the study; collection, management, analysis, and inter-  
524 pretation of the data; and preparation, review, or approval of the manuscript.

525

526 **CONFLICT OF INTEREST**

527 The authors have no conflict of interest to declare.

## REFERENCES

- [1] Magill RA (2011) *Motor Learning and Control: Concepts and Applications*, McGraw-Hill, New York, NY.
- [2] Muratori LM, Lamberg EM, Quinn L, Duff SV (2013) Applying principles of motor learning and control to upper extremity rehabilitation. *J Hand Ther* **26**, 94-103.
- [3] Sadeghi SG, Minor LB, Cullen KE (2010) Neural correlates of motor learning in the vestibulo-ocular reflex: Dynamic regulation of multimodal integration in the macaque vestibular system. *J Neurosci* **30**, 10158-10168.
- [4] Ren J, Wu YD, Chan JS, Yan JH (2013) Cognitive aging affects motor performance and learning. *Geriatr Gerontol Int* **13**, 19-27.
- [5] Wu Q, Chan JS, Yan JH (2016) Mild cognitive impairment affects motor control and skill learning. *Rev Neurosci* **27**, 197-217.
- [6] Yan JH, Abernethy B, Li X (2010) The effects of ageing and cognitive impairment on on-line and off-line motor learning. *Appl Cognit Psychol* **24**, 200-212.
- [7] van Halteren-van Tilborg IA, Scherder EJ, Hulstijn W (2007) Motor-skill learning in Alzheimer's disease: A review with an eye to the clinical practice. *Neuropsychol Rev* **17**, 203-212.
- [8] Rösler A, Seifritz E, Krauchi K, Spoerl D, Brokuslaus I, Proserpi SM, Gendre A, Savaskan E, Hofmann M (2002) Skill learning in patients with moderate Alzheimer's disease: A prospective pilot-study of waltz-lessons. *Int J Geriatr Psychiatry* **17**, 1155-1156.
- [9] Schmitz X, Bier N, Joubert S, Lejeune C, Salmon E, Rouleau I, Meulemans T (2014) The benefits of errorless learning for serial reaction time performance in Alzheimer's disease. *J Alzheimers Dis* **39**, 287-300.
- [10] van Tilborg I, Hulstijn W (2010) Implicit motor learning in patients with Parkinson's and Alzheimer's disease: Differences in learning abilities? *Motor Control* **14**, 344-361.
- [11] Yan JH, Dick MB (2006) Practice effects on motor control in healthy seniors and patients with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn* **13**, 385-410.
- [12] Dick MB, Shankle RW, Beth RE, Dick-Muehlke C, Cotman CW, Kean ML (1996) Acquisition and long-term retention of a gross motor skill in Alzheimer's disease patients under constant and varied practice conditions. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* **51**, P103-111.
- [13] Dick MB, Andel R, Hsieh S, Bricker J, Davis DS, Dick-Muehlke C (2000) Contextual interference and motor skill learning in Alzheimer's disease. *Aging Neuropsychol C* **7**, 273-287.
- [14] Dick MB, Hsieh S, Dick-Muehlke C, Davis DS, Cotman CW (2000) The variability of practice hypothesis in motor learning: Does it apply to Alzheimer's disease? *Brain Cogn* **44**, 470-489.
- [15] Dick MB, Hsieh S, Bricker J, Dick-Muehlke C (2003) Facilitating acquisition and transfer of a continuous motor task in healthy older adults and patients with Alzheimer's disease. *Neuropsychology* **17**, 202-212.
- [16] Willingham DB, Peterson EW, Manning C, Brashear HR (1997) Patients with Alzheimer's disease who cannot perform some motor skills show normal learning of other motor skills. *Neuropsychology* **11**, 261-271.
- [17] Lindemann U, Muche R, Stuber M, Zijlstra W, Hauer K, Becker C (2007) Coordination of strength exertion during the chair-rise movement in very old people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* **62**, 636-640.
- [18] Scarborough DM, Krebs DE, Harris BA (1999) Quadriceps muscle strength and dynamic stability in elderly persons. *Gait Posture* **10**, 10-20.
- [19] Schenkman M, Hughes MA, Samsa G, Studenski S (1996) The relative importance of strength and balance in chair rise by functionally impaired older individuals. *J Am Geriatr Soc* **44**, 1441-1446.
- [20] Alexander NB (1994) Postural control in older adults. *J Am Geriatr Soc* **42**, 93-108.

- [21] Ferrucci L, Cooper R, Shardell M, Simonsick EM, Schrack JA, Kuh D (2016) Age-related change in mobility: Perspectives from life course epidemiology and geroscience. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* **71**, 1184-1194.
- [22] Whipple R, Wolfson L, Derby C, Singh D, Tobin J (1993) Altered sensory function and balance in older persons. *J Gerontol* **48 Spec No**, 71-76.
- [23] Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF (1988) Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med* **319**, 1701-1707.
- [24] Williamson JD, Fried LP (1996) Characterization of older adults who attribute functional decrements to "old age". *J Am Geriatr Soc* **44**, 1429-1434.
- [25] Rapp K, Becker C, Cameron ID, Konig HH, Buchele G (2012) Epidemiology of falls in residential aged care: Analysis of more than 70,000 falls from residents of bavarian nursing homes. *J Am Med Dir Assoc* **13**, 187.e181-186.
- [26] Manckoundia P, Mourey F, Pfitzenmeyer P, Papaxanthis C (2006) Comparison of motor strategies in sit-to-stand and back-to-sit motions between healthy and Alzheimer's disease elderly subjects. *Neuroscience* **137**, 385-392.
- [27] Perry RJ, Hodges JR (1999) Attention and executive deficits in Alzheimer's disease. A critical review. *Brain* **122**, 383-404.
- [28] Lezak MD, Howieson DB, Bigler ED, Tranel D (2012) *Neuropsychological Assessment*, Oxford University Press, New York.
- [29] Ghilardi MF, Alberoni M, Marelli S, Marina R, Franceschi M, Ghez C, Fazio F (1999) Impaired movement control in Alzheimer's disease. *Neuroscience Letters* **260**, 45-48.
- [30] Allan LM, Ballard CG, Rowan EN, Kenny RA (2009) Incidence and Prediction of Falls in Dementia: A Prospective Study in Older People. *PLoS ONE* **4**, e5521.
- [31] Barreca S, Sigouin CS, Lambert C, Ansley B (2004) Effects of extra training on the ability of stroke survivors to perform an independent sit-to-stand: A randomized controlled trial. *J Geriatr Phys Ther* **27**, 59-68.
- [32] Alexander NB, Galecki AT, Grenier ML, Nyquist LV, Hofmeyer MR, Grunawalt JC, Medell JL, Fry-Welch D (2001) Task-specific resistance training to improve the ability of activities of daily living-impaired older adults to rise from a bed and from a chair. *J Am Geriatr Soc* **49**, 1418-1427.
- [33] Akram SB, McIlroy WE (2011) Challenging horizontal movement of the body during sit-to-stand: Impact on stability in the young and elderly. *J Mot Behav* **43**, 147-153.
- [34] Khemlani MM, Carr JH, Crosbie WJ (1999) Muscle synergies and joint linkages in sit-to-stand under two initial foot positions. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* **14**, 236-246.
- [35] Fulk GD (2010) Interventions to improve transfers and wheelchair skills In *Improving Functional Outcomes in Physical Rehabilitation*, O'Sullivan SB, Schmitz TJ, eds. F.A. Davis Company, Philadelphia, PA, pp. 138-162.
- [36] Shepherd RB, Gentile AM (1994) Sit-to-stand: Functional relationship between upper body and lower limb segments. *Hum Mov Sci* **13**, 817-840.
- [37] Schmidt RA (1975) A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review* **82**, 225-260.
- [38] Magill RA, Hall KG (1990) A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. *Hum Mov Sci* **9**, 241-289.
- [39] Schöllhorn W (1999) Individualität - ein vernachlässigter Parameter? *Leistungssport* **29**, 5-12.
- [40] Clare L, Jones RS (2008) Errorless learning in the rehabilitation of memory impairment: A critical review. *Neuropsychol Rev* **18**, 1-23.
- [41] de Werd MM, Boelen D, Rikkert MG, Kessels RP (2013) Errorless learning of everyday tasks in people with dementia. *Clin Interv Aging* **8**, 1177-1190.
- [42] 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.
- [43] Morris JC, Mohs RC, Rogers H, Fillenbaum G, Heyman A (1988) Consortium to establish a registry for Alzheimer's disease (CERAD) clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease. *Psychopharmacol Bull* **24**, 641-652.

- [44] Oswald WD, Fleischmann UM (1999) *Das Nürnberger-Alters-Inventar (NAI) - Testinventar & NAI-Testmanual und Textband*, Hogrefe, Göttingen.
- [45] Belle SH, Mendelsohn AB, Seaberg EC, Ratcliff G (2000) A brief cognitive screening battery for dementia in the community. *Neuroepidemiology* **19**, 43-50.
- [46] Aebi C (2002) *Validierung der Neuropsychologischen Testbatterie CERAD-NP. Eine Multi-Center Studie*, PhD Thesis, University of Basel, Basel, Switzerland.
- [47] Wei L-J (1977) A class of designs for sequential clinical trials. *J Am Stat Assoc* **72**, 382-386.
- [48] Oddy R (1987) Promoting mobility in patients with dementia: Some suggested strategies for physiotherapists. *Physiotherapy Practice* **3**, 18-27.
- [49] Schwenk M, Oster P, Hauer K (2008) Kraft- und Funktionstraining bei älteren Menschen mit demenzieller Erkrankung. *Praxis Physiotherapie* **2**, 59-65.
- [50] Schmidt RA, Lee TD (2005) *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis*, Human Kinetics, Champaign, IL.
- [51] Eberspächer H (2012) *Mentales Training - Das Handbuch für Training und Sportler*, Copress Sport, Munich, Germany.
- [52] Landin D (1994) The role of verbal cues in skill learning. *Quest* **46**, 299-313.
- [53] Glisky EL, Schacter DL, Tulving E (1986) Learning and retention of computer-related vocabulary in memory-impaired patients: Method of vanishing cues. *J Clin Exp Neuropsychol* **8**, 292-312.
- [54] O'Sullivan SB (2010) Interventions to Improve Motor Control and Motor Learning In *Improving Functional Outcomes in Physical Rehabilitation*, O'Sullivan SB, Schmitz TJ, eds. F.A. Davis Company, Philadelphia, pp. 12-41.
- [55] Kitwood T, Bredin K (1992) Towards a theory of dementia care: Personhood and well-being. *Ageing Soc* **12**, 269-287.
- [56] Guggel S, Birkner B (1999) Validität und Reliabilität einer deutschen Version der Geriatrischen Depressionsskala (GDS). *Z Klin Psychol Psychother* **28**, 18-27.
- [57] Ware J, Jr., Kosinski M, Keller SD (1996) A 12-Item Short-Form Health Survey: Construction of scales and preliminary tests of reliability and validity. *Med Care* **34**, 220-233.
- [58] Hauer KA, Kempen GI, Schwenk M, Yardley L, Beyer N, Todd C, Oster P, Zijlstra GA (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**, 462-472.
- [59] Tinetti ME (1986) Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *J Am Geriatr Soc* **34**, 119-126.
- [60] Podsiadlo D, Richardson S (1991) The timed "Up & Go": A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* **39**, 142-148.
- [61] Hauer K, Oster P (2008) Measuring functional performance in persons with dementia. *J Am Geriatr Soc* **56**, 949-950.
- [62] Werner C, Wiloth S, Lemke NC, Kronbach F, Hauer K (2016) Development and validation of a novel motor-cognitive assessment strategy of compensatory sit-to-stand maneuvers in people with dementia. *J Geriatr Phys Ther*. doi: 10.1519/JPT.000000000000116
- [63] van Lummel RC, Ainsworth E, Hausdorff JM, Lindemann U, Beek PJ, van Dieen JH (2012) Validation of seat-off and seat-on in repeated sit-to-stand movements using a single-body-fixed sensor. *Physiol Meas* **33**, 1855-1867.
- [64] Zijlstra A, Mancini M, Lindemann U, Chiari L, Zijlstra W (2012) Sit-stand and stand-sit transitions in older adults and patients with Parkinson's disease: Event detection based on motion sensors versus force plates. *J Neuroeng Rehabil* **9**, 75.
- [65] Schwenk M, Gogulla S, Englert S, Czempik A, Hauer K (2012) Test-retest reliability and minimal detectable change of repeated sit-to-stand analysis using one body fixed sensor in geriatric patients. *Physiol Meas* **33**, 1931-1946.
- [66] Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF, Blazer DG, Scherr PA, Wallace RB (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**, M85-94.
- [67] Cohen J (1988) *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, Routledge, New York.
- [68] Schenkman M, Berger RA, Riley PO, Mann RW, Hodge WA (1990) Whole-body movements during rising to standing from sitting. *Phys Ther* **70**, 638-648.
- [69] Fusco O, Ferrini A, Santoro M, Lo Monaco MR, Gambassi G, Cesari M (2012) Physical function and perceived quality of life in older persons. *Aging Clin Exp Res* **24**, 68-73.
- [70] Dick MB, Nielson KA, Beth RE, Shankle WR, Cotman CW (1995) Acquisition and long-term retention of a fine motor skill in Alzheimer's disease. *Brain Cogn* **29**, 294-306.
- [71] Knopman D (1991) Long-term retention of implicitly acquired learning in patients with Alzheimer's disease. *J Clin Exp Neuropsychol* **13**, 880-894.
- [72] Schwenk M, Zieschang T, Englert S, Grewal G, Najafi B, Hauer K (2014) Improvements in gait characteristics after intensive resistance and functional training in people with dementia: a randomised controlled trial. *BMC Geriatrics* **14**, 73.
- [73] Binder EF (1995) Implementing a Structured Exercise Program for Frail Nursing Home Residents with Dementia: Issues and Challenges. *Journal of Aging and Physical Activity* **3**, 383-395.
- [74] Hwang HH, Choi YJ (2010) The effects of the dance therapy program through rhythmic exercise on cognitive memory performance of the elderly with dementia. *Proceedings of the 21st Pan-Asian Congress of Sports & Physical Education* **4**, 12-17.
- [75] Binder EF (2004) A structured resistive training program improves muscle strength and power in elderly persons with dementia. *Activities, Adaptation & Aging* **28**, 35-47.
- [76] Thurm F, Scharpf A, Liebermann N, Kolassa S, Elbert T, Luchtenberg D, Woll A, Kolassa I-T (2011) Improvement of Cognitive Function after Physical Movement Training in Institutionalized Very Frail Older Adults with Dementia. *GeroPsych* **24**, 197-208.
- [77] 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.
- [78] Zhang W, Regterschot GR, Geraedts H, Baldus H, Zijlstra W (2017) Chair Rise Peak Power in Daily Life Measured With a Pendant Sensor Associates With Mobility, Limitation in Activities, and Frailty in Old People. *IEEE J Biomed Health Inform* **21**, 211-217.



**Table 1**  
Scoring guide for the Assessment of Compensatory Sit-to-stand Maneuvers in People with Dementia [62]

STS maneuver/ ACSID Item	Dimension	Description of Scoring
(1) Buttocks displacement	RI	1 pt. No buttocks displacement 1 pt. Deliberate buttocks displacement (anterior or posterior) on the chair seat
	EP	0 pt. Buttocks placed in the posterior portion of the chair seat 1 pt. Buttocks placed in the anterior portion of the chair seat ( $\geq$ center of the seat)
(2) Feet displacement	RI	0 pt. No feet displacement 1 pt. Deliberate feet displacement (anterior or posterior)
	EP	0 pt. Anterior feet position, toes in front of the knees 1 pt. Posterior feet position, toes behind or aligned with the knees
(3) Trunk straightening	RI	0 pt. No change of upper body posture 1 pt. Straightening the upper body to an extended active sitting posture (e.g., by raising up the chest, pulling shoulders back, anterior tilting of the pelvis)
	EP	0 pt. Relaxed passive (slump) upper body posture during trunk flexion (increased thoracic kyphosis and posterior pelvic tilt) 1 pt. Extended active upper body posture during trunk flexion (upper trunk extension while the lower trunk rotates forward at the hips)
(4) Trunk flexion	RI	0 pt. No excessive trunk flexion 1 pt. Excessive trunk flexion prior <u>or</u> after the moment at which the buttocks begins to leave the chair seat (lift-off)
	EP	0 pt. No excessive trunk flexion 1 pt. Excessive trunk flexion prior to lift-off
(5) Standing up	RI	0 pt. No attempt to raise 1 pt. Obvious attempt to raise (buttocks starts leaving contact with the chair)
	EP	0 pt. No upright standing posture (flexed knee and/or hip joints) 1 pt. upright standing posture (knee and hip joints as fully extended as possible)
ACSID-RI score		0-5 pt.
ACSID-EP score		0-5 pt.
ACSID total score		0-10 pt.

STS, sit-to-stand; ACSID, Assessment of Compensatory Sit-to-stand Maneuvers in People with Dementia; RI, recall and initiation; EP, effective performance; pt, points.

**Table 2**  
Participants' characteristics for the intervention group (IG) and control group (CG)

Variable	IG (n = 51)	CG (n = 46)	p-value
Age, years, mean ± SD <sup>a</sup>	82.6 ± 6.1	82.5 ± 5.7	0.887
Gender, female, n (%) <sup>b</sup>	36 (70.6)	36 (78.3)	0.388
Mini-Mental State Examination, score, mean ± SD <sup>a</sup>	22.2 ± 2.9	21.5 ± 3.0	0.214
Education, years, median (range) <sup>c</sup>	11 (7-20)	11 (7-19)	0.760
Number of diagnoses, mean ± SD <sup>a</sup>	7.8 ± 4.0	8.8 ± 4.6	0.265
Number of medications, mean ± SD <sup>a</sup>	7.5 ± 3.5	7.7 ± 3.4	0.812
Taking cholinesterase inhibitors and/or memantine, n (%) <sup>b</sup>	39 (76.5)	29 (63.0)	0.149
Performance Oriented Mobility Assessment, score, mean ± SD <sup>a</sup>	22.6 ± 4.2	22.2 ± 3.8	0.629
Timed Up and Go, s, median (range) <sup>c</sup>	14.3 (6.5-51.2)	15.1 (8.0-86.0)	0.942
Single chair stand test, n (%) <sup>b</sup>	29 (47.5)	32 (52.5)	0.196
Geriatric Depression Scale, score, mean ± SD <sup>a</sup>	2.8 ± 2.2	2.8 ± 2.4	0.898
Falls Efficacy Scale International (short version), score, median (range) <sup>c</sup>	8 (7-18)	8 (7-16)	0.445
Recent history of falls, n (%) <sup>b</sup>	20 (39.2)	26 (56.5)	0.088
12-item Short Form Health Survey, score, mean ± SD <sup>a</sup>			
Physical component summary	44.3 ± 9.5	45.5 ± 8.7	0.549
Mental component summary	49.6 ± 7.5	49.9 ± 8.3	0.872
Living situation, n (%) <sup>b</sup>			0.430
Community-dwelling	36 (70.6)	29 (63.0)	
Institutionalized	15 (29.4)	17 (37.0)	

p-values are given for <sup>a</sup>t-tests, <sup>b</sup>Chi-square tests, and <sup>c</sup>Mann-Whitney U-tests applied to test for differences between the intervention and control group.

**Table 3**

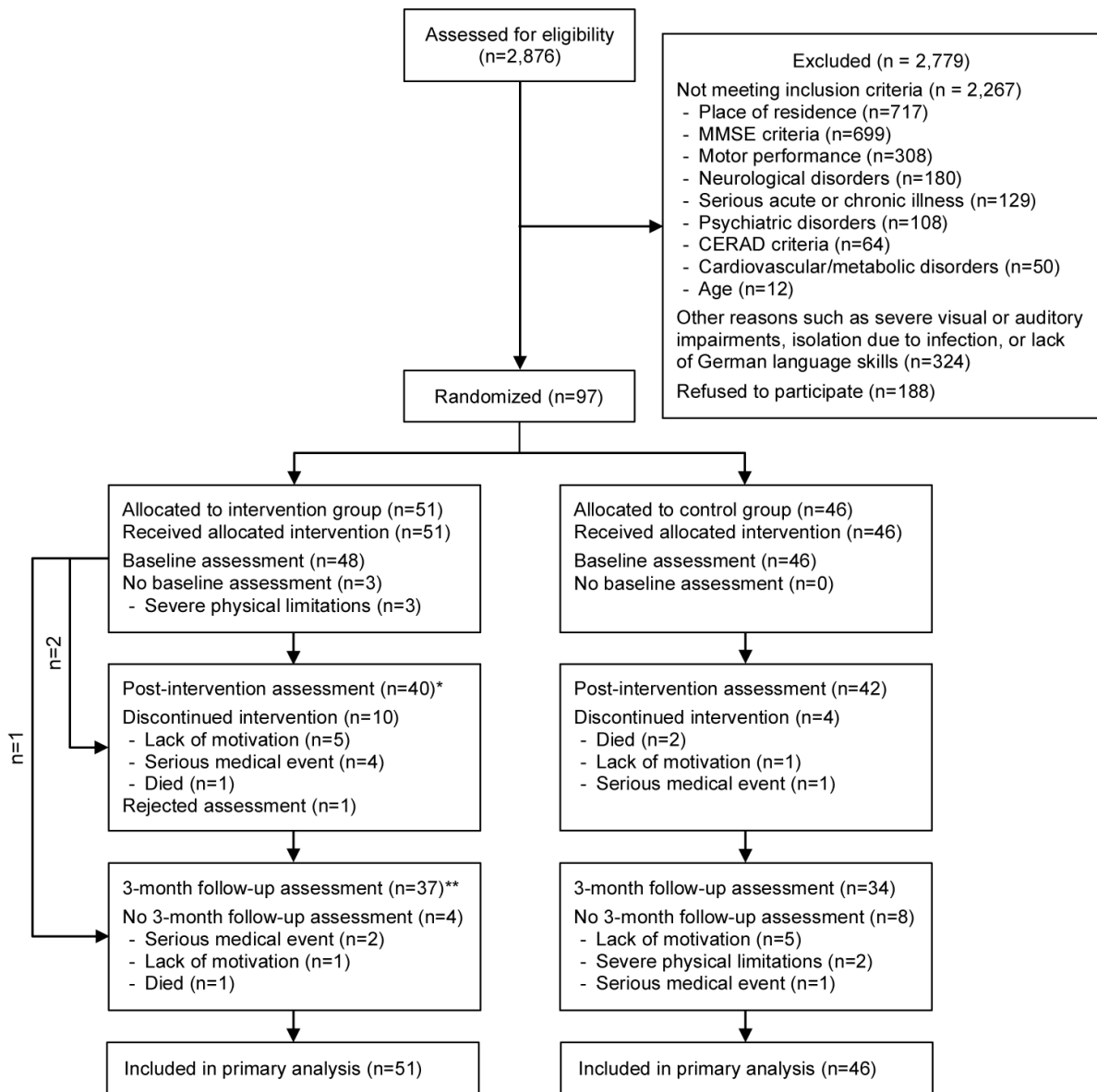
Effects of the intervention: STS measurements before the intervention (T1), at the end of the 10-week intervention (T2), and at follow-up 3-month following intervention (T3) for the intervention group (IG) and control group (CG)

Variable	T1		T2		T3		T1-T2			T1-T3		
	<i>n</i>	mean ± SD	<i>n</i>	mean ± SD	<i>n</i>	mean ± SD	$\Delta^a$ mean ± SD	<i>p</i> -value <sup>b</sup>	effect size <sup>c</sup>	$\Delta^a$ mean ± SD	<i>p</i> -value <sup>b</sup>	effect size <sup>c</sup>
<b>Primary outcomes</b>												
ACSID recall and initiation, score												
IG	48	1.8 ± 1.0	40	3.3 ± 1.3	37	2.5 ± 1.2	+1.7 ± 1.7	<0.001	0.319	+0.9 ± 1.3	0.015	0.084
CG	46	1.8 ± 1.0	42	1.7 ± 0.9	34	2.0 ± 1.0	-0.1 ± 0.9			+0.2 ± 1.1		
ACSID effective performance, score												
IG	48	2.1 ± 0.9	40	3.1 ± 1.0	37	2.6 ± 1.1	+1.0 ± 0.9	<0.001	0.261	+0.5 ± 1.3	0.118	0.036
CG	46	1.9 ± 0.9	42	1.8 ± 0.8	34	2.1 ± 1.0	-0.1 ± 0.9			+0.2 ± 1.1		
ACSID <u>total</u> , score												
IG	48	3.9 ± 1.4	40	6.4 ± 2.1	37	5.1 ± 2.1	+2.7 ± 2.2	<0.001	0.372	+1.4 ± 2.1	0.012	0.090
CG	46	3.7 ± 1.4	42	3.5 ± 1.5	34	4.1 ± 1.6	-0.1 ± 1.4			+0.3 ± 1.5		
<b>Secondary outcomes</b>												
Trunk flexion range, °												
IG	45	33.58 ± 7.52	39	40.23 ± 12.84	35	38.93 ± 12.84	+8.28 ± 13.41	0.006	0.099	+4.91 ± 11.72	0.147	0.033
CG	46	33.08 ± 9.90	41	34.87 ± 10.51	33	36.14 ± 11.11	+0.91 ± 8.95			+0.97 ± 9.87		
Trunk flexion duration, s												
IG	45	1.20 ± 0.92	39	1.84 ± 1.11	35	1.57 ± 1.00	+0.81 ± 1.24	<0.001	0.188	+0.40 ± 0.90	0.020	0.083
CG	46	1.14 ± 0.52	41	1.06 ± 0.49	33	1.17 ± 0.58	-0.10 ± 0.61			-0.05 ± 0.59		
Maximum trunk flexion angular velocity, °/s												
IG	45	78.98 ± 27.44	39	64.82 ± 27.14	35	73.78 ± 26.10	-12.34 ± 26.44	0.002	0.127	-5.44 ± 29.36	0.093	0.044
CG	46	73.89 ± 26.61	41	81.44 ± 26.78	33	82.51 ± 28.11	+5.87 ± 22.00			+5.47 ± 21.86		
STS movement duration, s												
IG	45	2.10 ± 1.10	39	2.84 ± 1.35	35	2.57 ± 1.26	+0.94 ± 1.47	<0.001	0.158	+0.53 ± 1.15	0.018	0.086
CG	46	2.11 ± 0.88	41	2.00 ± 0.73	33	2.09 ± 0.90	-0.10 ± 0.93			-0.09 ± 0.91		

SD, standard deviation; ACSID, Assessment of Compensatory Sit-to-stand Maneuvers in People with Dementia; s, seconds; °, degrees; °/s, degrees per seconds; STS, sit-to-stand; STS movement duration was defined as the time from the start of the trunk flexion in the sitting position to the end of the trunk extension in the standing position; <sup>a</sup> $\Delta$ , absolute change, calculated as: (retest score - baseline score); <sup>b</sup>*p*-values are given for group × time interaction effect as calculated by 2-way analysis of variance for repeated measures; <sup>c</sup>Effect sizes are given as partial eta squared  $\eta_p^2$  for group × time interaction. Increase in ACSID scores, trunk flexion range/duration, and STS movement duration and decrease in maximum trunk flexion angular velocity indicate learning.

**Figure 1**

Flow chart for screening, recruitment, allocation, intervention, follow-up, and data analysis.



\* including n=2 participants who were not assessed at baseline (T1)

\*\* including n=1 participant who was not assessed at post-intervention (T2)