

Validierung einer Testbatterie (Sturzrisiko-Index) zur Unterscheidung zwischen gestürzten und nicht gestürzten Personen und zur Identifizierung von durch Training modifizierbaren Parametern bei selbstständig lebenden und betreut/betreubar lebenden Senioren

Validation of a Test Battery (Fall Risk Index) to Distinguish Between Fallers and Non-Fallers and to Identify Modifiable Factors in Exercise-Based Fall Prevention in Community-Dwelling and Assisted Facility Living Elderly People

Autoren

H. Jansenberger¹, D. Wetzelhütter²

Institute

¹ Institut für Sportwissenschaftliche Beratung, Linz

² Oberösterreichische Gebietskrankenkasse, Linz

Schlüsselwörter

- ▶ Sturz im Alter
- ▶ Sturzrisiko
- ▶ Assessment
- ▶ Accelerometer
- ▶ selbstständige Senioren
- ▶ kontinuierliches Gleichgewicht
- ▶ proaktives Gleichgewicht
- ▶ Beinkraft

Key words

- ▶ falls in older people
- ▶ fall risk
- ▶ assessment
- ▶ accelerometer
- ▶ community-dwelling older people
- ▶ continued balance
- ▶ proactive balance
- ▶ leg strength

eingereicht 15.2.2016

akzeptiert 13.5.2016

Bibliografie

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0035-1567117>
 physioscience 2016; 12: 100–109 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York · ISSN 1860-3092

Korrespondenzadresse

Harald Jansenberger, Mag., Sportwissenschaftler
 Institut für Sportwissenschaftliche Beratung
 Bürgerstr. 9
 4020 Linz
 Österreich
 harald@jansenberger.at

Zusammenfassung



Hintergrund: Um potenziell sturzgefährdete Personen zu identifizieren und entsprechende Maßnahmen einzuleiten, muss möglichst zeitsparend das Sturzrisiko von Senioren bestimmt werden. Für die Planung von Interventionen ist es zusätzlich notwendig, die Schwächen und Stärken der Teilnehmer zu erheben.

Ziel: Die Studie zielte darauf ab, aus bereits vorhandenen Einzeltests eine Testbatterie zu entwickeln, die das Sturzrisiko möglichst präzise bestimmt. Angestrebt wurde eine zeitsparende Testbatterie, die die Teilbereiche des Gleichgewichts (kontinuierlich und proaktiv) und die Erhebung der Beinkraft abdeckt.

Methode: Die Studie umfasste 271 Senioren mit einem Durchschnittsalter von 80 Jahren, die zum Testzeitpunkt ein selbstständiges bzw. mit Alltagsunterstützung betreutes Leben führten. Die Unterteilung in gestürzte und nicht gestürzte Personen erfolgte anhand mündlicher Befragung (Einzelninterviews) über Sturzereignisse in den letzten 12 Monaten. Die Personen wurden in der Durchführung der einzelnen Tests instruiert. Die Messungen erfolgten mithilfe des T.F.T.-Systems und einem Beschleunigungsmesser (Accelerometer).

Ergebnisse: Zur Bildung des Sturzrisiko-Index wurde beim 5 Chair Rise Test die Aufstehgeschwindigkeit und die Zeit ausgeschlossen, da diese die Reliabilität nicht erhöhten. Beim Static Balance Test wurde die geschaffte Zeit und beim Alternate Step Test die benötigte Zeit gewertet. Beim Functional Reach Test wurde die erreichte Distanz und beim Maximum Step Test die überstiegene Distanz gemessen. Der Sturzrisiko-Index zeigte (angesichts der inhomogenen Untersuchungsgruppe) die beste, wenngleich mäßige, Unterscheidbarkeit von Nicht-Stürzern und Stürzern bei 2,5/5 erreichten Normwerten. Zusätzlich war eine gute Differenzie-

Abstract



Background: In order to identify subjects with potential risk of falling and to initiate concordant measures, the fall risk in the elderly must be assessed as time-saving as possible. For the management planning it is necessary to determine the participants' strengths and weaknesses.

Objective: The aim of this study was the development of a test battery of already existing single tests that evaluates the fall risk as precisely as possible. The intention was a time-saving test battery covering the balance subareas (continued and proactive) as well as leg strength assessment.

Method: The study involved 271 community-dwelling and assisted living elderly with a mean age of 80 years. They were allocated into fallers and non-fallers using oral inquiries (single interviews) on their falling history during the last 12 months. The subjects were instructed concerning the test performance. The T.F.T. System and an accelerometer were used for the assessment.

Results: For the fall risk index the speed for standing up and time in the 5 chair rise test were excluded since they could not improve its reliability. In the static balance test the scored time and in the alternate step test the required time were counted. In the functional reach test the scored distance and in the maximum step test the exceeded distance were measured. The fall risk index showed (in view of the inhomogenous investigation group) an optimal – however moderate – cut-off at 2.5/5 of standard values reached to differentiate between fallers and non-fallers. In addition, it was possible to differentiate between assisted-living and community-dwelling elderly people at a cut-off at 2.5/5 points.

Conclusions: The fall risk index shows moderate accuracy in view of differentiation between fallers and non-fallers. It may be used to differentiate

zung zwischen betreut/betreubar und selbstständig lebenden Personen bei einem Cut-off von 2,5/5 Punkten möglich.

Schlussfolgerung: Die Unterscheidung zwischen gestürzten und nicht gestürzten Personen ist mit dem Sturzrisiko-Index mit mäßiger Genauigkeit möglich. Mit guter Differenzierungsmöglichkeit kann er in betreut/betreubar und selbstständig lebende Personen unterscheiden. Bei einer heterogenen Personengruppe eignet sich der Sturzrisiko-Index dazu, das Sturzrisiko zu bestimmen und Interventionen auf Stärken und Schwächen hinsichtlich modifizierbarer Risikofaktoren und der Lebensumstände der teilnehmenden Personen auszurichten.

Einleitung

Mit zunehmendem Lebensalter sind Senioren immer häufiger von Stürzen und sturzbedingten Verletzungen betroffen. Eine zielgerichtete Intervention, vor allem individualisierte Bewegungsförderung über einen längeren Zeitraum, beugt nachgewiesenermaßen Stürze hocheffektiv vor [17]. Daher wird besonders sturzgefährdeten Personen empfohlen, an gezielten Maßnahmen teilzunehmen. Dabei besteht die Herausforderung darin herauszufinden, welche Personen aufgrund welcher Risikofaktoren sturzgefährdet sind.

Es hat sich gezeigt, dass einzelne motorische Tests nicht ausreichend zwischen sturzgefährdeten und nicht sturzgefährdeten Personen unterscheiden können [6]. Da die Teilbereiche des Gleichgewichts (kontinuierliches, proaktives und reaktives Gleichgewicht) nicht miteinander korrelieren [31], sind diese über motorische Testbatterien zu erheben [20, 23]. Dabei werden die Ausprägungen des Gleichgewichts folgendermaßen definiert: (1) Das kontinuierliche Gleichgewicht bezeichnet die Fähigkeit der Körperschwerpunktkontrolle im Stehen (statisch) und Gehen (dynamisch), (2) das reaktive Gleichgewicht ist die Fähigkeit, das Gleichgewicht nach einer unerwarteten destabilisierenden Störung wiederherzustellen und (3) das proaktive Gleichgewicht stellt die Fähigkeit dar, posturale Muskeln vor der Entstehung einer destabilisierenden Situation zu aktivieren, um für zusätzliche Stabilität bei der Bewegungsausführung zu sorgen ([44]; Übersetzung in Anlehnung an Granacher et al. [20]).

Einige Risikofaktoren (Alter über 80 Jahre, weiblich, Sturzbiografie und andere Risikofaktoren) sind nicht veränderlich und über Befragung zu erheben [23]. Das bedeutet, anhand motorischer Tests werden die durch Training modifizierbaren Risikofaktoren nach empfehlenswerter Risikofaktorenbefragung ermittelt. Zu den wichtigsten Risikofaktoren zählen unter anderem Schwäche der unteren Extremität, Gleichgewichts- und Gangstörungen [27].

Derzeit sind unterschiedlichste motorische Assessment-Instrumente im Einsatz, die das Sturzrisiko – oft aus dem Alltag begründet – mit allgemeinen motorischen Aufgaben feststellen sollen. Diese liefern häufig eine ähnliche Messgenauigkeit, weshalb sich die Auswahl des Tests nach den vorhandenen Möglichkeiten richtet [33].

Tiedemann et al. [51] untersuchten 6 funktionelle Tests und kamen zu dem Schluss, dass die meisten Tests als grobe Screening-Instrumente einsetzbar sind, aber eine mangelnde Sensitivität und Spezifität aufweisen. Ausgehend davon, listet **Tab. 1** die Ergebnisse ausgewählter Tests unterschiedlicher Untersuchungen (von selbstständig lebenden Senioren), verschiedener Autoren, differenziert nach Assessment-Instrument auf [24].

Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Etablierung einer motorischen Testbatterie. Bisher werden Tests einzeln oder auch in Testbatterien durchgeführt, ohne auf die multifaktoriellen Gründe

between assisted-living and community-dwelling persons. In heterogenous groups the fall risk index is suitable to assess the fall risk and to direct interventions towards the participants' strengths and weaknesses related to risk factors and life circumstances.

(Beinkraft, kontinuierliches, reaktives und proaktives Gleichgewicht) für Stürze Rücksicht zu nehmen. Daneben werden auch Testbatterien empfohlen [19, 23], die nach nicht korrelierenden Aspekten des Gleichgewichts [31] und der Beinkraft aufgebaut sind.

Eine konkrete überprüfte Kurztestbatterie liegt in dieser Form derzeit noch nicht vor, würde aber die Testung zukünftig vereinfachen. Die Vorteile liegen dabei klar auf der Hand: Sturzrelevante motorische Stärken und Schwächen der Probanden lassen sich feststellen und somit effektiver ausmerzen. Dadurch werden die Therapie bzw. das Training zeitlich besser genutzt und deutlich effektiver.

Die hier beschriebene Testbatterie verzichtet dabei bewusst auf die Komponente „Dual-Task-Assessment“. Assessments dieser Art werden zwar aufgrund der hohen Bedeutung des Dual-Task-Trainings in der Literatur gefordert [2], da der Sturzrisiko-Index allerdings im Rahmen eines etablierten Trainingskonzepts zur Sturzprävention in der 1. Einheit unter Anwesenheit aller Teilnehmer durchgeführt wird, ist die Praktikabilität nicht gewährleistet, weil die Teilnehmenden die kognitive Störung (wie sie z. B. beim modifizierten Timed-up-and-go-Test [43] angewendet wird) mehrmals hören würden. Die Erhebung der Sturzangst wird ebenfalls aufgrund der Anwesenheit aller Teilnehmenden bei den Tests vom Sturzrisiko-Index ausgenommen. Die Erhebung der Selbstwirksamkeit bzw. Sturzangst erfolgt qualitativ über den Fes-I [11] während des Kurses und die Sturzangst über den im Übungsbuch verwendeten Fragebogen [25].

Methode

Im Rahmen eines mehrjährigen Projekts zur Etablierung eines Sturzpräventionsangebots der oberösterreichischen Gebietskrankenkasse wurden die teilnehmenden Senioren wie im Kurskonzept vorgesehen routinemäßig mit etablierten motorischen Tests zur Sturzrisikobestimmung getestet. Die Teilnehmer wurden über die Tests vorab informiert. Zu diesen Tests zählen der Static Balance Test, der Functional Reach Test, der Maximum Step Test, der Alternate Step Test und der modifizierte 5 Chair Rise Test. Ausgeschlossen waren der Test der Gehgeschwindigkeit (8-m-Gehtest [4]) aufgrund wechselnder räumlicher Gegebenheiten und der Step-over-Test [40] wegen des zeitlichen Aufwands.

Ausgehend davon, wurden nach statistischen und praktischen Überlegungen die Tests für den Sturzrisiko-Index ausgewählt. Besonders wichtig war, dass die entsprechenden Ausprägungen des Gleichgewichts (mit Ausnahme des reaktiven Gleichgewichts) getestet werden konnten. Zusätzlich sollten die Tests keinen Deckeneffekt ermöglichen und einfach für möglichst viele Senioren durchführbar sein. Aus Gründen der Vergleichbarkeit

Tab. 1 Sensitivität und Spezifität ausgewählter Tests zur Unterscheidung von Nicht-, Einfach- und Mehrfachstürzern.

Test (Quelle: Studie mit Sensitivitäts-/Spezifitätsprüfung)	Cut-off	Sensitivität	Spezifität
<i>Motorische Einzeltests</i>			
Five Chair Rise Test:			
– Tiedemann et al. [51]	– ≥ 12 s	– 66 %	– 55 %
– Buatois et al. [7]	– ≥ 15 s	– 55 %	– 65 %
– Whitney et al. [54]	– 13,0 s (alle)	– 66 %	– 67 %
Five Chair Rise Test:			
Jansenberger et al. [24]	13,3 s	64 %	85 %
	84,6 cm/s	88 %	88 %
	13,2 N/kg	76 %	91 %
Alternate Step Test:			
Tiedemann et al. [51]	≥ 10 s	69 %	56 %
Maximum Step Test:			
– Lindemann et al. [28]	– 18,59 cm (min. messbare Änderung)	70 %	69 %
– Goldberg et al. [18]	– 70 cm (29,7 – 116 cm)		
Functional Reach Test:			
– Thomas et al. [50]	– 18,5 cm	– 75 %	– 67 %
– Dite et al. [12]	– < 25 cm	– 63 %	– 59 %
<i>Testbatterien</i>			
Performance Oriented Mobility Assessment:			
	div. Skalen:		
– Thomas et al. [50]	– ≤ 11	– 83 %	– 72 %
– Raiche et al. [36]	– ≤ 36	– 70 %	– 52 %
Berg Balance Scale:			
– Schädler et al. [41]	– 55 – 38 Punkte	– 25 – 96 %	– 31 – 100 %
– Shumway-Cook et al. [42]	– ≤ 49	– 77 %	– 86 %
– Chiu et al. [8]	– 47 Einfach-Stürzer, 38 Mehrfach-Stürzer	– 88 %, 96 %	– 77 %, 96 %
– Muir et al. [32]	– ≤ 45	– 25 %	– 87 %
Dynamic Gait Index:			
– Shumway-Cook et al. [42]	– ≤ 19	– 59 %	– 64 %
– Whitney et al. [53]	– ≤ 18	– 70 %	– 51 %

Sensitivität = Wahrscheinlichkeit, testpositive Personen (im vorliegenden Fall Stürzer) zu erkennen; Spezifität: Wahrscheinlichkeit, testnegative Personen (im vorliegenden Fall Nicht-Stürzer) zu erkennen.

wurden bestehende Tests gewählt. Das reaktive Gleichgewicht wurde nicht getestet, da der empfohlene Push and Release Test bislang nur bei Personen mit Parkinson überprüft wurde [22, 52]. Außerdem ist der Test aufgrund der Beurteilungsart nicht als Verlaufskontrolle und Rückmeldung für Teilnehmer einsetzbar.

Die vorliegende Testbatterie berücksichtigt letztendlich das statisch kontinuierliche (modifizierter Static Balance Test [21]), das dynamisch kontinuierliche (Alternate Step Test [3]), das statische proaktive (Functional Reach Test [15]), das dynamisch proaktive Gleichgewicht (Maximum Step Test [29]) und die Beinkraft (modifizierter 5 Chair Rise Test [24]).

Verwendete Tests zur Unterscheidung von Stürzern vs. Nicht-Stürzern

Zur Durchführung der Tests kam ein für das Projekt entwickeltes Stecksystem (T.F.T. – Test.Feedback.Training) zum Einsatz, das unabhängig von den Räumlichkeiten das Zusammenstecken einer stabilen Unterlage mit notwendiger Präzision im Stand (Static Balance Test), der genormten Stufenhöhe (Alternate Step Test), eines höhenverstellbaren Messstabs (Functional Reach Test) und einer Messleiste (Maximum Step Test) ermöglicht. Für den 5 Chair Rise Test wurde ein Beschleunigungssensor (Accelerometer) verwendet. Die mit selbst gewähltem Alltagsschuhwerk absolvierten Tests werden nachfolgend in der Reihenfolge der Testbatterie erläutert.

Statisch kontinuierliches Gleichgewicht (modifizierter Romberg-Test/modifizierter Static Balance Test;

► Abb. 1a–c)

Der Static Balance Test [20] dient zur Bestimmung des statisch kontinuierlichen Gleichgewichts, da es sich um einen etablierten Test handelt, der für sehr heterogene Gruppen einsetzbar ist.

Die Probanden stehen mit hängenden Armen für jeweils maximal 10 Sekunden im engen Parallel-, Semitandem- und Tandemstand [21]. Unmittelbar nach jeder Aufgabe mit offenen Augen wird die Standposition auch mit geschlossenen Augen überprüft. Die erzielten Sekunden werden anschließend addiert. Kann eine Standposition mit offenen Augen 10 Sekunden gehalten werden, wird auch die Position mit geschlossenen Augen versucht. Ist eine Position mit offenen Augen nicht mehr möglich, werden die Augen nicht mehr geschlossen und der Test gestoppt. Es sind maximal 60 Sekunden erreichbar.

Statisch proaktives Gleichgewicht (Functional Reach Test;

► Abb. 2a, b)

Die Probanden sollen sich aus dem Stand soweit wie möglich mit gestreckten Armen nach vorne beugen und wieder aufrichten. Wegen weniger Fehlerquellen wurde für die Untersuchung die beidarmige Testvariante gewählt. Der Messstab wird in Schulterhöhe eingestellt und die Distanz gemessen, die die Faust nach vorne gebracht werden kann (Messpunkt: Kleinfingergrundgelenk). Die Beinstellung darf nicht verändert werden. Ein Probeversuch ist erlaubt.



Abb. 1 Static Balance Test. **a** Parallelstand. **b** Semi-Tandemstand. **c** Tandemstand.

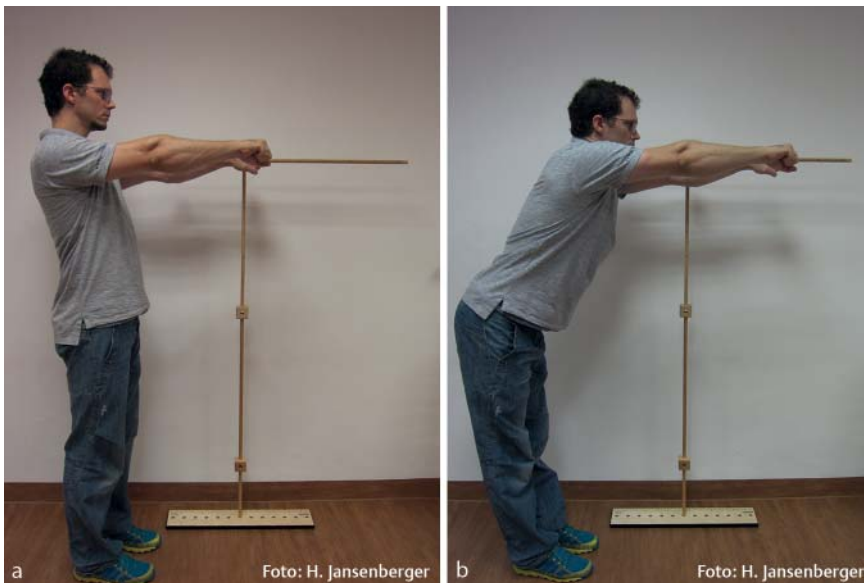


Abb. 2 Functional Reach Test. **a** Ausgangsstellung. **b** Endstellung.

Dynamisch proaktives Gleichgewicht (modifizierter Maximum Step Test; ► Abb. 3a, b)

Die Probanden versuchen, einen möglichst großen Schritt nach vorne zu machen und anschließend wieder präzise in die Ausgangsstellung zurückzukommen. Der Schritt ist gültig, wenn die Ausgangsstellung wieder genau erreicht wird. Gemessen wird die Distanz zwischen der Ferse des vorderen Fußes und der Fußspitze des hinteren Fußes. Die Ergebnisse der 5 Versuche werden gemittelt.

Pro Bein haben die Probanden einen Probeversuch. Sie wählen die subjektiv bessere Seite selbst, die dann getestet wird. Im Rahmen der Testungen wurden sowohl das linke als auch das rechte Bein getestet. Nach der statistischen Auswertung wurde auf die bessere Seite reduziert.

Dynamisch kontinuierliches Gleichgewicht (modifizierter Alternate Step Test; ► Abb. 4)

Trotz seiner Nähe zum proaktiven dynamischen Gleichgewicht wurde der Alternate Step Test aufgrund des geringen Platzbedarfs ausgewählt. Die Entscheidung lässt sich wegen der Alltagsnähe durch genormte Stufenhöhe, der starken Ähnlichkeit zum Gehen und der Auswertungen untermauern.

Nach einmaligem Vormachen sollen die Probanden möglichst schnell abwechselnd links und rechts einen Fuß auf eine 18 cm hohe Stufe setzen. Insgesamt werden 8 Schritte durchgeführt [3,

51]. Der Test wurde dahingehend modifiziert, dass die Probanden Schuhe tragen durften und die Stufentiefe auf 24 cm reduziert war.

Beinkraft (modifizierter 5 Chair Rise Test; ► Abb. 5a, b)

Die Probanden sollen mit vor der Brust überkreuzten Armen von einem Stuhl aufstehen. Falls sie dazu nicht in der Lage sind, ist von einem erhöhten Sturzrisiko auszugehen [21, 54].

Die Stuhlhöhe ist mit 45 cm standardisiert. Um ein Wegrutschen oder Kippen zu vermeiden, sollte der Stuhl an der Wand stehen. Ist den Probanden das Aufstehen möglich, sollen sie so schnell wie möglich 5-mal hintereinander ganz aufstehen und sich wieder ganz hinsetzen, ohne mit dem Rücken die Lehne zu berühren. Die Zeit wird vom erstmaligen Verlassen des Stuhls bis zum letzten Stand gemessen [21, 54].

Basierend auf den Ergebnissen der Untersuchung zur Aufstehgeschwindigkeit [23] wurde der Test dahingehend modifiziert, dass die Probanden einen Beschleunigungsmesser vor dem Körper halten und möglichst schnell aufstehen sollen. Dabei platziert der Untersucher den Beschleunigungssensor in der Mitte des Brustbeins der Probanden, und Probanden legen darauf mit festem Druck die flachen Hände übereinander. Die Probanden werden instruiert, die Hände fest am Körper zu belassen und sich langsam zu setzen. Der in die Auswertung der Testbatterie (Index) einfließende Hauptparameter ist der Kraftstoß (in Newton pro kg Körpergewicht). Der



Abb. 3 Maximum Step Test. **a** Ausgangs- und Endstellung. **b** Schrittstellung.



Abb. 4 Alternate Step Test.

Test steht in Verbindung zur Gangsicherheit [26], gilt als einer der stärksten Vorhersageparameter zum Sturzrisiko bei Älteren [5, 39] und eignet sich zur Unterscheidung von Personen mit und ohne Gleichgewichtseinschränkungen [54].

Aufgrund der hohen Aussagekraft der Aufstehgeschwindigkeit und des Kraftstoßes [24] wird die Unterstützung eines Beschleunigungsmessers empfohlen [14]. Als Einzeltest gilt der Parameter „Aufstehgeschwindigkeit“ zur Bestimmung der Sturzgefährdung

als besonders geeignet [14]. Der Parameter Zeit kann aufgrund der deutlich geringeren Aussagekraft vernachlässigt werden.

Statistik

Die Untersuchungsgruppe umfasste 271 Probanden. Dabei handelte sich um eine heterogene Gruppe aus in betreubaren und betreuten Einrichtungen (42%) sowie gänzlich unabhängig lebenden Personen (58%), die teilweise im ländlichen und teilweise im städtischen Raum wohnten. Die Probanden waren mehrheitlich Frauen (89%) mit einem Durchschnittsalter von 80 Jahren (Spannweite: 49–104 Jahre). Personen aus Pflegeeinrichtungen oder Seniorenheimen waren nicht vertreten.

Basierend auf der Anamnese wurde die Untersuchungsgruppe aufgrund eines Sturzes innerhalb der vorausgegangenen 12 Monate in Stürzer (51%) und Nicht-Stürzer (49%) unterteilt. Die Nicht-Stürzer waren im Durchschnitt rund 2 Jahre jünger und lebten häufiger noch gänzlich unabhängig. Der Anteil der Frauen lag bei rund 89% (► **Abb. 6**).

Die nachfolgenden Analysen berücksichtigten die Heterogenität der Untersuchungsgruppe, indem sie das Sturzrisiko insgesamt und unter Berücksichtigung der Wohnform (betreut/betreubar) ermittelten (siehe unten). Auf eine differenzierte Analyse weiterer Lebensumstände (z. B. allein und in der Stadt oder auf dem Land lebend) wurde einerseits aufgrund der Stichprobengröße und andererseits verzichtet, weil die Verwendung unterschiedlicher Normwerte (je nach Lebensumstand) in einer heterogenen Trainingsgruppe stigmatisierend wirken und den Trainingsprozess stören kann, wenngleich sich die Lebensumstände relativ einfach als eigenständige Risikofaktoren erheben lassen.

Die untersuchten Variablen umfassten:

- 5 Chair Rise Test: Aufstehgeschwindigkeit (cm/s), Kraftstoß (N/kg), Zeit (s) zur Bewältigung der Aufgabe;
- Static Balance Test: geschaffte Zeit (s);
- Functional Reach Test: erreichte Distanz (cm);
- Alternate Step Test: benötigte Zeit (s);
- Maximum Step Test: überschrittene Distanz (cm).



Abb. 5 Chair Rise Test. a Sitz mit gekreuzten Armen. b Stand mit gekreuzten Armen.

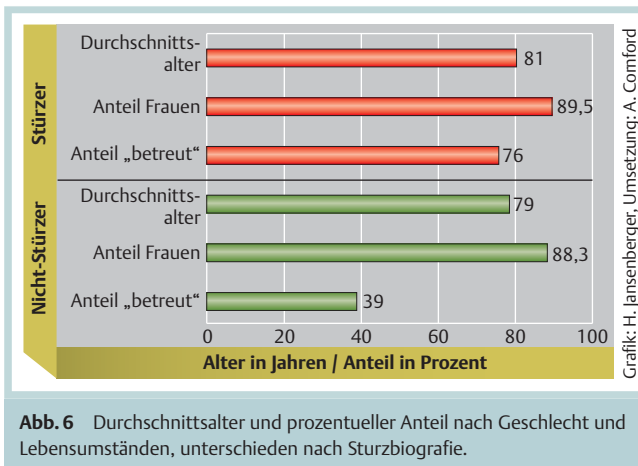


Abb. 6 Durchschnittsalter und prozentueller Anteil nach Geschlecht und Lebensumständen, unterschieden nach Sturzbiografie.

Ergebnisse

Für die oben genannten Indikatoren zur Ermittlung sturzgefährdeter Personen wird zunächst der Mittelwert der Testergebnisse insgesamt und differenziert nach „Stürzern vs. Nicht-Stürzern“ sowie „betreut vs. selbstständig lebend“ dargestellt. Im Anschluss folgt eine Übersicht der mittels Receiver-Operating-Characteristic-Kurven (ROC) ermittelten Cut-off-Werten zur Unterscheidung zwischen sturzgefährdeten und nicht gefährdeten Personen. Für jeden einzelnen Parameter (motorischer Test) wurden Cut-off-Werte bestimmt und zur Erstellung der Kurzsкала herangezogen. Für diesen Zweck wurden die Testwerte dichotomisiert (0 = Grenzwert nicht eingehalten; 1 = Grenzwert eingehalten). Ein Wert von 0 bedeutet, dass sämtliche Grenzwerte nicht und ein Wert von 1, dass sämtliche Grenzwerte eingehalten wurden. Wie weiter unten noch gezeigt wird, flossen die Variablen cm/s und Zeit (s) des 5 Chair Rise Tests nicht in die Indexbildung (Sturzrisiko-Index) ein. Durch diesen Ausschluss konnte die Konsistenz der Kurzsкала (ermittelt anhand Cronbach Alpha) gesteigert werden (von 0,720 auf 0,756). Von den 271 Probanden der Untersuchungsgruppe nannten 137 (51%) mindestens einen Sturz innerhalb der vorausgegangenen 12 Monate und wurden daher als „Stürzer“ klassifiziert. 156 Personen (58%) lebten in betreuter bzw. betreubarer (individuell be-

nötigte Unterstützungen im Alltag können kostenpflichtig gebucht werden) Wohnform und wurden als „betreut“ definiert. Die Mittelwerte der verwendeten motorischen Tests (Eingangswert) insgesamt sowie differenziert nach Sturzprävalenz und Wohnform sind in ▶ Tab. 2, die Cut-off-Werte (für die Untersuchungsgruppe insgesamt) sowie Sensitivität und Spezifität des jeweiligen motorischen Tests zur Identifizierung von Stürzern (ausschließlich für „betreute Personen“) in ▶ Tab. 3, 4 dargestellt. In ▶ Tab. 5 findet sich der gebildete Index differenziert nach Stürzern bzw. Wohnform.

Beim 5 Chair Rise Test betrug die Aufstehgeschwindigkeit im Durchschnitt 85,46 cm/s und die Kraft pro kg Körpergewicht durchschnittlich 15,24 N (▶ Tab. 2, Spalte „alle“). Beim Static Balance Test wurden im Schnitt 40,8 Sekunden und beim Functional Reach Test eine Reichweite von 23,3 cm erreicht. Für den Alternate Step Test benötigten die Probanden durchschnittlich 11,5 Sekunden und überstiegen dabei die maximale Schrittlänge von 29 cm (▶ Tab. 2).

Bei den Stürzern lagen die Werte im Mittel alle darunter. Die Nicht-Stürzer erzielten ebenso wie die selbstständig Lebenden deutlich „bessere“ Werte (im Sinne der Normwerte). Die Mittelwerte von Stürzern vs. Nicht-Stürzern sowie zwischen betreut und selbstständig lebenden Personen unterschieden sich signifikant (▶ Tab. 2).

Die ermittelten Cut-off-Werte der eingesetzten motorischen Tests identifizierten die sturzgefährdeten Personen (▶ Tab. 3). Ein Vergleich mit Ergebnissen aus vorangegangenen Untersuchungen bestätigte größtenteils die Erkenntnisse, zeigte aber auch leichte Abweichungen zu in der Literatur vorliegenden Cut-off-Werten (▶ Tab. 1).

Im Detail lassen sich folgende Ergebnisse festhalten:

- ▶ 5 Chair Rise Test: Cut-off-Wert für die Aufstehgeschwindigkeit von 83,5 cm/s (Sensitivität: 84,5%, Spezifität: 66,2%), für den maximalen Kraftstoß von 13,5 N/kg (Sensitivität: 87,9%, Spezifität: 48,6%) und für die Zeit zur Bewältigung des 5-maligen Aufstehens mit 13,5 s (Sensitivität: 48%, Spezifität: 85,9%). Die ersten beiden Werte sollten über- und die Zeit unterschritten werden.
- ▶ Static Balance Test: Cut-off-Wert von 42 s (Sensitivität: 65%, Spezifität: 62,5%). Somit sollten beim Semitandemstand mit

Test/Parameter (n = alle)	Mittelwert				
	alle	Stürzer	Nicht-Stürzer	betreut	selbstständig
5 Chair Rise Test cm/s (n = 132)	85,46	72,18	102,41	73,98	96,26
5 Chair Rise Test F/kg (n = 132)	15,24	13,99	16,84	13,94	16,48
5 Chair Rise Test Zeit (n = 253)	12,59	14,49	10,73	14,28	10,56
Summe Static Balance Test (n = 270)	40,83	36,44	45,28	34,03	49,99
Functional Reach Test (n = 271)	23,27	19,88	26,73	19,92	27,81
Alternate Step Test (n = 125)	11,54	12,92	10,27	14,34	8,877
Maximum Step Test links (n = 211)	28,72	21,01	38,13	17,00	42,22
Maximum Step Test rechts (n = 211)	29,04	21,71	37,98	17,55	42,28

n = Testergebnisse jener Personen, bei denen Eingangswerte gemessen wurden. Mittelwerte unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$) zwischen Stürzern vs. Nicht-Stürzern und betreut vs. selbstständig lebenden Personen.

Tab. 2 Mittelwerte der Testparameter nach gebildeten Personengruppen.

Test/Parameter	Cut-off	Sensitivität	Spezifität
5 Chair Rise Test/Geschwindigkeit (cm/s)	83,5 cm/s	84,5 %	66,2 %
5 Chair Rise Test/Kraft (N/kg)	13,5 N/kg	87,9 %	48,6 %
5 Chair Rise Test/Zeit (s)	13,5 s	48,0 %	85,9 %
Summe Static Balance (s)	42 s	65,7 %	62,5 %
Functional Reach Test (cm)	19,5 cm	81,3 %	51,8 %
Alternate Step Test (s)	11,5 s	48,3 %	82,3 %
Maximum Step Test	26,5 cm	73,7 %	62,1 %

Tab. 3 Cut-off-Werte der motorischen Einzeltests.

Test/Parameter	Cut-off	Sensitivität	Spezifität
5 Chair Rise Test/Geschwindigkeit (cm/s)	79,5 cm/s	88,2 %	71,2 %
5 Chair Rise Test/Kraft (N/kg)	13,5 N/kg	82,4 %	57,4 %
5 Chair Rise Test/Zeit (s)	13,5 s	59,8 %	84,8 %
Summe Static Balance Test (s)	29 s	88,5 %	34,0 %
Functional Reach Test (cm)	18,5 cm	76,9 %	56,7 %
Alternate Step Test (s)	11,5 s	67,6 %	62,5 %
Maximum Step Test	26,0 cm	30,8 %	81,8 %

Tab. 4 Cut-off-Werte für betreut/betreubar lebende Senioren.

Tab. 5 Durchschnittlich erreichter Wert des Sturzrisiko-Index.

	Mittelwert	Anteil Personen <3	n
Untersuchungsgruppe (alle)	2,3	53,5	271
Stürzer	1,8	67,9	137
Nicht-Stürzer	2,8	38,8	134
selbstständig	3,4	22,6	156
betreut	1,5	76,3	115

n = Anzahl gültiger Testwerte; Mittelwerte unterscheiden sich signifikant ($p < 0,000$) zwischen Stürzern vs. Nicht-Stürzern und betreut vs. selbstständig lebenden Personen.

geschlossenen Augen die volle Zeit und beim Tandemstand 2 s bewältigt werden.

- ▶ Functional Reach Test: Ermittelter Trennwert von 19,5 cm (Sensitivität: 81,3 %, Spezifität: 51,8 %).
- ▶ Alternate Step Test: Ermittelter Trennwert von 11,5 s (Sensitivität: 48,3 %, Spezifität: 82,3 %).
- ▶ Maximum Step Test: Erreichter Cut-off-Wert von 26,5 cm (Sensitivität: 73,7 %, Spezifität: 62,1 %).

Die in die Auswertung eingeflossenen Daten stammen von sowohl selbstständig als auch in betreubaren/betreuten Wohnformen lebenden Probanden. Beide Gruppen bewältigten ihren Alltag bis auf geringe Assistenz (z. B. Reinigungshilfe o. Ä.) weitestgehend selbstständig. Bei der Einschränkung auf in Betreuung lebenden (betreutes und betreubares Wohnen) Personen ergeben sich teil-

weise abweichende Cut-off-Werte (▶ **Tab. 4**). Diese lassen einerseits auf ein erhöhtes Sturzrisiko schließen, sind aber auch dahingehend zu interpretieren, dass Senioren in betreuten/betreubaren Wohnformen in ihrem Alltag Unterstützung erfahren und somit weniger Sturzmöglichkeiten als bei komplett selbstständig lebenden Personen bestehen. Aus diesem Grund ist auch eine auf die Aktivitäten bzw. Lebensumstände bezogene Beurteilung der körperlichen Fähigkeiten sinnvoll. Selbstständig lebenden Senioren wiesen höhere, aber sehr inkonsistente Werte auf. Diese lassen darauf schließen, dass nicht nur das motorische Leistungsniveau, sondern auch das Risikobewusstsein eine große Rolle spielen. In einem weiteren Schritt wurde der Sturzrisiko-Index gebildet, in den folgende Variablen einfließen:

- ▶ Kraftstoß (N/kg): Cut-off: > 13,5 N/kg (5 Chair Rise Test);
- ▶ Static Balance: Cut-off: > 42 s in Summe [25];
- ▶ Functional Reach Test: Cut-off: > 19,5 cm Reichweite;
- ▶ Alternate Step Test: Cut Off: < 11,5 s [25];
- ▶ Maximum Step Test: Cut-off: > 26,5 cm maximale Schrittlänge (der besseren Seite).

▶ **Tab. 5** zeigt den durchschnittlichen Wert des Sturzrisiko-Index für die gesamte Untersuchungsgruppe, differenziert nach Stürzern vs. Nicht-Stürzern und unterschieden nach betreut/betreubar bzw. selbstständig lebenden Personen.

Der Index unterscheidet mäßig zwischen gestürzten und nicht gestürzten Personen. Als Cut-off-Wert werden 2,5 Punkte von 5 angenommen (Sensitivität: 61,2 %; Spezifität: 67,9 %), die sowohl für selbstständig als auch betreut lebende Senioren gelten.

Erreicht eine Person nur bei 2 von 5 Tests den Normwert, gilt sie als sturzgefährdet, bei 3 oder mehr Normwerten ist das Sturzrisiko deutlich geringer. Demnach waren 53,5% der Probanden der vorliegenden Untersuchung sturzgefährdet. Differenziert nach Stürzern vs. Nicht-Stürzern bzw. nach Wohnform trifft dies auf 67,9% der Stürzer und 76,3% der betreut lebenden Personen zu. Die Unterschiede zwischen den definierten Gruppen (Stürzer vs. Nicht-Stürzer bzw. zwischen betreut/betreubar vs. selbstständig lebend) waren signifikant. Bei den betreut/betreubar und selbstständig lebenden Personen zeigte sich bei einem Cut-off-Wert von 2,5/5 erreichten Normwerten ebenfalls eine gute Differenzierung (Spezifität: 76,3%, Sensitivität: 77,4%).

Diskussion

Die Ergebnisse bestätigen die mäßige Unterscheidungsgenauigkeit der bestehenden motorischen Einzeltests zwischen sturzgefährdeten und nicht sturzgefährdeten Personen (► **Tab. 1, 3**). Dies gilt für alle motorischen Tests aus den Teilbereichen der Balance. Da einzelne Tests auch nur Teilgebiete des Gleichgewichts abdecken können, besteht die Möglichkeit, dass eine Person im Einzeltest als sturzgefährdet identifiziert wird, dieses Defizit jedoch mit anderen Teilleistungen (z. B. hohe Beinkraft) kompensiert.

Für die einzelnen Tests ergeben sich folgende erwähnenswerte Punkte:

Beim Static Balance Test findet sich in der Literatur als Unterscheidungskriterium für Sturzgefährdung oft der Tandemstand mit offenen Augen [21]. Aufgrund der hier erzielten Ergebnisse muss dieses Unterscheidungskriterium hinterfragt und vielmehr der Semitandemstand mit geschlossenen Augen als Unterscheidungskriterium herangezogen werden. Dies entspricht in etwa der Summe von 42 s des Cut-off-Wertes. Da der Cut-off-Wert ohne die Stufen mit geschlossenen Augen nicht erreicht werden kann, wird dem Umstand Rechnung getragen, dass die Kompensation durch die Augen von Einschränkungen (z. B. des Vestibularapparats) eine Bedeutung für das Sturzrisiko hat.

Der Functional Reach Test wird in der Literatur mit einem Trennwert zwischen 18,5 und 25 cm angegeben ([12, 50]; ► **Tab. 1**). Die vorliegende Untersuchung ergab einen Trennwert von 19,5 cm.

Der von Fußspitze zu hinterer Ferse gemessene Cut-off-Wert beim Maximum Step Test lag mit 26,5 cm leicht bis deutlich unter den in der Literatur angegebenen Werten ([18, 28]; ► **Tab. 1**).

Um als nicht sturzgefährdet zu gelten, sollte der Cut-off-Wert beim Alternate Step Test bei ≤ 10 s liegen ([51]; ► **Tab. 1**). Der in dieser Untersuchung erreichte Wert von 11,5 Sekunden liegt leicht darüber.

Bei den Einzeltests für die Ausprägungen des Gleichgewichts zeigen sich neben den unterschiedlichen in der Literatur verbreiteten Normwerten je nach Lebenssituation große Unterschiede (► **Tab. 2**). Zusätzlich zur Beurteilung durch die Cut-off-Werte hinsichtlich der Sturzgefährdung sollten vor allem die Werte nach Lebensumständen berücksichtigt werden.

Auf die Ergebnisse des 5 Chair Rise Test bezogen, bestätigten sich die Ergebnisse der Studie von Jansenberger et al. [24]. Hier wurden ähnliche Werte wie von Ejupi et al. [16] erzielt. Dadurch lassen sich – wenn auch mit etwas geringerer Spezifität – die hohe Sensitivität der Parameter Aufstehgeschwindigkeit (cm/s) und Kraft (N/kg) beim 5 Chair Rise Test als Unterscheidungskriterium festhalten (► **Tab. 1**; [24]).

Die Zeit stellte sich ebenso als ungenaues Unterscheidungskriterium in der Sensitivität heraus. Die etwas schlechteren Werte in der

Spezifität ergeben sich aus der inhomogenen Stichprobe, die sowohl aus selbstständig als auch in Betreuung lebenden Senioren bestand. Außerdem waren sowohl Stadt- als auch Landbewohner in der Stichprobe vertreten. Aufgrund stark unterschiedlichen Aktivitätsgrads traten auch hier deutliche Leistungsunterschiede bei den motorischen Tests auf. Jedoch bleiben die Aufstehgeschwindigkeit und der Kraftstoß in Relation zum Körpergewicht als Einzeltest durchaus präzise.

Die Bedeutung des Risikofaktors „Schwäche der unteren Extremität“ und die Notwendigkeit der Erhebung des Risikofaktors im Sturzrisiko-Index ist deshalb so hoch, da geringe Muskelkraft mit der Gehgeschwindigkeit korreliert und als ein Indikator für erhöhte Mortalität [37] und körperlichen Behinderungen [30] gilt. Alters- und aktivitätsbedingt kommt es zu einem hohen Rückgang der Schnell- und Maximalkraft stark [19, 45, 48] und somit zu einem erhöhten Sturzrisiko. Altersbedingte Veränderungen der Muskulatur führen zur schlechteren Bewältigung von Erkrankungen [37]. Die Erhebung und Schulung der Schnellkraft durch explosive Krafteinsätze zur Sturzprävention sind besonders wichtig [46, 47]. Vor allem ein regelmäßiges Krafttraining kann altersbedingte Veränderungen des Gangbilds positiv beeinflussen [35]. Training von Kraft und Balance verbessern neben der reduzierten Sturzwahrscheinlichkeit auch die Aktivitäten des täglichen Lebens (Activities of Daily Living, ADL; [10]).

Aufgrund der unterschiedlichen Lebenssituation lassen sich verschiedene Cut-off-Werte für das Sturzrisiko bilden. Dabei wird bei einem hohen Aktivitätsgrad (selbstständig lebend) von einem höheren Risiko ausgegangen, in potenziell sturzgefährdende Situationen zu geraten. Daher müssen aktive Senioren auch höhere motorische Fähigkeiten aufweisen. Da die Werte aber statistisch als sehr inkonsistent erscheinen, ist zusätzlich zum Training die Schulung des Risikobewusstseins notwendig. Betreut/betreubar lebende Senioren zeigen reduzierte Cut-off-Werte (► **Tab. 4**). Bei in Betreuung lebenden Personen scheint vor allem der Kraftmangel ein effizientes Unterscheidungskriterium zu sein. Hier weisen die Parameter Aufstehgeschwindigkeit (cm/s) und Kraft (N/kg) eine hohe Sensitivität und Spezifität auf.

Nach diesem Studiendesign wurde eine potenzielle Sturzgefährdung über eine retrospektiv erhobene Befragung der Sturzbiografie erhoben. Eine Überprüfung hinsichtlich der prospektiven Unterscheidungsfähigkeit steht noch aus und ist mit dieser Stichprobe nicht durchführbar, weil alle Probanden nach den Tests an einem 12-wöchigen Sturzpräventionsprogramm mit Re-Test teilnahmen. Zusätzlich ist für die Erstellung einer zukünftigen Testbatterie das Design eines breit anwendbaren Tests für das reaktive Gleichgewicht wünschenswert.

Schlussfolgerungen

Die Aufstehgeschwindigkeit bleibt als Einzeltest mit guter Sensitivität/Spezifität geeignet, sturzgefährdete Personen unabhängig von ihren Lebensumständen zu identifizieren. Der Sturzrisiko-Index liefert zwar nur eine mäßig präzise Sturzrisikobestimmung bei üblicher Fehlerrate, ist aber durch das Abdecken nicht korrelierender Aspekte des Gleichgewichts und der Kraft pro kg durchaus geeignet, sturzgefährdete Personen zu erkennen und Defizite aufzudecken.

Durch die besonders inhomogene Stichprobe kann das Ergebnis als zufriedenstellend betrachtet und breit bei betreut/betreubar und selbstständig lebenden Senioren eingesetzt werden. Empfehlenswert ist die Abschätzung des Sturzrisikos unter Berücksichtigung

sichtigung der Lebensumstände. Der Sturzrisiko-Index liefert insbesondere notwendige Informationen für die gezielte des Trainings bzw. der Therapie. Bei der Unterscheidung zwischen betreut/betreubar und selbstständig lebend ist eine präzisere Einschätzung möglich, die sich auch mit den Ergebnissen zur Short Physical Performance Battery deckt [9].

Motorische Tests können das Sturzrisiko bestimmen; allerdings sollte aufgrund der Ergebnisse niemand von einer Sturzpräventionsgruppe ausgeschlossen werden. Die Testergebnisse sollen vielmehr helfen, Schwachstellen aufzudecken, die in einer individualisierten Trainingsdurchführung im Rahmen eines Sturzpräventionskurses bearbeitet werden, um die Schwächen der Teilnehmenden auszubessern.

Zudem sollen motorische Tests auch Bestätigung sowie zur Motivation dienen, sich zu verbessern. Ebenso sollten das Erreichen oder Nichterreichen von Normwerten mit Senioren kritisch besprochen werden. Zwar kann das Erreichen von Normwerten eine positive Bestärkung darstellen, sollte aber niemals als Vermittlung vollkommener Sicherheit missverstanden sein. Aus diesem Grund sind neben den Cut-off-Werten an die Lebensumstände angepasste Richtwerte (Durchschnittswerte) zu vermitteln. Das Nichterreichen von Normwerten darf bei Senioren niemals Angst erzeugen.

Der Sturzrisiko-Index eignet sich besonders dazu, Senioren ihre Stärken ebenso wie ihre Schwächen in den gemessenen Teilbereichen darzulegen, um das Risikobewusstsein zu schulen und die notwendigen Teilbereiche des Trainings zu begründen.

Quintessenz

Die Studie beschreibt erstmalig den Sturzrisiko-Index, eine Testbatterie bestehend aus Tests nicht korrelierender Teilbereiche des Gleichgewichts und der Erhebung der Beinkraft mit Unterstützung eines Beschleunigungsmessers. Dadurch lässt sich das Sturzrisiko mit mäßiger Genauigkeit nach den gemessenen Teilbereichen bestimmen und nach Lebensumständen interpretieren.

Zusätzlich dienen die Ergebnisse als Trainings- und Therapiekontrolle. In einer motorischen Intervention können den teilnehmenden Senioren zudem Verbesserungen präsentiert und als Motivation eingesetzt werden.

Literatur

- American Geriatrics Society, British Geriatrics Society and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention. Guidelines for prevention of falls in older people. *J American Geriatric Society* 2001; 49: 664–672
- Beauchet O, Annweiler C, Dubost V et al. Stops walking when talking: a predictor of falls in older adults? *Eur J Neurol* 2009; 16: 786–795
- Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI et al. Measuring balance in the elderly preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada* 1989; 41: 304–311
- Bohannon RW. Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20–79 years: reference values and determinants. *Age Ageing* 1997; 26: 15–19
- Bohannon RW. Reference values for the five-repetition sit-to-stand test: a descriptive metaanalysis of data from elders. *Perceptual and Motor Skills* 2006; 103: 215–222
- Bongers KTJ, Schoon Y, Graauwmaans MJ et al. The predictive value of gait speed and maximum step length for falling in community-dwelling older persons. *Age Ageing* 2015; 44: 294–299
- Buatois S, Miljkovic D, Manckoundia P et al. Five times sit to stand test is a predictor of recurrent falls in healthy community-living subjects aged 65 and older. *Journal of the American Geriatric Society* 2008; 56: 1575–1577
- Chiu AY, Au-Yeung SS, Lo SK. A comparison of four functional tests in discriminating fallers from non-fallers in older people. *Disability and Rehabilitation* 2003; 25: 45–50
- Da Câmara SM, Alvarado BE, Guralnik JM et al. Using the Short Physical Performance Battery to screen for frailty in young-old adults with distinct socioeconomic conditions. *Geriatr Gerontol Int* 2013; 13: 421–428
- Daniels R, van Rossum E, de Witte L et al. Interventions to prevent disability in frail community-dwelling elderly: a systematic review. *BMC Health Serv Res* 2008; 8: 278–285
- Dias N, Kempen GJMM, Todd CJ et al. Die Deutsche Version der Falls Efficacy Scale – International Version (FES-I). *Z Gerontol Geriat* 2006; 39: 297–300
- Dite W, Temple VA. A clinical test of stepping and change of direction to identify multiple falling older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2002; 83: 1566–1571
- Doheny EP, Fan CW, Foran T et al. An instrumented sit-to-stand test used to examine differences between older fallers and non-fallers. *Conference Proceedings – IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* 2011: 3063–3066
- Doheny EP, Walsh C, Foran T et al. Falls classification using tri-axial accelerometers during the five-times-sit-to-stand test. *Gait Posture* 2013; 38: 1021–1025
- Duncan PW, Weiner DK, Chancler J et al. Functional reach: A new clinical measure of balance. *Journal of Gerontology* 1990; 45: 192–197
- Ejupi A, Bordie M, Gschwind YJ et al. Kinect-Based Five-Times-Sit-to-Stand Test for Clinical and In-Home Assessment of Fall Risk in Older People. *Gerontology* 2016; 62: 118–124
- Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ et al. Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev* 2012; 12: CD007146
- Goldberg A, Schepens S, Wallace M. Concurrent Validity and Reliability of the Maximum Step Length Test in Older Adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy* 2010; 33: 122–127
- Granacher U, Gruber M, Gollhofer A. Force production capacity and functional reflex activity in young and elderly men. *Aging Clinical and Experimental Research* 2010; 22: 374–382
- Granacher U, Mühlbauer T, Gschwind YJ et al. Diagnostik und Training von Kraft und Gleichgewicht zur Sturzprävention im Alter – Empfehlungen eines interdisziplinären Expertengremiums. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie* 2014; 47: 513–526
- 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. *The Journals of Gerontology* 1994; 49: M85–M94
- Jacobs JV, Horak FB, Van Tran K et al. An alternative clinical postural stability test for patients with Parkinson's disease. *J Neurol* 2006; 253: 1404–1413
- Jansenberger H. *Sturzprävention in Therapie und Training*. Stuttgart: Thieme; 2011
- Jansenberger H, Schimetta W. Der fünfmalige Aufstehetest mit Beschleunigungsmessung zur Unterscheidung zwischen gestürzten und nicht gestürzten selbstständig lebenden Senioren. *physioscience* 2014; 10: 47–56
- Jansenberger H, Mairhofer J. *Trittsicher und beweglich – Übungen und Hilfestellungen für zuhause*. Schorndorf: Hofmann; 2016
- Janssen WGM, Busmann HBJ, Stam HJ. Determinants of the Sit-to-Stand Movement: A Review. *Physical Therapy* 2002; 82: 866–879
- Joergenson MG. Assessment of postural balance in community-dwelling older adults. *Dan Med J* 2014; 61: B4775
- Lindemann U, Lundin-Olsson L, Hauer K et al. Maximum step length as a potential screening tool for falls in non-disabled older adults living in the community. *Aging Clinical and Experimental Research* 2008; 20: 394–399
- Medell JL, Alexander NB. A clinical measure of maximal and rapid stepping in older women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000; 55A: 429–433
- Metter EJ, Talbot LA, Schrager M et al. Skeletal muscle strength as a predictor of all-cause mortality in healthy men. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 2002; 57: B359–B365

- 31 Mühlbauer T, Besemer C, Wehrle A et al. Relationship between strength, power and balance performance in seniors. *Gerontology* 2012; 58: 504–512
- 32 Muir SW, Berg K, Chesworth BM et al. Use of the Berg Balance Scale for predicting multiple falls in the community-dwelling elderly people. *Physical Therapy* 2008; 88: 449–459; discussion 60–61
- 33 Nevitt MC, Cummings SR, Hudes ES. Risk factors for injurious falls: a prospective study. *Journal of Gerontology* 1991; 46: M164–M170
- 34 Persad CC, Cook S, Giordani B. Assessing falls in the elderly: Should we use simple screening tests or a comprehensive fall risk evaluation? *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* 2010; 46: 249–259
- 35 Persch LN, Ugrinowitsch C, Pereira G et al. Strength training improves fall-related gait kinematics in the elderly: a randomised controlled trial. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2009; 24: 819–825
- 36 Raiche M, Hebert R, Prince F et al. Screening older adults at risk of falling with the Tinetti Balance Scale. *Lancet* 2000; 356: 1001–1002
- 37 Rantanen T. Muscle strength, disability and mortality. *Scand J Med Sci Sports* 2003; 13: 3–8
- 38 Roubenoff R. Sarcopenia: effects on body composition and function. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 2003; 58: 1012–1017
- 39 Rubenstein LZ, Josephson KR. The epidemiology of falls and syncope. *Clinics in Geriatric Medicine* 2002; 18: 141–158
- 40 Sakurai R, Fujiwara Y, Ishihara M et al. Age-related self-overestimation of step-over ability in healthy older adults and its relationship to fall risk. *BMC Geriatrics* 2013; 13: 44
- 41 Schädler S, Kool J, Lüthi H et al. Assessments in der Rehabilitation. Band 1: Neurologie. Bern: Huber; 2012
- 42 Shumway-Cook A, Baldwin M, Polissar NL et al. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults. *Physical Therapy* 1997; 77: 812
- 43 Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the timed up and go test. *Physical Therapy* 2000; 80: 896–903
- 44 Shumway-Cook A, Woollacott M. Motor control: theory and practical applications. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001
- 45 Skelton DA, Greig CA, Davies JM et al. Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65–89 years. *Age Ageing* 1994; 23: 371–377
- 46 Skelton DA, Kennedy J, Rutherford OM. Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65. *Age Ageing* 2002; 31: 119–125
- 47 Suetta C, Magnusson SP, Beyer N et al. Effect of strength training on muscle function in elderly hospitalized patients: review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 2007; 17: 464–472
- 48 Strass D, Granacher U. Auswirkungen von sensomotorischem Training im Alter auf die Maximal- und Explosivkraft. *Zeitschrift für Sportmedizin* 2000; 58: 446–451
- 49 Talbot LA, Musiol RJ, Witham EK et al. Falls in young, middle-aged and older community dwelling adults: perceived cause, environmental factors and injury. *BMC Public Health* 2005; 5: 86
- 50 Thomas JJ, Lane JV. A pilot study to explore the predictive validity of 4 measures of falls risk in frail elderly patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2005; 86: 1636–1640
- 51 Tiedemann A, Shimada H, Sherrington C et al. The comparative ability of eight functional mobility tests for predicting falls in community-dwelling older people. *Age Ageing* 2008; 37: 430–435
- 52 Valkovic P, Brozová H, Bötzel K et al. Push-and-release test predicts Parkinson fallers and nonfallers better than the pull test: comparison in OFF and ON medication states. *Mov Disord* 2008; 23: 1453–1457
- 53 Whitney SL, Marchetti GF, Schade A et al. The sensitivity and specificity of the Timed “Up & Go” and the Dynamic Gait Index for self-reported falls in persons with vestibular disorders. *Journal of Vestibular Research* 2004; 14: 397–409
- 54 Whitney S, Wrisley D, Marchetti G et al. Clinical measurement of sit-to-stand performance in people with balance disorders: Validity of data for the five-times-sit-to-stand test. *Physical Therapy* 2005; 85: 1034–1045