

Z Gerontol Geriat 2014 · 47:513–526  
 DOI 10.1007/s00391-013-0509-5  
 Eingegangen: 5. März 2013  
 Überarbeitet: 20. März 2013  
 Angenommen: 24. April 2013  
 Online publiziert: 3. August 2013  
 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

U. Granacher<sup>1</sup> · T. Muehlbauer<sup>1</sup> · Y.J. Gschwind<sup>2</sup> · B. Pfenninger<sup>3</sup> · R.W. Kressig<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Humanwissenschaftliche Fakultät, Exzellenzbereich Kognitionswissenschaften,

Lehrstuhl für Trainings- und Bewegungswissenschaft, Universität Potsdam

<sup>2</sup> Universitäres Zentrum für Altersmedizin Basel, Felix Platter-Spital

<sup>3</sup> Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu), Bern

# Diagnostik und Training von Kraft und Gleichgewicht zur Sturzprävention im Alter

## Empfehlungen eines interdisziplinären Expertengremiums

**Internationalen Angaben zufolge stürzen 30–60% aller selbstständig lebenden Menschen über 60 Jahre mindestens einmal im Laufe eines Jahres. Damit stellt die Sturzprävention eine bedeutsame Maßnahme für den Erhalt von Mobilität, Gesundheit, Autonomie und Lebensqualität im Alter dar. Sturzpräventive Programme sollten einfach anzuwendende (klinische) Tests zur Abklärung des Sturzrisikos und ein Portfolio an Trainingsübungen zur Förderung von v. a. Gleichgewicht und Kraft beinhalten. Um die Übungen in die Trainingspraxis transferieren zu können, sind konkrete Angaben zur Trainingsintensität, zum Trainingsumfang, zur Trainingshäufigkeit und zur Progressionsabfolge notwendig.**

Im internationalen Vergleich weist Deutschland nach Japan und Italien den höchsten Anteil älterer Menschen ( $\geq 65$  Jahre) an der Gesamtbevölkerung auf [79]. In Deutschland waren im Jahr 2010 20,6% der Bevölkerung 65 Jahre und älter. Für das Jahr 2030 wird ihr Anteil auf 29% und für das Jahr 2050 auf 33% der Gesamtbevölkerung geschätzt [72]. Die Überalterung der Gesellschaft wird mit einem Anstieg der Kosten im Gesundheitssystem einhergehen [59]. Ein Grund

hierfür ist das vermehrte Auftreten von Stürzen und sturzbedingten Verletzungen bei älteren gegenüber jüngeren Menschen (■ Tab. 1). Im Mittel liegt die Sturzrate für selbstständig lebende und für institutionalisierte (z. B. Pflegeheim) ältere Menschen bei 0,7 bzw. 1,6 Stürzen pro Jahr, wobei diese Rate mit zunehmendem Alter ansteigt [63]. Bei selbstständig lebenden älteren Menschen führen 6% aller Stürze zu Frakturen [63, 78], wobei Hüftfrakturen mit einer Häufigkeit von 1–2% auftreten [35]. Etwa 25%–75% der Patienten mit sturzbedingter Hüftfraktur erreichen nicht mehr das Mobilitätsniveau (Ausübung von Alltagsaktivitäten), das sie vor der Fraktur hatten und 20–30% der Patienten sterben innerhalb eines Jahres nach Erleiden der Fraktur [46]. Bei Pflegeheimbewohnern steigt der prozentuale Anteil der durch Stürze verursachten Frakturen auf 10–25% an [62]. Gemäß einer Analyse von Weyler u. Gandjour [83] beliefen sich die direkten Kosten für die Behandlung von Hüftfrakturen in Deutschland im Jahr 2004 auf 2,77 Mrd. EUR. Verursacht durch die Überalterung der Gesellschaft erwarten die Autoren im Jahr 2030 direkte Kosten in Höhe von 3,85 Mrd. EUR pro Jahr. Neben den finanziellen Belastungen für das Gesundheitssystem sind die Folgen für die betroffenen Individuen in Form einer verringerten Lebensqua-

lität und einer eingeschränkten Mobilität erheblich. So wird berichtet, dass vor dem Erleiden einer Hüftfraktur 75% der Personen unabhängig und ohne Hilfsmittel gehen konnten; 6 Monate nach der Fraktur waren jedoch nur noch 15% der Personen dazu in der Lage [49]. Vor diesem Hintergrund sind das frühzeitige Erkennen sturzgefährdeter Personen und die nachfolgende Zuführung in sturzpräventive Trainingsmaßnahmen von großer Bedeutung für die Zukunftsfähigkeit des Gesundheitssystems und für den Erhalt von Lebensqualität und Mobilität im Alter.

Der vorliegende narrative (qualitative) Literaturüberblicksbeitrag beschreibt und diskutiert

- Ursachen für eine erhöhte Sturzprävalenz im Alter,
- klinische Testverfahren zur Erfassung des Sturzrisikos älterer Menschen,
- evidenzbasierte Trainingsmaßnahmen zur Sturzprävention im Alter.

Anhand der aktuellen Literatur werden Dosis-Wirkungs-Beziehungen hergestellt und daraus konkrete Hinweise für die Trainingspraxis sturzpräventiver Programme abgeleitet. Die hier beschriebene Konzeption zur Erfassung des Sturzrisikos und zur Einleitung und Anwendung sturzpräventiver Maßnahmen ba-

**Tab. 1** Epidemiologische Daten prospektiver Studien zur Sturzinidenzrate und ihrer Folgen bei selbstständig lebenden älteren Menschen. (Mod. nach [63])

Studie	Alter (Jahre)	Stichproben- größe	Anteil Per- sonen mit einem Sturz pro Jahr (%)	Anteil Stürze mit Frak- turen (%)	Anteil Stürze mit anderen schwer- wiegenden Verlet- zungen (%)
Sorock und Shimkin [70]	≥60	169	34	k.N.	k.N.
Tinetti et al. [78]	≥75	336	32	6	4
Campbell et al. [7]	≥70	761	35	4	k.N.
Nevitt et al. [54]	≥60	325	57	3	1
Hale et al. [28]	≥65	102	36	5	k.N.
Tinetti et al. [77]	≥72	1103	34	k.N.	10
O'Loughlin et al. [55]	≥65	409	29	3	1
Lord et al. [43]	≥65	341	39	k.N.	k.N.
Luukinen et al. [45]	≥70	679	30	k.N.	k.N.
Maki et al. [47]	≥62	96	61	k.N.	k.N.
Studenski et al. [74]	≥70	306	33	k.N.	k.N.
Tinetti et al. [76]	≥70	144	47	k.N.	11
Davis et al. [14]	≥60	1073	M: 9 F: 16	M: 0 F: 12	M: 9 F: k.N.
Berg et al. [3]	≥60	96	52	6	9
<b>Mittelwert</b>		<b>424</b>	<b>34</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

F Frauen, M Männer, k.N. keine Nennung in der jeweiligen Studie.

sirt auf den Erkenntnissen eines Expertengremiums, bestehend aus Geriatern, Sportwissenschaftlern, Physiotherapeuten und Seniorentainern, die für die Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu) Schweiz eine Handreichung zum Training zur Sturzprävention erarbeitet haben [27]. In drei Sitzungen konnte das interdisziplinäre Expertengremium einen ersten Entwurf eines Konsensuspapiers erstellen, das in den nachfolgenden Monaten per Umlaufverfahren in eine endgültige Form gebracht wurde und welches in der Zwischenzeit von der Webseite der Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu) Schweiz kostenfrei bezogen werden kann (<http://www.stuerze.bfu.ch>). Während die Onlineversion ein praxisorientiertes Publikum anspricht, bietet der vorliegende Überblicksbeitrag wissenschaftlich fundierte Hintergrundinformationen zu den

Inhalten des sturzpräventiven Trainingsprogramms.

### Ursachen von Stürzen

Stürze stellen in der Regel ein multifaktorielles Ereignis dar. Sie können durch [42, 65]

- extrinsische (umweltbezogene) Faktoren (z. B. Lichtverhältnisse, Teppichschwellen, Treppen),
- intrinsische (personenbezogene) Faktoren (z. B. kognitive Dysfunktionen, Krafterückgang, Gleichgewichtsdefizite),
- eine Kombination aus extrinsischen und intrinsischen Faktoren (z. B. alter Mann mit Gleichgewichts- und Kraftdefiziten stürzt beim Treppensteigen) verursacht werden.

Morfitt [51] berichtet, dass bis zu 50% der Stürze in hohem Alter (≥80 Jahre) auf intrinsische Faktoren zurückzuführen sind. Nach Unfällen stellen Muskelschwäche, Gleichgewichtsdefizite und Gangunsicherheiten die zweitwichtigste Ursache für das Zustandekommen von Stürzen im Alter dar. Tatsächlich können zwischen 4 und 39% (im Mittel 17%) aller Stürze im Alter auf diese Faktoren zurückgeführt werden [63]. Aus einer Metaanalyse bestehend aus 16 prospektiven und retrospektiven Studien geht ein erhöhtes Sturzrisiko älterer Menschen hervor, wenn sie an Muskelschwäche (4-fach erhöht), Gleichgewichtsdefiziten (3-fach erhöht) und Gangunsicherheiten (3-fach erhöht) leiden [63]. In diesem Zusammenhang konnten Nevitt et al. [54] zeigen, dass das Risiko zwei oder mehr Stürze pro Jahr zu erleiden von 10% bei einem vorliegenden Risikofaktor auf 69% bei ≥4 vorliegenden Faktoren ansteigt.

### Gleichgewichtsdefizite

In den folgenden Ausführungen wird zunächst auf die Strukturierung des Gleichgewichts nach Shumway-Cook u. Woollacott [68] eingegangen. Im Anschluss folgt die Beschreibung altersbedingter Gleichgewichtsdefizite.

Shumway-Cook u. Woollacott [68] verstehen unter dem Begriff *posturale Kontrolle* die Kontrolle der Position des Körpers im Raum mit dem Ziel, das Gleichgewicht und die Orientierung aufrechtzuerhalten. Weiterhin unterscheiden die Autoren zwischen drei Gleichgewichtsarten. Das *stationäre bzw. kontinuierliche Gleichgewicht* beinhaltet die Kontrolle des Körperschwerpunktes relativ zur Unterstützungsfläche während des Stehens (statische Komponente) und Gehens (dynamische Komponente) ohne störende Einflüsse. Unter dem *reaktiven Gleichgewicht* wird die Fähigkeit verstanden, das Gleichgewicht nach einer unerwarteten destabilisierenden Situation wieder herzustellen (z. B. Ausrutschen, Stolpern). Schließlich umfasst das *proaktive Gleichgewicht* die Fähigkeit, posturale Muskeln vor der Entstehung einer destabilisierenden Situation zu aktivieren (z. B. Heben von Gegenständen, Vorbeugen des Oberkörpers, Richtungswechsel beim Gehen), um für

zusätzliche Stabilität während der Bewegungsausführung zu sorgen.

Altersbedingte Defizite im Gleichgewicht werden durch vielfältige biologische Alterungsprozesse (z. B. Sarkopenie, Verlust sensorischer und motorischer Nervenzellen, Reduktion des Volumens gleichgewichtsregulierender Gehirnareale) im zentralen Nervensystem und im neuromuskulären System verursacht [24]. So konnten Era et al. [17] für das statisch-kontinuierliche Gleichgewicht feststellen, dass bereits 40–49-jährige Personen während des ruhigen Stehens auf einer Kraftmessplatte stärker schwanken als 30–39-jährige Personen. Ab dem 60. Lebensjahr vergrößerten sich die posturalen Schwankungen erheblich. Die Qualität des dynamisch-kontinuierlichen Gleichgewichts wird in der Regel mittels der Gehgeschwindigkeit unter Einfach- (nur Gehen) und/oder Doppeltätigkeitsbedingungen (z. B. Gehen und Rückwärtszählen) ermittelt. Granacher et al. [26] konnten unabhängig von der absolvierten Gehbedingung (Einfach-/Doppeltätigkeit) geringere Gehgeschwindigkeiten bei alten (mittleres Alter: 73 Jahre) im Vergleich zu jungen Personen (mittleres Alter: 22 Jahre) feststellen. Interessanterweise stiegen die Unterschiede in der Gehgeschwindigkeit zwischen Jung und Alt mit zunehmender Aufgabenkomplexität an. Dies deutet darauf hin, dass die Regulation des Ganges im Alter weniger automatisiert ist, d. h. mehr Aufmerksamkeitsressourcen benötigt. Hinsichtlich des reaktiven Gleichgewichts berichten Granacher et al. [22] bei alten (Alter: 60–80 Jahre) im Vergleich zu jungen (Alter: 20–30 Jahre) Personen von verlangsamten Latenzzeiten, reduzierten Reflexaktivitäten und erhöhten muskulären Koaktivitäten, die zur Kompensation abstoppende Störreize (Stolpern) während des Gehens auf dem Laufband beitragen. Schließlich zeigten Wall et al. [82] Unterschiede zwischen alten (mittleres Alter: 73 Jahre) und jungen (mittleres Alter: 25 Jahre) Personen bezüglich der Leistung im Timed-Up-and-Go-Test (Test zur Abschätzung des proaktiven Gleichgewichts), der das Aufstehen aus einem Stuhl, das Gehen über 3 m, das Umdrehen, Zurückgehen sowie Hinsetzen auf den Stuhl involviert.

Z Gerontol Geriat 2014 · 47:513–526 DOI 10.1007/s00391-013-0509-5  
© Springer-Verlag 2013

U. Granacher · T. Muehlbauer · Y.J. Gschwind · B. Pfenninger · R.W. Kressig  
**Diagnostik und Training von Kraft und Gleichgewicht zur Sturzprävention im Alter. Empfehlungen eines interdisziplinären Expertengremiums**

**Zusammenfassung**

Der Anteil älterer Menschen an der Gesamtbevölkerung westlicher Industrienationen nimmt stetig zu. Aufgrund biologischer Alterungsprozesse verschlechtern sich Gleichgewichts- und Kraftleistungen im Alter, was eine erhöhte Sturzprävalenz zur Folge hat. Vor diesem Hintergrund müssen überregional anwendbare und einfach umzusetzende Sturzpräventionsprogramme entwickelt werden, die einerseits einen Beitrag zum Erhalt der Autonomie und Lebensqualität älterer Menschen leisten und andererseits die finanzielle Belastung des Gesundheitssystems durch die Behandlung sturzbedingter Verletzungen reduzieren. Im vorliegenden narrativen (qualitativen) Literaturüberblicksbeitrag werden Ursachen für a) eine erhöhte Sturz-

prävalenz im Alter beschrieben, b) klinische Testverfahren zur Erfassung des Sturzrisikos älterer Menschen vorgestellt und c) evidenzbasierte Trainingsmaßnahmen zur Sturzprävention im Alter präsentiert. Die Erkenntnisse wurden von einem Expertengremium (Geriatrer, Sportwissenschaftler, Physiotherapeuten, Seniorentainer) in Form einer öffentlich zugänglichen (Internet) und kostenfreien Handreichung zusammengestellt und werden im vorliegenden Beitrag wissenschaftlich begründet.

**Schlüsselwörter**

Sturzrisiko · Krafttraining · Präventive Therapie · Bewegungstherapie · Gebrechliche ältere Menschen

**Assessment and training of strength and balance for fall prevention in the elderly. Recommendations of an interdisciplinary expert panel**

**Abstract**

The proportion of elderly people in societies of western industrialized countries is continuously rising. Biologic aging induces deficits in balance and muscle strength/power in old age, which is responsible for an increased prevalence of falls. Therefore, nationwide and easy-to-administer fall prevention programs have to be developed in order to contribute to the autonomy and quality of life in old age and to help reduce the financial burden on the public health care system due to the treatment of fall-related injuries. This narrative (qualitative) literature review deals with a) the reasons for an increased prevalence of falls in old age, b) important clinical tests for

fall-risk assessment, and c) evidence-based intervention/training programs for fall prevention in old age. The findings of this literature review are based on a cost-free practice guide that is available to the public (via the internet) and that was created by an expert panel (i.e., geriatricians, exercise scientists, physiotherapists, geriatric therapists). The present review provides the scientific foundation of the practice guide.

**Keywords**

Fall risk · Resistance training · Preventive therapy · Exercise therapy · Frail elderly

In einer kürzlich publizierten Studie gingen Muehlbauer et al. [52] der Frage nach, ob ein statistisch bedeutsamer Zusammenhang zwischen der Leistung in klinischen und apparativen Tests zur Erfassung des statisch-kontinuierlichen Gleichgewichts (posturale Schwankungen während des ruhigen Stehens), des dynamisch-kontinuierlichen Gleichgewichts (Gehgeschwindigkeit), des reaktiven Gleichgewichts (Schwankungen einer oszillierenden Platte bei der Applikation eines medio-lateralen Störreizes) und des

proaktiven Gleichgewichts (Functional-Reach-Test, Timed-Up-And-Go-Test) bei Senioren (mittleres Alter: 70 Jahre) besteht. Im Ergebnis zeigten sich keine signifikanten Korrelationen zwischen den einzelnen Testleistungen, woraus die Autoren für die Diagnostik (Sturzassessment) und das Training des Gleichgewichts (Sturzprävention) ableiteten, dass kontinuierliche, reaktive und proaktive Gleichgewichtstests bzw. Gleichgewichtsübungen in Sturzpräventionsprogramme komplementär ausgeführt werden sollten.

**Tab. 2** Charakterisierung von klinischen Tests zur Erfassung von Gleichgewicht und Mobilität bei Senioren

Test	Ziel; Aufgabe	Messwert; Zeitbe- darf (min)	Normwerte	Reliabilität	Validität	Sensitivität/ Spezifität (%)
<b>Kontinuierlich-statisch:</b> Einbeinstand	Beurteilung der Standstabilität; Stehen auf dem bevorzugten Bein (barfuß)	Zeit (s); <1 min	<b>Alter:</b> 60–69 Jahre: 33,8 s (m), 30,4 s (w); 70–79 Jahre: 25,9 s (m), 16,7 s (w); 80–99 Jahre: 8,7 s (m), 10,6 s (w) [71]	<b>Test-Retest:</b> ICC =0,60 [86] <b>Interrater:</b> ICC =0,95 [71] <b>Intrarater:</b> ICC =0,86 [21]	<b>Konstrukt:</b> nicht gestürzte Personen: 31,3 s, gestürzte Personen: 9,6 s [33] <b>Prognose:</b> <30 s korreliert mit erhöhtem Sturzrisiko (OR =108) [33] <b>Übereinstimmung:</b> r = -0,64 (KAP Auslenkung) [39]	<b>Sensitivität:</b> 91%, <b>Spezifität:</b> 75% [33]
<b>Kontinuierlich-statisch:</b> mod. Romberg Test [2]	Beurteilung der Standstabilität; Stehen auf beiden Beinen (mit geschlossenen Augen auf einer instabilen Unterlage)	Zeit (s); <5 min	<b>Alter:</b> 60–69 Jahre: 19,7 s (m), 18,3 s (m); 70–79 Jahre: 15,4 s (m), 13,2 s (w); ≥80 Jahre: 9,0 s (m), 9,1 s (w) [2]	<b>Test-Retest:</b> r =0,99 [10] <b>Interrater:</b> r =0,99 [10] <b>Intrarater:</b> k.A.	<b>Konstrukt:</b> nicht gestürzte Personen: 30,0 s, gestürzte Personen: 29,3 s, wiederholt gestürzte Personen: 26,9 s [60] <b>Prognose:</b> 20–29 s korreliert mit erhöhtem Sturzrisiko (OR =2,0), 10–19 s korreliert mit erhöhtem Sturzrisiko (OR =3,4), <10 s korreliert mit erhöhtem Sturzrisiko (OR =3,6) [2] <b>Übereinstimmung:</b> r = -0,38 (BBS) [6], r =0,33 (TUG) [6], r = -0,32 (DGI) [6]	<b>Sensitivität:</b> 63%, <b>Spezifität:</b> 77% [16]
<b>Kontinuierlich-dynamisch:</b> Gehgeschwindigkeit [56]	Beurteilung der Gangstabilität und der Bein- kraft; Gehen einer definierten Strecke (10 m) mit habitueller Gehgeschwindigkeit	Geschwindigkeit (m/s); <1 min	<b>Alter:</b> 70–74 Jahre: 1,12 m/s (m), 1,10 m/s (w); 75–79 Jahre: 1,12 m/s (m), 1,02 m/s (w); 80–84 Jahre: 1,08 m/s (m), 1,00 m/s (w); ≥85 Jahre: 1,02 m/s (m), 1,01 m/s (w) [56] <b>Funktionalität:</b> <1,05 m/s, eingeschränkte kognitive Funktion; <1,0 m/s, Krankenhauseinweisung in den nächsten 12 Monaten; <0,8 m/s, eingeschränkte Mobilität; <0,7 m/s, Institutionalisierung (Alters-/ Pflegeheim) [1]	<b>Test-Retest:</b> ICC =0,96 [40] <b>Interrater:</b> r =0,94 [30] <b>Intrarater:</b> ICC =0,93 [30]	<b>Konstrukt:</b> nicht gestürzte Personen: 0,91 m/s, gestürzte Personen s: 0,71 m/s [31] <b>Prognose:</b> ≤0,57 m/s meint Notwendigkeit einer medizinischen Abklärung [29] <b>Übereinstimmung:</b> r =0,81 (BBS) [40], r = -0,75 (TUG) [50]	<b>Sensitivität:</b> 80%, <b>Spezifität:</b> 89% [29]

**Tab. 2** Charakterisierung von klinischen Tests zur Erfassung von Gleichgewicht und Mobilität bei Senioren (Fortsetzung)

Test	Ziel; Aufgabe	Messwert; Zeitbedarf (min)	Normwerte	Reliabilität	Validität	Sensitivität/ Spezifität (%)
<b>Proaktiv:</b> Timed-Up-And-Go-Test [58]	Beurteilung der Mobilität; Kombination aus Aufstehen aus einem Stuhl, Gehen von 3 m, Umdrehen, Zurücklaufen und Hinsetzen	Zeit (s); <1 min	<b>Alter:</b> 60–69 Jahre: 8 s (m), 8 s (w); 70–79 Jahre: 9 s (m), 9 s (w); 80–89 Jahre: 10 s (m), 11 s (w) [73] <b>Funktionalität:</b> ≤10 s meint keine Einschränkungen; 11–19 s meint geringe Einschränkungen; 20–29 s meint funktionell relevante Einschränkungen; ≥30 s meint ausgeprägte Einschränkungen [58]	<b>Test-Retest:</b> r=0,99 [58] <b>Interrater:</b> r=0,99 [58] <b>Intrarater:</b> r=0,99 [58]	<b>Konstrukt:</b> nicht gestürzte Personen: 6–13 s (MW =8 s), gestürzte Personen: 10–39 s (MW =22 s) [67] selbständige lebende Personen: 6,0–11,2 s, institutionalisierte Personen: 12,7–50,1 s [4] <b>Prognose:</b> ≥13,5 s korreliert mit erhöhtem Sturzrisiko [67] >12 s meint Notwendigkeit einer medizinischen Abklärung [4] <b>Übereinstimmung:</b> r=-0,61 (Gehgeschwindigkeit) [58], r=-0,81 (BBS) [58], r=-0,78 (Barthel Index of ADL) [58]	<b>Sensitivität:</b> 87%, <b>Spezifität:</b> 87% [67]
<b>Reaktiv:</b> Push-And-Release-Test [34]	Beurteilung der Gleichgewichtswiederherstellung; Reaktion auf einen Störreiz (plötzliches Loslassen aus Rücklage im Stand)	Anzahl Ausgleitschritte; <5 min	k.A.	<b>Test-Retest:</b> k.A. <b>Interrater:</b> ICC =0,84 [34] <b>Intrarater:</b> k.A.	<b>Konstrukt:</b> nicht gestürzte Personen: 2,3, gestürzte Personen: 0,9 [80] <b>Prognose:</b> k.A. <b>Übereinstimmung:</b> r=0,60 (ABC Skala) [34]	<b>Sensitivität:</b> 89%, <b>Spezifität:</b> 85% [80]

ABC-Skala „activities-specific balance confidence“, ADL „activities of daily living“, BBS „Berg balance scale“, DGI „dynamic gait index“, ICC „intra-class correlation coefficient“, k.A. keine Angaben, KAP Kraftangriffspunkt, MW Mittelwert, OR odds ratio, TUG Timed-Up-And-Go-Test, m männlich, w weiblich.

## Krafrückgang

Verschiedenen Querschnittsstudien ist zu entnehmen, dass sich die Maximalkraft unterschiedlicher Muskelgruppen zwischen dem 30. und 80. Lebensjahr um 30–50% reduziert. Unter Verwendung dynamometrischer Verfahren untersuchten Viitasalo et al. [81] die isometrische Maximalkraft der Rumpffextensoren/-flexoren, der Hand (Greifkraft), der Knieextensoren und der Ellbogenflexoren bei jeweils 180 Männern im Alter von 31–35, 51–55 und 71–75 Jahren. Im Vergleich zur Gruppe der 31–35-Jährigen wiesen die 71–75-Jährigen signifikant verringerte

Kraftwerte über alle untersuchten Muskelgruppen auf, wobei die Knieextensoren am stärksten betroffen waren (-47%), gefolgt von der Handkraft (-42%), den Rumpffextensoren (-42%), den Rumpfflexoren (-35%) und schließlich den Ellbogenflexoren (-35%). Diese Reihung lässt erkennen, dass die untere Extremität vom altersbedingten Krafrückgang stärker betroffen zu sein scheint, als der Rumpf bzw. die obere Extremität. Als mögliche Erklärung für diesen extremitätenspezifischen Effekt wird in der Literatur die altersbedingt nachlassende körperliche Aktivität/Mobilität diskutiert, die v. a. die Muskeln der unteren Extremitäten betrifft

[19]. Es zeigt sich weiterhin, dass die distal gelegenen Muskeln (Plantar-/Dorsalflexoren) stärker betroffen sind, als die proximal gelegenen Muskeln (Hüftflexoren/-extensoren) [13]. Zudem scheint sich im Alter die Schnellkraft stärker zurückzubilden als die Maximalkraft. Skelton et al. [69] belegen diese Hypothese anhand einer Querschnittsstudie, an der 100 Frauen und Männer im Altersbereich von 65–89 Jahren teilnahmen, die gleichmäßig auf fünf Altersgruppen mit einer Altersspanne von jeweils 4 Jahren verteilt wurden. Die Autoren berichten von einem 1–2%igen Rückgang der isometrischen Maximalkraft der Knieextensoren

**Tab. 3** Charakterisierung von klinischen Tests zur Erfassung von Kraft und Funktion bei Senioren

Test	Ziel; Aufgabe	Messwert; Zeitbedarf (min)	Normwerte	Reliabilität	Validität	Sensitivität/Spezifität (%)
Five-Times-Chair-Rise-Test (sog. Sit-To-Stand-Test) [11]	Beurteilung der Beinkraft; Aufstehen aus einem Stuhl und Hinsetzen	Zeit (s); <1 min	Alter: 60–69 Jahre: 8,4 s (m), 12,7 s (w); 70–79 Jahre: 11,6 s (m), 13,0 s (w); 80–89 Jahre: 16,7 s (m), 17,2 s (w); 90–101 Jahre: 19,5 s (m), 22,9 s (w) [44]	<b>Test-Re-test:</b> ICC =0,89 [75] <b>Interrater:</b> ICC =0,71 [57] <b>Intrater:</b> ICC =0,64 [57]	<b>Konstrukt:</b> nicht gestürzte Personen: 12,5 s, gestürzte Personen: 14,8 s [75] <b>Prognose:</b> ≥12 s korreliert mit erhöhtem Sturzrisiko (RR =2,0) [75] <b>Übereinstimmung:</b> r=0,88 (TUG) [64], r=0,78 (Gehgeschwindigkeit) [64], r=-0,68 (DGI) [84]	<b>Sensitivität:</b> 66%, <b>Spezifität:</b> 55% [75]
Stair-Ascent-And-Descent-Test [75]	Beurteilung der Beinkraft; Auf- und Abwärtssteigen einer Treppe (8 Stufen)	Zeit (s); <1 min	k.A.	<b>Test-Re-test:</b> ICC =0,84 (aufwärts), ICC =0,86 (abwärts) [75] <b>Interrater:</b> k.A. <b>Intrater:</b> k.A.	<b>Konstrukt:</b> nicht gestürzte Personen: 5,5 s (aufwärts), 5,7 s (abwärts); gestürzte Personen: 5,9 s (aufwärts), 6,6 s (abwärts) [75] <b>Prognose:</b> ≥5 s korreliert mit erhöhtem Sturzrisiko (aufwärts: RR =1,4; abwärts: RR =1,7) [75] <b>Übereinstimmung:</b> k.A.	<b>Sensitivität:</b> 54% (aufwärts), 63% (abwärts); <b>Spezifität:</b> 58% (aufwärts), 55% (abwärts) [75]

DGI „dynamic gait index“, ICC „intra-class correlation coefficient“, k.A. keine Angaben, RR relatives Risiko, TUG Timed-Up-And-Go-Test, m männlich, w weiblich.

pro Jahr und einem 3,5%-igen Verlust der Schnellkraft der Beinstrecker pro Jahr. Es gibt jedoch Hinweise in der Literatur, dass Quer- im Vergleich zu Längsschnittanalysen den tatsächlichen Krafterückgang im Alter erheblich unterschätzen [32].

In einer Längsschnittstudie wurde daher das maximale Drehmoment der Knieextensoren (60°/s) von Frauen und Männern (mittleres Alter: 73 Jahre) zu Studienbeginn und nach weiteren 5 Jahren untersucht [15]. In dem Beobachtungszeitraum reduzierte sich das maximale Drehmoment der Frauen um 2,5–3% pro Jahr und das der Männer um 3–4%. Der stärker ausgeprägte Krafterückgang bei den Männern im Vergleich zu den Frauen lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass Männer über mehr Muskelmasse verfügen als Frauen und damit die altersbedingte Rückbildungsrate größer ist [85]. Interessanterweise konnten Delmonico et al. [15] eine 2- bis 5-mal höhere Rückbildungsrate der Muskelkraft der Knieextensoren im Vergleich zur computertomographisch erfassten Muskelfaserquerschnittsfläche des M. quadriceps femoris

feststellen. Dieses Resultat weist darauf hin, dass der altersbedingte Krafterückgang nicht ausschließlich auf den Verlust an Muskelmasse zurückzuführen ist, sondern weitere Faktoren berücksichtigt werden müssen (z. B. neuronale Mechanismen). Manini und Clark [48] nahmen dieses Ergebnis als Anlass zur Durchführung einer Metaanalyse, um über die Berechnung des relativen Risikos festzustellen, ob der Krafterückgang (Dynapenie) im Vergleich zum Muskelmassenverlust (Sarkopenie) einen größeren Einfluss auf den Faktor funktionelle Limitationen im Alter hat. Im Mittel (7 Studien Dynapenie; 9 Studien Sarkopenie) zeigte sich, dass das relative Risiko für die Dynapenie (2,20; 95%-Konfidenzintervall: 1,5–3,1) höher lag als für die Sarkopenie (1,37; 95%-KI: 0,87–2,0). Folglich sollte der Begriff Sarkopenie auf seine ursprüngliche Definition (Muskelmassenverlust) reduziert werden, um den funktionell bedeutsameren Faktor Krafterückgang im Alter (Dynapenie) davon abzugrenzen [48]. Für die Diagnostik von Stürzen im Alter bedeutet dies, dass klinische und/oder apparative

Testverfahren zur Abschätzung der Kraft der unteren Extremitäten zur Aufklärung funktioneller Limitationen im Alter eine hohe Relevanz besitzen.

### Konzeption zur Sturzrisikodiagnostik und zur Sturzprävention

Auf der Grundlage der oben beschriebenen evidenzbasierten Erkenntnisse zur Bedeutung von Kraft und Gleichgewicht hinsichtlich der Prävalenz von Stürzen im Alter, hat die bfu Schweiz ein Projekt zur Sturzprävention initiiert. Die Aufgabe des einberufenen interdisziplinären Expertengremiums bestand darin, eine literaturbasierte und praxisorientierte Handreichung zur Diagnostik und zum Training von Kraft und Gleichgewicht im Alter zu konzipieren. Dadurch soll ein Beitrag zum Erhalt der Autonomie und alltagsmotorischen Handlungsfähigkeit älterer (≥65 Jahre), zu Hause lebender und sturzgefährdeter Personen geleistet werden. Mithilfe von Sportvereinen, medizinischen Berufsverbänden/Einrichtungen sowie Fach- und Dienstleistungsorgani-

**Tab. 4** Basisübung für das statische Gleichgewicht: Stehen

<b>Relevanz für den Alltag</b>	– Gleichgewicht ist die Voraussetzung für viele alltagsmotorische Aufgaben – Posturale Stabilität
<b>Beobachtungspunkte</b>	– Stand hüftbreit? – Füße flach auf dem Boden? – Knie leicht gebeugt? – Fuß-Knie-Hüft-Achse ausgerichtet? – Becken aufgerichtet?
<b>Variation (der Sensorik)</b>	– Körperschwerpunkt verlagern (nach vorn, hinten, seitlich, unten, oben) – Druckpunkte spüren (Ferse, Ballen, Zehen) – Fersen-/Zehenstand – Supinierter/pronierter Stand – Bewegungen mit dem Oberkörper (schwanken, rotieren, strecken, beugen)
<b>Motorische Mehrfach-tätigkeit</b>	– Mit den oberen Extremitäten in verschiedenen Ebenen Zusatzbewegungen ausführen (z. B. Tiernamen in die Luft schreiben, klat-schen, Achterkreisen, Boxbewegungen) – Alltagsgegenstände (Tablett mit Becher) und andere Geräte (Ball, Ballon, Tuch etc.) halten, balancieren, werfen, fangen, prellen, jonglieren – Partnerübung: Stab an beiden Enden halten und daran ziehen oder schieben
<b>Kognitive Mehrfach-tätigkeit</b>	<i>Mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad:</i> – ABC aufzählen, Tiernamen aufzählen, Einkaufsliste merken, Geographiespiel (Stadt – Land – Fluss), Rechenaufgaben lösen, Fragen eines Partners beantworten, Aufgaben von einer Tafel oder Wand ablesen und lösen
<b>Motorische und kognitive Mehrfach-tätigkeiten</b>	– Kombination einer motorischen und kognitiven Tätigkeit (z. B. Stehen, Rückwärtszählen und Tragen eines Tablett)

sationen für ältere Menschen sollen die Erkenntnisse der Handreichung über ein Multiplikatorensystem (z. B. Geriater, Sportwissenschaftler, Physiotherapeuten, Seniorentainer) überregional umgesetzt werden. Die Handreichung kann in deutscher oder französischer Sprache kostenfrei von der Webseite der bfu heruntergeladen werden (<http://www.stuerze.bfu.ch>). Die folgenden Ausführungen orientieren sich an der Handreichung und beschreiben darüber hinaus reliable, valide und ökonomische klinische Tests zur Abklärung des Sturzrisikos. Weiterhin werden Kraft- und Gleichgewichtsübungen inklusive Belastungsgefüge und Progressionsabfolge beschrieben, die sich in wissenschaftlichen Studien als effektiv erwiesen haben und die im angeleiteten Gruppentraining und/oder selbstständig zu Hause durchgeführt werden können.

### Sturzrisikodiagnostik

Das Sturzrisikoassessment im Alter verfolgt zwei wesentliche Ziele:

- die Identifikation sturzgefährdeter älterer Erwachsener,
- die Entwicklung und spätere Anwendung individualisierter und spezifisch zugeschnittener sturzpräventiver Trainingsprogramme basierend auf den Resultaten des Sturzrisikoassessments.

Aus diesem Grund sollten die Tests vor Aufnahme des Trainings und im weiteren Verlauf etwa alle 3 Monate zur Trainingskontrolle durchgeführt werden. Der vorliegende Überblicksbeitrag beschreibt ausschließlich klinische Tests zur Erfassung von Gleichgewichts- und Kraftdefiziten im Alter, da diese zeit- und materialökonomisch sind und weitestgehend die Haupttestgütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität erfüllen. Detaillierte psychometrische Angaben (z. B. Sensitivität, Spezifität) zu den einzelnen Tests finden sich in **Tab. 2** und **3**. Generelle Empfehlungen für die Durchführung der Tests können in der Handreichung der bfu nachgelesen werden [27].

### Klinische Tests zur Erfassung von Gleichgewichtsdefiziten

Eine umfassende Abklärung des Sturzrisikos älterer Menschen sollte die Überprüfung des kontinuierlichen, des reaktiven und des proaktiven Gleichgewichts beinhalten. Grundsätzlich sollten die Gleichgewichtstests vor den Krafttests durchgeführt werden, um die Auswirkungen von Ermüdung auf die Testresultate gering zu halten.

Das statisch-kontinuierliche Gleichgewicht kann mithilfe des Einbeinstandtests abgeschätzt werden. Hierbei wird die Zeit (Stoppuhr) gemessen, die der Proband (Pb) in der Lage ist, barfuß auf dem bevorzugten Bein zu stehen [33]. Während der Testausführung schaut der Pb geradeaus auf einen definierten Punkt, der in Augenhöhe an einer nahe gelegenen Wand angebracht ist. Die Arme werden vor der Brust verschränkt, das Standbein wird leicht gebeugt und das Spielbein vom Boden abgehoben, ohne dabei das Standbein zu berühren. Als Testabbruchkriterien (d. h. Beendigung der Testzeit) wurden das Versetzen des Standbeins, die Bodenberührung des Spielbeins und das Lösen der Arme von der Brust definiert [71]. Der Test wurde 3-mal durchgeführt, wobei das beste Resultat (längste Standdauer) in die Auswertung einfließt. Psychometrische Angaben, alters- und geschlechtsspezifische Normwerte sowie prognostische Grenzwerte hinsichtlich eines erhöhten Sturzrisikos finden sich in **Tab. 2**.

Der modifizierte Romberg-Test stellt ein weiteres Verfahren zur Überprüfung des statisch-kontinuierlichen Gleichgewichts dar [2]. Während des Tests steht der Pb im bipedalen und hüftbreiten Stand auf einem „balance pad“ (Dicke: ca. 8 cm). Die Arme werden horizontal nach vorn gestreckt, die Handflächen zeigen nach oben und die Augen sind geschlossen. Dadurch werden das propriozeptive (instabile Unterlage) und das visuelle System (Augen geschlossen) manipuliert, um die Aufgabenschwierigkeit zu erhöhen. Als Testabbruch (d. h. Beendigung der Testzeit) gelten eine Veränderung der Fußstellung, ein Absenken der Arme oder ein Öffnen der Augen [2]. Der Test wird zweimal durchgeführt und das bessere Ergebnis (längste Standdauer) ge-

Tab. 5 Basisübung für das dynamische Gleichgewicht: Gehen	
<b>Relevanz für den Alltag</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gleichgewicht ist die Voraussetzung für viele alltagsmotorische Aufgaben</li> <li>– Posturale Stabilität bzw. Gangstabilität/-sicherheit</li> </ul>
<b>Beobachtungspunkte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Schrittbreite in etwa hüftbreit?</li> <li>– Körperschwerpunkt kontrolliert?</li> <li>– Fuß-Knie-Hüft-Achse stabil?</li> <li>– Sprunggelenk mobil?</li> <li>– Oberkörper aufgerichtet?</li> <li>– Schultern entspannt?</li> <li>– Kopf gerade (in der Verlängerung der Wirbelsäule, Blick gerade-aus)?</li> </ul>
<b>Variation (der Sensorik)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Körperschwerpunkt verlagern (nach vorn, hinten, seitlich, unten, oben)</li> <li>– Druckpunkte spüren (Ferse, Ballen, Zehen)</li> <li>– Fußstellung beim Gehen variieren (auf den Fersen, Zehen, Fußaußenkante etc. gehen)</li> <li>– Richtungswechsel vornehmen, Kurven gehen</li> <li>– Gangart ändern (z. B. abruptes Starten und Stoppen, Robotergang, Knie anheben)</li> <li>– Betonung des rechten oder linken Schrittes (alternierend, im Rhythmus)</li> <li>– Auf einem Seil, Stab, Absatz, Rand, einer Linie etc. gehen</li> <li>– Gehen zu Musik bzw. verschiedenen Rhythmen (z. B. „off-beat“)</li> </ul>
<b>Motorische Mehrfach-tätigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mit den Augen den Blick auf visuelle Ziele richten (z. B. auf eine Person in unmittelbarer Nähe, auf das nächste Objekt mit einer bestimmten Farbe)</li> <li>– Mit den oberen Extremitäten in verschiedenen Ebenen Zusatzbewegungen ausführen (z. B. Tiernamen in die Luft schreiben, klat-schen, Achterkreisen, Boxbewegungen)</li> <li>– Alltagsgegenstände (Tablett mit Becher) und andere Geräte (Ball, Ballon, Tuch etc.) halten, balancieren, werfen, fangen, prellen, jonglieren</li> <li>– Schritte mit Armbewegungen kombinieren</li> <li>– Partnerübung: Schattengang, Ball werfen und fangen; Stab an beiden Enden halten und daran ziehen oder schieben</li> </ul>
<b>Kognitive Mehrfach-tätigkeit</b>	<p>Mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ABC aufzählen, Tiernamen aufzählen, Einkaufsliste merken, Geographiespiel (Stadt – Land – Fluss), Rechenaufgaben lösen</li> </ul>
<b>Motorische und kognitive Mehrfach-tätigkeiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kombination einer motorischen und kognitiven Tätigkeit (z. B. Gehen, Rückwärtszählen und Tragen eines Tablett)</li> </ul>

wertet. Psychometrische Angaben, alters- und geschlechtsspezifische Normwerte sowie prognostische Grenzwerte hinsichtlich eines erhöhten Sturzrisikos sind in **Tab. 2** ausgewiesen.

Die Ermittlung der Gehgeschwindigkeit ist ein einfaches Verfahren zur Abschätzung des dynamisch-kontinuierlichen Gleichgewichts [56]. Der Pb wird gebeten, den Tests mit eigenem, bequemem Schuhwerk und bei habitueller Gehgeschwindigkeit zu absolvieren. Für die Testdurchführung sollte eine ebene Strecke von 20 m zur Verfügung stehen. Mit einer Stoppuhr wird die Zeit für die Absolvierung einer Gehstrecke von 10 m Länge erfasst. Die Zeit wird gestartet bzw. gestoppt, wenn eine Extremität (z. B. Fuß,

Hand) die Startlinie bzw. Ziellinie überschritten hat. Die jeweils ersten und letzten 5 m der Teststrecke werden verwendet, um Auswirkungen von Beschleunigen bzw. Abbremsen auf die Gehgeschwindigkeit zu vermeiden [18]. Der Test wird einmal durchgeführt. In **Tab. 2** sind neben psychometrischen Angaben, alters- und geschlechtsspezifischen sowie funktionalitätsbestimmenden Normwerten auch Grenzwerte hinsichtlich der Notwendigkeit einer medizinischen Abklärung zu finden.

Ein weitverbreitetes Verfahren zur Abschätzung des proaktiven Gleichgewichts ist der *Timed-Up-And-Go-Test* [58]. Während des Tests wird eigenes und bequemes Schuhwerk getragen (Gehhilfen dürfen

benutzt werden). Die Testaufgabe verlangt das Aufstehen aus einem Stuhl (Sitzhöhe: etwa 46 cm) mit Armlehnen, wobei der Rücken an der Rückenlehne anliegt und die Arme auf den Armlehnen (etwa 63–65 cm hoch) ruhen. Nach dem Aufstehen geht der Pb 3 m in habitueller Geschwindigkeit nach vorn, wendet (z. B. um ein Hütchen), geht 3 m zum Stuhl zurück und setzt sich hin. Gemessen wird die Zeit ab dem Lösen des Rückens von der Stuhllehne bis zum Berühren der Sitzfläche durch das Gesäß. Der Test wird 1-mal durchgeführt. In **Tab. 2** sind neben psychometrischen Angaben, alters- und geschlechtsspezifischen sowie funktionalitätsbestimmenden Normwerten auch Grenzwerte hinsichtlich der Notwendigkeit einer medizinischen Abklärung bzw. eines erhöhten Sturzrisikos zu finden.

Das reaktive Gleichgewicht lässt sich mit Hilfe des einfach durchzuführenden *Push-And-Release-Test* abschätzen [34]. Während der Testdurchführung drückt der Pb mit den Schultern gegen die Hände des Untersuchungsleiters, der seine Hände löst, sobald der Druck aufgebaut ist und das Lot aus Hüfte und Schulter unmittelbar hinter die Ferse fällt. Auf einer Skala von 0 bis 4 wird die Testleistung durch den Untersuchungsleiter beurteilt [34]:

- 0 entspricht einer Kompensation des Störreizes mit nur einem Ausgleichsschritt ohne Hilfestellung bei normaler Schrittlänge und –weite,
- 1 entspricht einer kompensatorischen Reaktion von 2 bis 3 kurzen Ausgleichsschritten ohne Hilfestellung,
- 2 entspricht 4 oder mehr Ausfallschritten ohne Hilfestellung,
- 3 entspricht mehreren Ausgleichsschritten mit Hilfestellung zur Vermeidung eines Sturzes,
- 4 entspricht einem sofortigen Sturz ohne kompensatorische Ausgleichsschritte, der nur mit Hilfestellung verhindert werden kann.

Der Test wird 3-mal durchgeführt, wobei das beste Resultat in die Auswertung einfließt. In **Tab. 2** sind psychometrische Angaben zum Test aufgeführt.



<b>Tab. 6</b> Basisübung für die Beinkraft: Kniebeuge	
<b>Relevanz für den Alltag</b>	– Aufstehen, Gehen, Treppensteigen, Hinsetzen (Stuhl, Bank, Toilette etc.)
<b>Hauptziel Muskulatur</b>	– Vordere und hintere Oberschenkelmuskulatur, Gesäßmuskulatur
<b>Ausgangsstellung</b>	– Hüftbreiter Stand, aufrechte Haltung – Fußstellung: Zehen leicht nach außen
<b>Bewegungsausführung</b>	– Knie und Hüfte langsam beugen – Kniegelenke senkrecht über den Füßen bewegen – Knie und Hüfte wieder strecken – Rumpf-/Beckenbodenmuskulatur während der ganzen Bewegung angespannt halten
<b>End-/Umkehrstellung</b>	– Sitzstellung bei 90° Kniewinkel, aufrechte Haltung des Oberkörpers
<b>Beobachtungspunkte</b>	– Füße flach auf dem Boden? – Knie reichen nicht über die Zehenspitzen hinaus (senkrechte Linie Knie/Zehenspitzen)? – Winkel zwischen Ober- und Unterschenkel nicht unter 90°? – Aufrechter Oberkörper, nur leicht nach vorne geneigt, gerader Rücken? – Spannung im Rumpf-/Beckenbereich vorhanden? – Schultern entspannt? – Kopf gerade (in der Verlängerung der Wirbelsäule, Blick geradeaus)?
<b>Übungsvariation</b>	<i>Erleichterte Ausführung:</i> – Stuhl mit Armlehnen verwenden (ermöglicht, die Arme unterstützend zu verwenden) – Vom Stuhl aufstehen (Gesäß auf der vorderen Hälfte des Stuhls, aufrechte Sitzhaltung) <i>Erschwerte Ausführung:</i> – Sitzfläche des Stuhles nur leicht berühren – Nicht vollständig Aufstehen (etwa 2/3) und diese Position für einige Sekunden halten

<b>Tab. 7</b> Basisübung für die Rumpfkraft: Unterarmstütz liegend/stehend	
<b>Relevanz für den Alltag</b>	– Aufrechte Körperhaltung und Rumpfstabilität
<b>Hauptziel Muskulatur</b>	– Rumpfmuskulatur (d. h. Rücken-, Bauch- und Brustmuskulatur)
<b>Ausgangsstellung</b>	– Bauchlage (Einführung ggf. im Stand an der Wand) – Unterarmstütz, wobei Ober- und Unterarme einen rechten Winkel bilden – Unterarme liegen parallel auf dem Boden – Alternativ aus dem Vierfüßlerstand in den Unterarmstütz gelangen
<b>Bewegungsausführung</b>	– Rumpf- und Beckenmuskulatur anspannen – Becken von Unterlage abheben und den Oberkörper auf den Ellenbogen aufgestützt in eine Linie bringen und dort halten
<b>End-/Umkehrstellung</b>	– Körper bildet eine vom Boden abgehobene Gerade, Rumpf ist gespannt <i>Erleichterte Ausführung:</i> – Auflagepunkte sind die Unterarme und die Knie <i>Erschwerte Ausführung:</i> – Auflagepunkte sind die Füße
<b>Beobachtungspunkte</b>	– Rumpf und Becken sind vollständig stabil (kein Hohlkreuz)? – Kopf gerade (in der Verlängerung der Wirbelsäule, Blick zum Boden)? – Wirbelsäule, Hüft- und Kniegelenk auf einer geraden Linie? – Atmung regelmäßig (v. a. bei haltender Ausführung)
<b>Übungsvariation</b>	<i>Stehend – erleichterte Ausführung:</i> – Unterarmstütz in stehender Position an einer Wand (1–2 Fußlängen Abstand von der Wand) haltend ausführen, Bauchmuskulatur bewusst anspannen <i>Stehend – erschwerte Ausführung:</i> – Beine in der Ausgangsstellung leicht grätschen – Beine im Wechsel um eine Fußlänge anheben <i>Liegend – erleichterte Ausführung:</i> – angewinkelte Beine (kurzer Hebel) und auf den Knien abgestützt <i>Liegend – erschwerte Ausführung:</i> – gestreckte Beine (langer Hebel) auf den Zehen abgestützt

## Klinische Tests zur Erfassung von Kraftdefiziten

Beim *Five-Times-Chair-Rise-Test* oder auch *Sit-To-Stand-Test* wird die Muskelkraft der Beinstrecker im bipedalen Stand

überprüft [11]. Hierbei wird der Pb gebeten, 5-mal nacheinander so schnell wie möglich aus einem Stuhl (Sitzhöhe: 46 cm; Sitztiefe: 47,5 cm) aufzusteigen und sich wieder hinzusetzen. Mithilfe einer Stoppuhr wird die Zeitdauer für

die Testabsolvierung erfasst. Der Test wird einmal durchgeführt. In **Tab. 3** finden sich neben den psychometrischen Angaben auch alters- und geschlechtsspezifische Orientierungswerte sowie prognos-

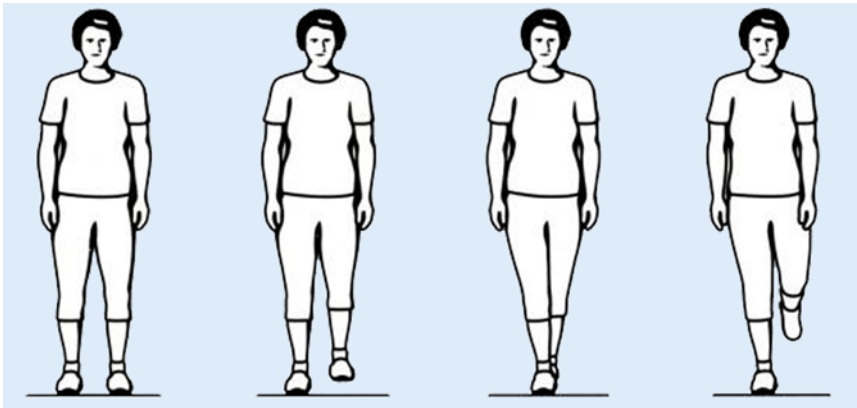


Abb. 1 ▲ Übungsbeschreibung für das statische Gleichgewicht



Abb. 2 ▲ Übungsbeschreibung für das dynamische Gleichgewicht

tische Grenzwerte hinsichtlich eines erhöhten Sturzrisikos.

Der *Stair-Ascent-And-Descent-Test* schätzt die Muskelkraft der Beinstrecker während des Treppensteigens ab [75]. Hierbei wird der Pb gebeten, eine Treppe bestehend aus 8 Stufen (15 cm hoch; 27,5 cm tief) zunächst nach oben und nach einer kurzen Pause nach unten zu steigen. Ein Treppengeländer darf verwendet werden. Die Zeiterfassung für das Treppauf- bzw. Treppabsteigen beginnt, sobald der Pb den Fuß zur Bewältigung der ersten Treppe hebt. Die Zeiterfassung endet, sobald beide Füße auf der ebenen Fläche am Ende der Treppe platziert wurden. Der Test wird 1-mal durchgeführt. Psychometrische Angaben sowie prog-

nostische Grenzwerte hinsichtlich eines erhöhten Sturzrisikos sind in ■ Tab. 3 ausgeführt.

### Gleichgewichts- und Krafttraining zur Sturzprävention

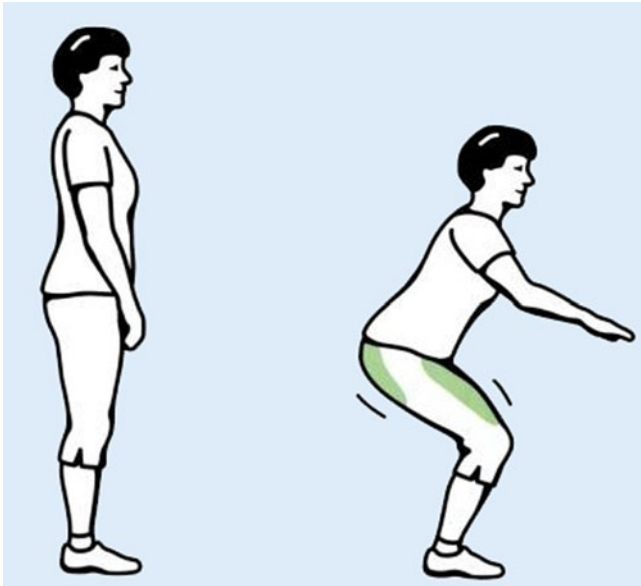
Die vorliegende Konzeption zur Prävention von Stürzen im Alter [27] orientiert sich an evidenzbasierten Hinweisen aus Originalarbeiten wie bei Granacher et al. [23], systematischen Literaturüberblicksbeiträgen wie bei Granacher et al. [25] und Metaanalysen wie bei Gillespie et al. [20]. Diese wissenschaftlichen Erkenntnisse werden in kondensierter und verständlicher Form in die Praxis transferiert. Das ausgewiesene Ziel der Expertengruppe war es, konkrete Hinweise zu Trainingsinhalten, -umfängen, -häufigkeiten, -intensitäten und -mitteln in der Handreichung zu formulieren, die im deutsch- und französischsprachigen Raum einer großen Adressatengruppe zugeführt werden können und sich vergleichsweise einfach (zeit- und materialökonomisch) umsetzen lassen. Im Folgenden werden die Inhalte der Trainingskonzeption zur Vorbeugung von Stürzen vorgestellt.

### Trainingsinhalt

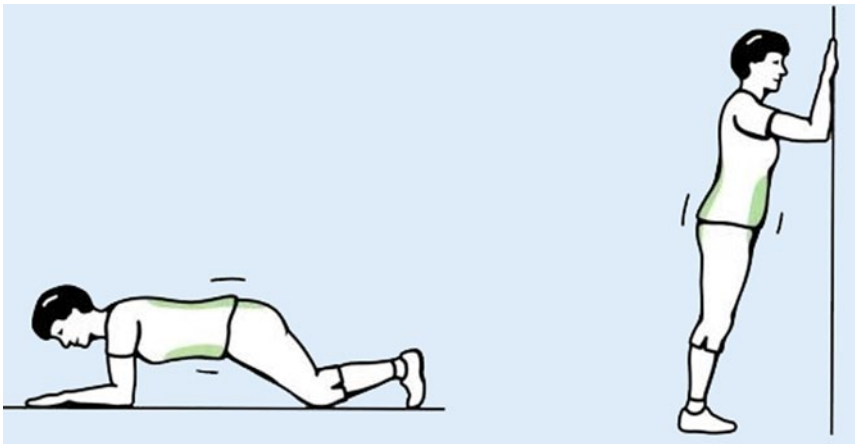
Sturzpräventive Trainingsprogramme sollten Übungen beinhalten, mithilfe derer den intrinsischen Sturzrisikofaktoren Gleichgewichtsdefizit, Gangunsicherheit und Muskelschwäche [63] gezielt entgegengewirkt werden kann. Auf der Grundlage der Ausführungen zu den

altersbedingten Gleichgewichtsdefiziten sollte ein umfassendes Gleichgewichtstraining Übungen zur Schulung des kontinuierlichen, des proaktiven und des reaktiven Gleichgewichts enthalten. In einer Metaanalyse konnten Gillespie et al. [20] zeigen, dass bei selbstständig lebenden älteren Menschen das relative Risiko (RR) für das Erleiden eines Sturzes signifikant sinkt (RR: 0,72; 95%-KI: 0,55; 0,94), wenn Gang- und Gleichgewichtsübungen präventiv durchgeführt werden. Hingegen scheint singular angewandtes Krafttraining, trotz trainingsbedingter Kraftzuwächse, keinen Einfluss auf die Sturzinzidenzrate zu haben (RR: 0,95; 95%-KI: 0,77; 1,18) [20, 37, 41]. Neue Ansätze im Krafttraining mit älteren Menschen deuten darauf hin, dass Krafttraining mit explosiven Krafteinsätzen und reduzierten Lasten (sog. Power-Training oder High-Velocity-Strength-Training) sowie Rumpfkrafttraining unter Instabilität in der Lage sind, die alltagsmotorische Handlungsfähigkeit zu verbessern [23, 25]. Der wissenschaftliche Nachweis für den sturzpräventiven Charakter dieser Maßnahmen steht jedoch noch aus. Als gesichert gilt, dass die Kombination aus Gleichgewichts- und Krafttraining die Anzahl von Stürzen bei selbstständig lebenden Menschen im Alter von 65–97 Jahren um 15–50% verringern kann [8, 9, 12, 20, 36, 61].

Diese Erkenntnisse aus der Literatur wurden in die Trainingskonzeption zur Prävention von Stürzen transferiert, sodass darin in erster Linie Gleichgewichts- und Kraftübungen enthalten sind. Das Gleichgewichtstraining wurde in Übungen zur Schulung des statischen Gleichgewichts (d. h. statisch-kontinuierliches Gleichgewicht) und des dynamischen Gleichgewichts (d. h. dynamisch-kontinuierliches, proaktives, reaktives Gleichgewicht) unterteilt und sollte Zweidrittel der Gesamttrainingszeit in Anspruch nehmen. Das Krafttraining enthält Übungen zur Schulung der Bein- und Rumpfkraft und sollte Eindrittel der Gesamttrainingszeit umfassen. Diese Gewichtung der Trainingsinhalte ließe sich in die Trainingspraxis umsetzen, indem an 2 Tagen pro Woche (z. B. Montag und Mittwoch) statisches und dynamisches Gleichgewichtstraining und an einem Tag pro Woche (z. B. Freitag) Bein- und Rumpf-



**Abb. 3** ◀ Übungsbeschreibung für die Beinkraft. Weitere Übungen zum Training der Beinkraft können der Handreichung des Expertengremiums entnommen werden. (Nach [27])



**Abb. 4** ▲ Übungsbeschreibung für die Rumpfkraft. Weitere Übungen zum Training der Rumpfkraft können der Handreichung des Expertengremiums entnommen werden. (Nach [27])

krafttraining durchgeführt wird. Die einzelnen Übungen enthalten eine kurze Beschreibung und grafische Darstellung der Hauptziel Muskulatur, der Relevanz für den Alltag, den Beobachtungs- und Kontrollpunkten sowie den möglichen Übungsvariationen (▣ **Abb. 1, 2, 3, 4**, ▣ **Tab. 4, 5, 6, 7**).

### Trainingsumfang und -häufigkeit

Aus einer kürzlich erschienenen Metaanalyse [66] geht hervor, dass ein effektives Training zur Sturzprävention mindestens 50 Trainingsstunden umfassen sollte. Das entspricht in etwa einem Trainingsumfang von 3 h pro Woche über einen Zeitraum von 4 Monaten. Das Expertengremium empfiehlt, das Training regelmä-

ßig und permanent (d. h. 2-mal/Woche in der Gruppe unter fachkundiger Anleitung und 1-mal/Woche individuell Zuhause) durchzuführen, da Anpassungsprozesse an Training transient und nicht permanent sind [66].

### Trainingsintensität

Mithilfe des Sturzrisikoassessments wird der IST-Leistungszustand der Senioren erfasst. Dieser sollte bei der Aufnahme des Trainings, im Sinne einer möglichst individuellen Intensitätsgestaltung, Beachtung finden. Unterschiedlichen Metaanalysen ist zu entnehmen, dass Gleichgewichts- und Krafttraining mit ausreichend hoher Intensität durchgeführt werden sollen, um trainingswirksame Effekte zu er-

zielen [38, 66]. Im Gleichgewichtstraining kann dies über unterschiedliche trainingsmethodische Maßnahmen erreicht werden [27, 66]:

- die kontinuierliche Verkleinerung der Unterstützungsfläche (bipedaler Stand, Semitandemstand, Tandemstand, Einbeinstand),
- die Reduktion des sensorischen Inputs (Augen auf/zu, stabile/instabile Unterlage),
- die Verlagerung des Körperschwerpunkts während des Stehens in unterschiedliche Bewegungsrichtungen (nach vorn/hinten bzw. nach rechts/links),
- die Vermeidung der stabilisierenden Unterstützung der Hände während der Durchführung gleichgewichtschulender Übungen,
- die Integration von Störreizen (Anrennpeln, leichte Stöße) in das Training,
- die Integration von kognitiven/motorischen Störaufgaben (Rückwärtszählen, Ball prellen) in das Training.

Im Krafttraining mit der eigenen Körpermasse lässt sich die Intensität steigern, indem die folgenden trainingsmethodischen Maßnahmen in das Krafttraining implementiert werden [23, 27]:

- von ein- zu mehrgelenkigen Übungen,
- von isometrischen zu dynamischen Kontraktionsweisen bei der Übungsausführung,
- von Übungen mit kurzem zu Übungen mit langem Hebel,
- von Übungen mit langsamen zu Übungen mit hohen Bewegungsgeschwindigkeiten.

Sowohl im Gleichgewichts- als auch im Krafttraining kann die Intensität über das subjektive Belastungsempfinden mittels der Borg-Skala reguliert werden [5]. Auf der 6–20-stufigen Borg-Skala sollten, in Abhängigkeit vom Trainingszustand der Personen, Intensitätsbereiche zwischen 10 und 16 angestrebt werden. Eine progressive Gestaltung der Trainingsintensität über den Trainingsverlauf hinweg ist bedeutsam, um trainingswirksame Reize zu applizieren [53]. Im zwei- bis vierwöchigen Rhythmus sollte die Intensität an-

hand der Borg-Skala überprüft werden. Die Steigerung der Belastungsintensität lässt sich über die jeweils angebotenen Übungsvariationen realisieren (▣ Tab. 4 und ▣ Abb. 1, ▣ Tab. 5 und ▣ Abb. 2, ▣ Tab. 6 und ▣ Abb. 3, ▣ Tab. 7 und ▣ Abb. 4). In der Handreichung der bfu wurden konkrete Hinweise zur Gestaltung des Belastungsgefüges (Trainingsintensität, -umfang und -häufigkeit, Pausen) getrennt für das statische und dynamische Gleichgewichtstraining sowie das Maximal- und Schnellkrafttraining aufgeführt [27].

## Trainingsmittel

Bei der inhaltlichen Gestaltung des Übungsportfolios hat das Expertengremium bewusst darauf geachtet, dass die Gleichgewichts- und Kraftübungen entweder mit der eigenen Körpermasse oder aber mithilfe von Kleingeräten (z. B. Gewichtsmanschetten, Thera-Bänder, instabile Unterlagen, Seile, Stäbe, Tücher, Minitrampoline) durchgeführt werden können, die in der Anschaffung kostengünstig sind oder in den meisten Turn- und Sporthallen zur Verfügung stehen. Allerdings kann beim Krafttraining mit dem eigenem Körpergewicht im Vergleich zum maschinengestützten Krafttraining die Belastungsintensität nur näherungsweise bestimmt und dosiert werden. Dadurch ist die zielgerichtete Ansteuerung einer spezifischen Kraftfähigkeit (Maximal-/Schnellkraft) lediglich bedingt möglich.

## Fazit

- Die vorliegende Konzeption zur Prävention von Stürzen im Alter basiert auf den evidenzbasierten Erkenntnissen eines Expertengremiums bestehend aus Geriatern, Sportwissenschaftlern, Physiotherapeuten sowie Seniorentrainern. Die Untersuchung beinhaltet einfach anzuwendende klinische Tests zur Ermittlung des Sturzrisikos und ein Portfolio an praxisorientierten Gleichgewichts- und Kraftübungen zur Vorbeugung von Stürzen.
- Aus der relevanten Literatur wurden testspezifische Grenzwerte hinsichtlich eines erhöhten Sturzrisikos extra-

hiert, um ein individuelles Sturzrisikoprofil zu erstellen, ein spezifisch zugeschnittenes Trainingsprogramm zu konzipieren und die Wirkungen des Trainings zu evaluieren.

- Schließlich wurden in die Handreichung konkrete Hinweise zu Trainingsinhalten, -umfängen, -häufigkeiten, -intensitäten und -mitteln integriert, die sich einfach (zeit- und materialökonomisch) umsetzen lassen und damit einer großen Adressatengruppe zugeführt werden können.

## Korrespondenzadresse



**Prof. Dr. U. Granacher**  
Humanwissenschaftliche  
Fakultät, Exzellenzbereich  
Kognitionswissenschaften,  
Lehrstuhl für Trainings- und  
Bewegungswissenschaft,  
Universität Potsdam  
Am Neuen Palais 10, Haus 12,  
14469 Potsdam  
urs.granacher@  
uni-potsdam.de

## Einhaltung der ethischen Richtlinien

**Interessenkonflikt.** U. Granacher, Reto W. Kressig und Yves J. Gschwind waren als Referenten für die Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu, Schweiz) tätig. B. Pfenninger steht in einem Beschäftigungsverhältnis zur bfu. T. Muehlbauer gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Alle angewandten Verfahren stehen im Einklang mit den ethischen Normen der verantwortlichen Kommission für Forschung am Menschen (institutionell und national) und mit der Deklaration von Helsinki von 1975 in der revidierten Fassung von 2008. Alle Patienten wurden erst nach erfolgter Aufklärung und Einwilligung in die Studie eingeschlossen

## Literatur

1. Abellan Van Kan G, Rolland Y, Andrieu S et al (2009) Gait speed at usual pace as a predictor of adverse outcomes in community-dwelling older people: an International Academy on Nutrition and Aging (IANA) Task Force. *J Nutr Health Aging* 13:881–889
2. Agrawal Y, Carey JP, Hoffman HJ et al (2011) The modified Romberg Balance Test: normative data in U.S. adults. *Otol Neurotol* 32:1309–1311
3. Berg WP, Alessio HM, Mills EM et al (1997) Circumstances and consequences of falls in independent community-dwelling older adults. *Age Ageing* 26:261–268

4. Bischoff HA, Stahelin HB, Monsch AU et al (2003) Identifying a cut-off point for normal mobility: a comparison of the timed, up and go test in community-dwelling and institutionalised elderly women. *Age Ageing* 32:315–320
5. Borg GA (1982) Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 14:377–381
6. Boulgarides LK, Mcginty SM, Willett JA et al (2003) Use of clinical and impairment-based tests to predict falls by community-dwelling older adults. *Phys Ther* 83:328–339
7. Campbell AJ, Borrie MJ, Spears GF et al (1990) Circumstances and consequences of falls experienced by a community population 70 years and over during a prospective study. *Age Ageing* 19:136–141
8. Carter ND, Kannus P, Khan KM (2001) Exercise in the prevention of falls in older people: a systematic literature review examining the rationale and the evidence. *Sports Med* 31:427–438
9. Chang JT, Morton SC, Rubenstein LZ et al (2004) Interventions for the prevention of falls in older adults: systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *BMJ* 328:680–687
10. Cohen H, Blatchly CA, Gombash LL (1993) A study of the clinical test of sensory interaction and balance. *Phys Ther* 73:346–351
11. Csuka M, Mccarty DJ (1985) Simple method for measurement of lower extremity muscle strength. *Am J Med* 78:77–81
12. Cumming RG (2002) Intervention strategies and risk-factor modification for falls prevention. A review of recent intervention studies. *Clin Geriatr Med* 18:175–189
13. Danneskiold-Samsoe B, Bartels EM, Bulow PM et al (2009) Isokinetic and isometric muscle strength in a healthy population with special reference to age and gender. *Acta Physiol* 197:1–68
14. Davis JW, Ross PD, Nevitt MC et al (1997) Incidence rates of falls among Japanese men and women living in Hawaii. *J Clin Epidemiol* 50:589–594
15. Delmonico MJ, Harris TB, Visser M et al (2009) Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration. *Am J Clin Nutr* 90:1579–1585
16. Di Fabio RP, Anackers SL (1996) Identifying fallers in community living elders using a clinical test of sensory interaction for balance. *Eur J Phys Med Rehabil* 6:61–66
17. Era P, Sainio P, Koskinen S et al (2006) Postural balance in a random sample of 7,979 subjects aged 30 years and over. *Gerontology* 52:204–213
18. Fritz S, Lusardi M (2009) White paper: „walking speed: the sixth vital sign“. *J Geriatr Phys Ther* 32:46–49
19. Frontera WR, Hughes VA, Lutz KJ et al (1991) A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J Appl Physiol* 71:644–650
20. Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ et al (2012) Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev* 9:CD007146
21. Goldberg A, Casby A, Wasielewski M (2011) Minimum detectable change for single-leg-stance-time in older adults. *Gait Posture* 33:737–739
22. Granacher U, Gruber M, Gollhofer A (2010) Force production capacity and functional reflex activity in young and elderly men. *Aging Clin Exp Res* 22:374–382
23. Granacher U, Lacroix A, Muehlbauer T et al (2013) Effects of core instability strength training on trunk muscle strength, spinal mobility, dynamic balance and functional mobility in older adults. *Gerontology* 59:105–113

24. Granacher U, Muehlbauer T, Gruber M (2012) A qualitative review of balance and strength performance in healthy older adults: impact for testing and training. *J Aging Res* 2012:1–16
25. Granacher U, Muehlbauer T, Zahner L et al (2011) Comparison of traditional and recent approaches in the promotion of balance and strength in older adults. *Sports Med* 41:377–400
26. Granacher U, Muehlbauer T, Bridenbaugh S et al (2010) Age-related differences during single and multi-task walking. *Dtsch Z Sportmed* 61:258–263
27. Gschwind YJ, Pfenninger B (2013) Training zur Sturzprävention – Manual für Kraft- und Gleichgewichtstraining zur Sturzprävention im Alter. bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung, Bern
28. Hale WA, Delaney MJ, Mcgaghie WC (1992) Characteristics and predictors of falls in elderly patients. *J Fam Practice* 34:577–581
29. Harada N, Chiu V, Dameron-Rodriguez J et al (1995) Screening for balance and mobility impairment in elderly individuals living in residential care facilities. *Phys Ther* 75:462–469
30. Hartmann A, Murer K, De Bie RA et al (2009) Reproducibility of spatio-temporal gait parameters under different conditions in older adults using a trunk tri-axial accelerometer system. *Gait Posture* 30:351–355
31. Hausdorff JM, Rios DA, Edelberg HK (2001) Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. *Arch Phys Med Rehabil* 82:1050–1056
32. Hughes VA, Frontera WR, Wood M et al (2001) Longitudinal muscle strength changes in older adults: influence of muscle mass, physical activity, and health. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 56:B209–217
33. Hurvitz EA, Richardson JK, Werner RA et al (2000) Unipedal stance testing as an indicator of fall risk among older outpatients. *Arch Phys Med Rehabil* 81:587–591
34. Jacobs JV, Horak FB, Van Tran K et al (2006) An alternative clinical postural stability test for patients with Parkinson's disease. *J Neurol* 253:1404–1413
35. Kannus P, Parkkari J, Koskinen S et al (1999) Fall-induced injuries and deaths among older adults. *JAMA* 281:1895–1899
36. Kannus P, Sievanen H, Palvanen M et al (2005) Prevention of falls and consequent injuries in elderly people. *Lancet* 366:1885–1893
37. Latham N, Anderson C, Bennett D et al (2003) Progressive resistance strength training for physical disability in older people. *Cochrane Database Syst Rev* CD002759
38. Latham NK, Bennett DA, Stretton CM et al (2004) Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 59:48–61
39. Lichtenstein MJ, Burger MC, Shields SL et al (1990) Comparison of biomechanics platform measures of balance and videotaped measures of gait with a clinical mobility scale in elderly women. *J Gerontol* 45:M49–54
40. Liston RA, Brouwer BJ (1996) Reliability and validity of measures obtained from stroke patients using the Balance Master. *Arch Phys Med Rehabil* 77:425–430
41. Liu CJ, Latham NK (2009) Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database Syst Rev* CD002759
42. Lord SR, Sherrington C, Menz HB (2007) Falls in older people: risk factors and strategies for prevention. Cambridge University Press, Cambridge
43. Lord SR, Ward JA, Williams P et al (1994) Physiological factors associated with falls in older community-dwelling women. *J Am Geriatr Soc* 42:1110–1117
44. Lusardi MM, Pellecchia GL, Schulman M (2003) Functional performance in community living older adults. *J Geriatr Phys Ther* 26:14–22
45. Luukinen H, Koski K, Hiltunen L et al (1994) Incidence rate of falls in an aged population in northern Finland. *J Clin Epidemiol* 47:843–850
46. Magaziner J, Simonsick EM, Kashner TM et al (1990) Predictors of functional recovery one year following hospital discharge for hip fracture: a prospective study. *J Gerontol* 45:M101–M107
47. Maki BE, Holliday PJ, Topper AK (1994) A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. *J Gerontol* 49:M72–M84
48. Manini TM, Clark BC (2012) Dynapenia and aging: an update. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 67:28–40
49. Marottoli RA, Berkman LF, Cooney LM (1992) Decline in physical function following hip fracture. *J Am Geriatr Soc* 40:861–866
50. Mathias S, Nayak US, Isaacs B (1986) Balance in elderly patients: the „get-up and go“ test. *Arch Phys Med Rehabil* 67:387–389
51. Morfitt JM (1983) Falls in old people at home: intrinsic versus environmental factors in causation. *Public Health* 97:115–120
52. Muehlbauer T, Besemer C, Wehrle A et al (2012) Relationship between strength, power and balance performance in seniors. *Gerontology* 58:504–512
53. Muehlbauer T, Roth R, Bopp M et al (2012) An exercise sequence for progression in balance training. *J Strength Cond Res* 26:568–574
54. Nevitt MC, Cummings SR, Kidd S et al (1989) Risk factors for recurrent nonsyncopal falls. A prospective study. *JAMA* 261:2663–2668
55. O'loughlin JL, Robitaille Y, Boivin JF et al (1993) Incidence of and risk factors for falls and injurious falls among the community-dwelling elderly. *Am J Epidemiol* 137:342–354
56. Oh-Park M, Holtzer R, Xue X et al (2010) Conventional and robust quantitative gait norms in community-dwelling older adults. *J Am Geriatr Soc* 58:1512–1518
57. Ostchega Y, Harris TB, Hirsch R et al (2000) Reliability and prevalence of physical performance examination assessing mobility and balance in older persons in the US: data from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *J Am Geriatr Soc* 48:1136–1141
58. 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
59. Reinhardt UE (2003) Does the aging of the population really drive the demand for health care? *Health Aff* 22:27–39
60. Ricci NA, De Faria Figueiredo Goncalves D, Coimbra AM et al (2009) Sensory interaction on static balance: a comparison concerning the history of falls of community-dwelling elderly. *Geriatr Gerontol Int* 9:165–171
61. Robertson MC, Campbell AJ, Gardner MM et al (2002) Preventing injuries in older people by preventing falls: a meta-analysis of individual-level data. *J Am Geriatr Soc* 50:905–911
62. Rubenstein LZ (2006) Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age Ageing* 35:37–41
63. Rubenstein LZ, Josephson KR (2002) The epidemiology of falls and syncope. *Clin Geriatr Med* 18:141–158
64. Schaubert KL, Bohannon RW (2005) Reliability and validity of three strength measures obtained from community-dwelling elderly persons. *J Strength Cond Res* 19:717–720
65. Schott N, Kurz AK (2008) Falls in older adults: risk factors assessment prevention. A review. *Z Sportpsych* 15:45–62
66. Sherrington C, Tiedemann A, Fairhall N et al (2011) Exercise to prevent falls in older adults: an updated meta-analysis and best practice recommendations. *N SW Public Health Bull* 22:78–83
67. 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* 80:896–903
68. Shumway-Cook A, Woollacott M (2001) Motor control: theory and practical applications. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia
69. Skelton DA, Greig CA, Davies JM et al (1994) Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65–89 years. *Age Ageing* 23:371–377
70. Sorock GS, Shimkin EE (1988) Benzodiazepine sedatives and the risk of falling in a community-dwelling elderly cohort. *Arch Intern Med* 148:2441–2444
71. Springer BA, Marín R, Cyhan T et al (2007) Normative values for the unipedal stance test with eyes open and closed. *J Geriatr Phys Ther* 30:8–15
72. Statistisches Bundesamt (2012) Statistisches Jahrbuch 2012. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
73. Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L (2002) Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Phys Ther* 82:128–137
74. Studenski S, Duncan PW, Chandler J et al (1994) Predicting falls – the role of mobility and nonphysical factors. *J Am Geriatr Soc* 42:297–302
75. Tiedemann A, Shimada H, Sherrington C et al (2008) The comparative ability of eight functional mobility tests for predicting falls in community-dwelling older people. *Age Ageing* 37:430–435
76. Tinetti ME, Deleon CFM, Doucette JT et al (1994) Fear of falling and fall-related efficacy in relationship to functioning among community-living elders. *J Gerontol* 49:140–147
77. Tinetti ME, Liu WL, Claus EB (1993) Predictors and prognosis of inability to get up after falls among elderly persons. *JAMA* 269:65–70
78. 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
79. United Nations (2011) World population prospects: the 2011 revision. United Nations, New York
80. Valkovic P, Brozova H, Botzel K et al (2008) Push-and-release test predicts Parkinson fallers and nonfallers better than the pull test: comparison in OFF and ON medication states. *Mov Disord* 23:1453–1457
81. Viitasalo JT, Era P, Leskinen AL et al (1985) Muscular strength profiles and anthropometry in random samples of men aged 31–35, 51–55 and 71–75. *Ergonomics* 28:1563–1574
82. Wall JC, Bell C, Campbell S et al (2000) The timed Get-up-and-Go test revisited: measurement of the component tasks. *J Rehabil Res Dev* 37:109–113
83. Weyler EJ, Gandjour A (2007) Socioeconomic burden of hip fractures in Germany. *Gesundheitswesen* 69:601–606
84. Whitney SL, Wrisley DM, Marchetti GF et al (2005) Clinical measurement of sit-to-stand performance in people with balance disorders: validity of data for the Five-Times-Sit-to-Stand Test. *Phys Ther* 85:1034–1045
85. Winegard KJ, Hicks AL, Sale DG et al (1996) A 12-year follow-up study of ankle muscle function in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 51:202–207
86. Wolinsky FD, Miller DK, Andresen EM et al (2005) Reproducibility of physical performance and physiologic assessments. *J Aging Health* 17:111–124

Hier steht eine Anzeige.

