

Der fünfmalige Aufstehetest mit Beschleunigungsmessung zur Unterscheidung zwischen gestürzten und nicht gestürzten selbstständig lebenden Senioren

The Five Chair Rise Test with Accelerometry to Distinguish between Fallers and Non-Fallers in Community-Dwelling Seniors

Autoren

H. Jansenberger, W. Schimetta

Institut

Institut für sportwissenschaftliche Beratung, A-Linz

Schlüsselwörter

- Sturz
- Sturzrisiko
- Beschleunigungsmesser
- selbstständig lebende Senioren
- Beinkraft

Key words

- fall
- fall risk
- accelerometer
- community-dwelling seniors
- leg strength

eingereicht 1.8.2013

akzeptiert 8.1.2014

Bibliografie

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0034-1366464>
 physioscience 2014; 10: 47–56
 © Georg Thieme Verlag KG
 Stuttgart · New York ·
 ISSN 1860-3092

Korrespondenzadresse

Harald Jansenberger, Mag. rer. nat., Sportwissenschaftler

Institut für
 sportwissenschaftliche
 Beratung,
 Harrachstr. 22
 4020 Linz
 Österreich
 harald@jansenberger.at

Zusammenfassung



Hintergrund: Eine einfache und möglichst genaue Unterscheidung zwischen sturzgefährdeten und weniger sturzgefährdeten Senioren ist notwendig, um potenziell sturzgefährdete Personen zu identifizieren und entsprechende Maßnahmen einzuleiten.

Ziel: Die Studie überprüfte bei dem breit evaluierten und häufig verwendeten fünfmaligen Aufstehetest (Five Chair Rise Test) die bestehende Messmethodik (Zeit) mit zusätzlicher Verwendung eines Beschleunigungsmessers (triaxialer Accelerometer).

Methode: An der Studie nahmen 108 selbstständig lebende Senioren (90 Frauen, 18 Männer) mit einem Durchschnittsalter von 78,37 Jahren teil. Nach einzelnen mündlichen Befragungen zu Sturzereignissen in den letzten 12 Monaten wurden sie in gestürzte und nicht gestürzte Personen unterteilt und in der Testdurchführung instruiert. Während des Tests wurde ein Beschleunigungssensor an das Brustbein gehalten.

Ergebnisse: Die Auswertung des fünfmaligen Aufstehetests erfolgte bezüglich der Variablen Geschwindigkeit (cm/s), Kraft/Körpergewicht (N/kg), Leistung/Körpergewicht (W/kg) und Zeit (s). Die Geschwindigkeit zeigte beim optimalen Cut-off die beste Unterscheidbarkeit von Nichtstürzern und Stürzern. Für die Zeit errechnete sich hingegen bei ihrem optimalen Cut-off eine nur eher mäßige Trennschärfe.

Schlussfolgerungen: Bei der Durchführung des Aufstehetests empfiehlt sich die Zuhilfenahme eines Accelerometers, da die Differenzierung zwischen Stürzern und Nichtstürzern allein durch die Zeit deutlich ungenauer ist als die vertikale Geschwindigkeit beim Aufstehen.

Abstract



Background: An easy and preferably distinct differentiation between seniors with fall risk and less fall risk is essential in order to identify potential seniors with fall risk and to initiate concordant measures.

Objective: This study investigated the existing measuring method (time) of the widely evaluated and often used five chair rise test with the additional use of a triaxial accelerometer.

Method: 108 community-dwelling seniors (90 women, 18 men) with a mean age of 78.37 took part in this study. Following oral interviews concerning fall history during the last 12 months the subjects were allocated into fallers and non-fallers and instructed in the test performance. During the test an acceleration sensor was attached to the sternum.

Results: The five chair rise test was analysed using the variables speed (cm/s), force/KG (N/kg), work/KG (W/kg) and time (s). The variable speed showed an optimal cut-off at 84.6 cm/s to distinguish between fallers and non-fallers. However, time showed only a moderate selectivity with the optimal cut-off at 13.25.

Conclusions: For the five chair rise test the use of an accelerometer is recommended since differentiation between fallers and non-fallers only by time is distinctively more inexact than the vertical velocity for standing up.

Einleitung

Stürze stellen ein weit verbreitetes Problem dar, das mit zunehmendem Lebensalter immer mehr Senioren betrifft. Zielgerichtete Interventionen vor allem durch individualisierte Bewegungsförderung sind nachgewiesenermaßen effektiv, um das Sturzrisiko zu senken [17]. Besonders sturzgefährdete Personen sollten an entsprechenden Bewegungsangeboten teilnehmen.

Die Herausforderung besteht darin festzustellen, wer sturzgefährdet ist und wer nicht, um so entsprechende Präventionsmaßnahmen einzuleiten. Neben der Befragung zu bestehenden und häufig nicht oder nur schlecht beeinflussbaren Risikofaktoren (z. B. Sturzbiografie, Alter, Erkrankungen) ist es notwendig, mittels motorischer Tests prinzipiell beeinflussbare Risikofaktoren wie funktionelle Einschränkungen (z. B. Kraft, Gleichgewicht, Gangstörungen) möglichst präzise zu erheben.

Es gibt eine Vielzahl von Assessment-Instrumenten, die potenzielle Stürzer identifizieren sollen. Aufgrund vielfältiger Sturzursachen und häufig multifaktoriell bedingter Situationen liefern unterschiedliche, oft aus dem Alltag begründete und zur Testsituation genormte Aufgaben Hinweise auf das Sturzrisiko. Weit verbreitet werden statische Balanceaufgaben (Parallel-, Semitandem- und

Tandemstand [21], dynamische Gleichgewichtsaufgaben (maximale Schrittlänge [31]), Gewichtsverlagerung bei „Stepping“-Aufgaben, Four Square Step Test [12], Alternate Step Test [2], Erhebungen der Ganggeschwindigkeit [3] und der Doppelschritt- (Stride-to-stride) Varianz [24], Aufgaben, bei denen der Proband etwas erreichen soll (Functional Reach [16]) und dominant kraftbetonte Testsituationen (Handgriffkraft, diverse Aufstehetests wie fünfmaliger Aufstehetest [21] beschrieben.

Ebenso finden sich in der Literatur Gehetests mit kognitiven Zusatzaufgaben (Geh- und Zähltest [20], Geh- und Sprechtest [30], modifizierter Timed-Up-and-Go Test [46]). Zusätzlich werden Testbatterien wie Berg Balance Scale [2], Performance-oriented Mobility Assessment [55] und Dynamic Gait Index [44] beschrieben, die mehrere funktionelle Aufgaben bei Stand und Gang beinhalten. Viele der durchgeführten Assessments liefern eine ähnliche Messgenauigkeit, sodass sich die Auswahl des Tests nach den vorhandenen Möglichkeiten richtet [37].

Tiedemann et al. [54] untersuchten 6 funktionelle Tests auf ihre Unterscheidungsmöglichkeit hinsichtlich Stürzern und Mehrfachstürzern. Während sie die meisten Tests als für grobes Screening geeignet halten, kritisieren sie mangelnde Sensitivität und Spezifität ([54]; **Tab. 1**). In **Tab. 1** finden sich Untersuchun-

Test (Quelle: Studie mit Prüfung der Sensitivität u. Spezifität)	Trennwert	Sensitivität	Spezifität
sit-to-stand once [52]	≥ 1 s	49 %	58 %
sit-to-stand five times [52]	≥ 12 s	66 %	55 %
five chair rise [5]	≥ 15 s	55 %	65 %
five chair rise [55]	10 s (< 60 J.) 14,2 s (> 60 J.) 13,0 s (alle)	87 % 61 % 66 %	84 % 59 % 67 %
alternate-step test [52]	≥ 10 s	69 %	56 %
four square step test			
[11]	> 15 s	85 %	89 %
[56]	> 12 s	80 %	92 %
maximum step length test [26]	18,59 cm (minimale messbare Änderung	70 %	69 %
[17]	70 cm (29,7 – 116,0 cm)		
functional reach test			
[51]	18,5 cm	75 %	67 %
[11]	< 25 cm	63 %	59 %
Gehgeschwindigkeit [22]	34 m/min	80 %	89 %
six meter walk [52]	≥ 6 s	50 %	68 %
timed up and go test			
[40]	10 – 40 s	20 – 98 %	10 – 100 %
[44]	≥ 13,5 s	87 %	100 %
	≥ 14,5 s kognitive Zusatzaufgabe	87 % 80 %	93 % 93 %
[9]	≥ 15 manuelle Zusatzaufgabe 20,1 (Einfachstürzer) 24,7 (Mehrfachstürzer)	59 % 77 %	88 % 88 %
performance-oriented mobility assessment	div. Skalen:		
[51]	≤ 11	83 %	72 %
[36]	≤ 36	70 %	52 %
Berg Balance Scale			
[40]	55 – 38 Punkte	25 – 96 %	31 – 100 %
[43]	≤ 49	77 %	86 %
[9]	47 (Einfachstürzer) 38 (Mehrfachstürzer)	88 % 96 %	77 % 96 %
[31]	≤ 45	25 %	87 %
dynamic gait index			
[43]	≤ 19	59 %	64 %
[54]	≤ 18	70 %	51 %

Tab. 1 Sensitivität und Spezifität ausgewählter Tests zur Unterscheidung zwischen Einfach- und Mehrfachstürzern, Einfachstürzer, Mehrfachstürzer, kognitive Zusatzaufgabe, manuelle Zusatzaufgabe.

gen mit selbstständig lebenden Senioren zu Assessment-Instrumenten anderer Autoren. Ausnahme bilden dabei die nach Schädler [42] zitierten Von-bis-Werte, die einen Überblick über die Spannweite verschiedener Zielgruppen zulassen.

Diese Untersuchung greift den fünfmaligen Aufstehetest [21] auf, da er weit verbreitet und vielfach untersucht ist. Die Beinkraft spielt für die Alltagsbewältigung eine große Rolle, steht in Verbindung zur Gangsicherheit [27] und gilt als einer der stärksten Vorhersageparameter für das Sturzrisiko bei Älteren [41]. Der Test eignet sich zur Beurteilung der allgemeinen Kraftfähigkeit der Beine und des Sturzrisikos [4] sowie zur Unterscheidung von Personen mit und ohne Gleichgewichtseinschränkungen [57]. Er lässt sich einfach durchführen und von einem Großteil der Senioren bewältigen. Zusätzlich ist er leicht verständlich, beinhaltet aber durchaus auch minimale kognitive Anforderungen und bearbeitet durch den Alterungsprozess und Inaktivität reduzierte Fähigkeiten wie Kraft, Schnellkraft und Gleichgewicht.

Bei der verbreiteten Beurteilung des Sturzrisikos beim Aufstehetest wird die Zeit gestoppt, die eine Person benötigt, um 5-mal hintereinander aufzustehen. Ab einer Zeit von ≥ 12 Sekunden [54] wird von einem erhöhten Sturzrisiko und einer eingeschränkten Beinkraft, bei > 15 Sekunden von einem deutlich erhöhten Sturzrisiko [5] ausgegangen. Benötigen die Probanden $> 13,6$ Sekunden, handelt es sich um ein erhöhtes Morbiditäts- und Einschränkungsrisiko [23]. Kann ohne Armunterstützung nicht aufgestanden werden, ist das Sturzrisiko generell erhöht. Der Aufstehetest kommt unter anderem in der „Short Physical Performance Battery“ [21] zum Einsatz. Altersabhängige Zeitvorgaben finden sich in unterschiedlichen Quellen [4].

Wird nur die Zeit gestoppt, ist keine quantitative Beurteilung des Bewegungsverlaufs möglich. Durch langsames Aufstehen und unkontrolliertes Setzen lässt sich eine relativ gute Zeit erzielen. Personen, die zwar rasch aufstehen, sich aber aus Vorsicht langsam hinsetzen, werden durch die längere Zeit möglicherweise fälschlicherweise als sturzgefährdet eingeschätzt. Daher ist eine Beurteilung des Bewegungsablaufs mittels eines Beschleunigungsmessers sinnvoll. Doheny et al. [13] empfehlen auf einem Beschleunigungsmesser basierende Werte als gute Unterstützungsmöglichkeit zur Zeitnahme beim fünfmaligen Aufstehetest. Die Erhebung der Muskelkraft bzw. -leistung ist von großer Bedeutung, da verringerte Muskelkraft mit der Gehgeschwindigkeit zusammenhängt und als ein Indikator für erhöhte Mortalität und körperliche Behinderungen gilt [32]. Die Schnellkraft geht dabei mit dem Alter mehr zurück als die Maximalkraft [19, 48]. Durch die geringere Kraftentwicklung pro muskuläre Einheit kommt es zu verringerter Muskelleistung, schnellerer Erschöpfung und einem erhöhten Sturz- und Frakturrisiko. Zusätzlich führen altersbedingte Veränderungen der Muskulatur zu schlechterer Bewältigung von Erkrankungen [40]. Zusammen mit den muskulären Abnahmen und Inaktivität ergeben die neuronalen Veränderungen den durch das Alter bedingten Verlust an Kraft und posturaler Kontrolle [51].

Die Schulung der Schnellkraft durch explosive Krafteinsätze zur Sturzprävention ist besonders wichtig [49, 51]. Neben Gang-, Multitasking- und Gleichgewichtsübungen kann vor allem ein regelmäßiges Krafttraining altersbedingte Veränderungen des Gangbilds positiv beeinflussen [37]. Das Training der Kraft und der Balance verbessert außer der reduzierten Sturzwahrscheinlichkeit auch die Activities of Daily Living (ADL; [11]).

Methode



Bei der durchgeführten Untersuchung kam ein handelsüblicher Beschleunigungsmesser zum Einsatz, den verschiedene Untersuchungen als valides Testinstrument (z. B. Counter Movement Jump, Kniebeugen, Bankdrücken) einstufen [7, 8, 10, 35]. Der Grund für die Festlegung auf das Gerät war seine einfache Verfügbarkeit für Ärzte, Trainer und Therapeuten, ökonomische Aspekte sowie eine die Auswertung der Bewegungsabläufe ermöglichende verfügbare Software. Zusätzlich können für Probanden und Patienten Verlaufskontrollen (z. B. Prä- und Post-Test) dargestellt werden. Dies ist in der Sturzprävention aufgrund verfestigter Wahrnehmungen von Senioren zu sturzbezogenen Risikofaktoren notwendig [6, 59], um ihnen zu zeigen, dass sie auch im Alter noch trainierbar sind.

In dieser Untersuchung wurden selbstständig lebende Senioren ($n = 115$) im Alter von 57 – 92 Jahren dem routinemäßig durchgeführten fünfmaligen Aufstehetest unterzogen. Den Test konnten 108 Personen (90 Frauen, 18 Männer) ausführen. Der Beschleunigungsmesser wurde dabei am Brustbein mit den Händen gehalten, um die Armposition des Tests nicht zu verfälschen.

Die Teilnehmer wurden in Seniorentreffs, betreuten Wohnformen und Tageszentren gefunden. Aus diesem Grund kam es zu einer sehr ungleichen Geschlechterverteilung und großen Altersspanne, da die vor Ort befindlichen Personen teilnehmen konnten. Es wurden bewusst auch Personen unter 65 Jahren eingeschlossen, da der fünfmalige Aufstehetest auch bei dieser Gruppe zur Anwendung kommt und Betroffenen Interesse an Sturzprävention bekundeten. Zusätzlich stürzen 25% der 45 – 65-jährigen Frauen mindestens einmal im Jahr [52].

Die durchweg freiwilligen potenziellen Teilnehmer wurden über die Art des Tests informiert. Unabhängig vom Ergebnis nahmen sie danach bei Interesse an einem 12-teiligen Bewegungsprogramm in Gruppenform zur Sturzprävention teil. Die Probanden wurden hinsichtlich ihrer Sturzbiografie eingehend befragt und Sturzereignisse der letzten 12 Monate (retrospektiv) aus der Erinnerung erhoben. Für das Sturzereignis galt folgende Definition: „Ein Sturz ist ein Ereignis, in dessen Folge eine Person unbeabsichtigt auf dem Boden oder einer tieferen Ebene zu liegen kommt“ [15].

Die getesteten Personen wiesen unterschiedliche Aktivitätslevels und körperliche Verfassungen auf, die in regelmäßige körperliche Aktivität (mindestens 45 Minuten) zusätzlich zur Alltagsbewältigung mehr als 2-mal pro Woche, 1 – 2-mal pro Woche und keine regelmäßige körperliche Aktivität unterteilt wurden. Diese Einteilung wurde aber nicht in die Auswertung mit einbezogen.

Die Probanden waren zum Großteil ohne Ganghilfsmittel gehfähig. Einige waren auf einen Rollator oder einen Einpunktheistock angewiesen. Die Ganghilfsmittel fanden in der Auswertung keine Berücksichtigung. Alle lebten zum Zeitpunkt des Tests in ihrem eigenen Haushalt oder einer betreuten Wohnform und mussten somit den Alltag selbst bewältigen.

Ausgeschlossen wurden Personen mit akuter Schmerzsymptomatik und ohne die Fähigkeit, einmal ohne Armunterstützung aufzustehen. Im Hinblick auf das Ziel einer schnellen Differenzierung zwischen Stürzern und Nichtstürzern erfolgten keine strengeren Ausschlusskriterien, um zu erheben, ob ohne ausführliche Risikobefragung mittels dieser Testerweiterung ausreichend differenziert werden kann.

Vor Beginn des fünfmaligen Aufstehetests wurde der Test einmal erklärt und vorgezeigt. Dann wurden die Probanden gebeten, einmal mit vor der Brust überkreuzten Armen aufzustehen.

Konnten sie dies nicht (7 von 115 = 6,1%), wurden sie aus diesem Grund ausgeschlossen.

Bei der Testausführung mussten die Probanden den Beschleunigungsmesser fest vor der Brust halten. Der Test wurde einmal durchgeführt und bei Missverständnissen, Fehlermessungen (2 von 108) oder Fehlversuch einmal wiederholt. In die Auswertung gelangten Zeit und immer die maximalen Werte von vertikaler Geschwindigkeit, Kraft und Leistung (die beiden letzten Parameter jeweils gesamt und körperrgewichtbezogen) nach Kontrolle der Kurvenverläufe. Zur weiteren Analyse der Bewegungen wurden die Daten ausgelesen und mittels Verlaufskurven dargestellt.

Statistik

Zur Untersuchung der Vorhersagbarkeit eines Sturzrisikos kam eine logistische Regression (multivariat mit schrittweiser Vorwärtsselektion basierend auf der Likelihood-Ratio-Methode) zur Anwendung. Als abhängige Variable diente die Klassifikation als Stürzer, die unabhängigen Variablen ergaben sich aus dem fünfmaligen Aufstehetest: Kraft/Körpergewicht, Leistung/Körpergewicht und vertikale Geschwindigkeit. Zur Bewertung der Diagnostizierbarkeit des Sturzrisikos wurden darüber hinaus durch einzelne Variablen Receiver Operating Characteristic (ROC) Curves analysiert und die resultierenden Flächen unter der Kurve (area under the curve, AUC) mit der Methode von Hanley und McNeil [23] verglichen. Die Fläche unter der Kurve bei einer ROC-Kurve ist ein Maß für die Brauchbarkeit eines Tests (maximaler Wert: 1,0; minimaler Wert: 0,0; je weiter der Wert von 0,5 entfernt ist, desto besser der Test). Für Spezifitäten und Sensitivitäten wurden exakte zweiseitige 95%-Konfidenzintervalle (CI) berechnet.

Für Subgruppenvergleiche erfolgte die Prüfung aller metrischen Variablen auf Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Test mit Lilliefors Signifikanzkorrektur, Alpha = 10%). Normalverteilte Daten wurden mittels t-Test für unabhängige Stichproben (Test auf Varianzhomogenität: Levene-Test, Alpha = 5%), metrische Variablen ohne Normalverteilung mittels exaktem Mann-Whitney-U-Test und dichotome Variablen mittels exaktem Fisher-Test verglichen. Aufgrund fehlender Adjustierung des Alphafehlerniveaus für multiple Tests sind sämtliche Auswertungsergebnisse als rein deskriptiv zu verstehen. Für die Auswertung kam die Software BIAS 10.0 zur Anwendung.

Ergebnisse

Bei der Befragung zur Sturzbiografie in den letzten 12 Monaten erinnerten sich 58 Probanden (53,7%) an kein Sturzereignis und 50 (46,3%) mindestens an 1 Sturzereignis. Aufgrund der Ergebnisse wurden die Personen als Stürzer und Nichtstürzer klassifiziert.

Der Vergleich zwischen Stürzern und Nichtstürzern zeigte bei fast allen untersuchten Variablen markante Unterschiede. Die Stürzer waren im Mittel um 3,62 Jahre älter und um 5,64 kg schwerer als die Nichtstürzer. Dies äußert sich in einer geringeren Gesamtkraft und einer substanziiell geringeren Kraft pro Kilogramm Körpergewicht. Nur beim Geschlecht ergaben sich keine nennenswerten Differenzen in der Ausprägung hinsichtlich der Einteilung der Sturzbiografie (► Tab. 2).

Beim Vergleich der Zeit und der maximalen vertikalen Geschwindigkeit beim Aufstehen fand sich ein erkennbarer Unterschied zwischen Stürzern und Nichtstürzern. Vor allem die Streuung der Zeit zeigt einen großen Korridor, in dem sowohl Stürzer als auch Nichtstürzer vertreten sind (► Abb. 1).

Diagnostische Bewertung der Testvariablen

Der fünfmalige Aufstehetest wurde bezüglich der Variablen Geschwindigkeit (cm/s), Kraft/KG (N/kg), Leistung/KG (W/kg) und Zeit (s) mittels der ROC-Methodik analysiert. Die Geschwindigkeit zeigte beim optimalen Trennwert von 84,6 cm/s die beste Unterscheidbarkeit von Stürzern und Nichtstürzern (Spezifität: 87,9%; 95%-CI: 76,7 – 95,0%; Sensitivität: 88,0%; 95%-CI: 75,7 – 95,5%; Fehlklassifikationsrate: 12,0%; ► Abb. 2). Dieser Wert entspricht etwa dem Median der gesamten Stichprobe (86,05 cm/s; ► Tab. 2). Für die Kraft/KG fand sich ein optimaler Trennwert von 13,2 N/kg (Spezifität: 91,4%; 95%-CI: 81,0 – 97,1%; Sensitivität: 76,0%; 95%-CI: 61,8 – 86,9%; Fehlklassifikationsrate: 16,3%). Der Median der Stichprobe liegt bei 13,95 N/kg.

Die Leistung/KG wies einen optimalen Trennwert von 9,41 W/kg auf (Spezifität: 82,8%; 95%-CI: 70,6 – 91,4%; Sensitivität: 92,0%; 95%-CI: 80,8 – 97,8%; Fehlklassifikationsrate: 12,6%). Der Median der Stichprobe liegt bei 9,33 W/kg.

Für die Zeit errechnete sich bei ihrem optimalen Trennwert von 13,25 s (Median: 12,0 s, Mittelwert: 13,36 s) eine nur mäßige Trennschärfe (Spezifität: 84,5%; 95%-CI: 72,6 – 92,7%; Sensitivität: 64,0%; 95%-CI: 49,2 – 77,1%; Fehlklassifikationsrate: 25,8%; ► Abb. 3). Diese Werte sind zwar leicht größer als in vergleichbaren Untersuchungen ([5, 53, 56]; ► Tab. 1), jedoch deutlich geringer als eine Klassifikation durch die Variable Geschwindigkeit (cm/s).

Die diagnostische Kapazität (AUC) zur Erkennung von Stürzern war bei der Geschwindigkeit substanziiell größer als bei der Zeit ($p < 0,001$). Ebenfalls deutliche Vorteile gegenüber der Zeit ergaben sich für die Leistung/KG ($p = 0,005$). Eine schrittweise vorwärts gerichtete logistische Regression erbrachte exakt dasselbe Ergebnis wie die ROC-Methodik. Das Modell mit der Geschwindigkeit als einziger Variablen erwies sich für eine Identifizierung von Stürzern am besten geeignet (Spezifität: 87,9%; 95%-CI: 76,7 – 95,0%; Sensitivität: 88,0%; 95%-CI: 5,7 – 95,5%; Fehlklassifikationsrate: 12,0%).

Parameter	Stürzer	Nichtstürzer	p-Wert
Alter (Jahre)	81,0 (77,0/85,0)	77,0 (73,0/83,0)	0,004
Geschwindigkeit (cm/s)	66,5 (55,0/78,0)	104,05 (92,0/127,6)	< 0,001
Leistung (W)	488,0 (366,0/614,0)	792,5 (627,0/972,0)	< 0,001
Kraft (N)	897,5 (778,0/1038,0)	1073,5 (870,0/1292,0)	0,001
Gewicht (kg)	74,5 (65,0/80,0)	65,0 (60,0/76,0)	0,023
Zeit (s)	15,0 (12,0/18,0)	11,5 (10,0/12,5)	< 0,001
Kraft/KG (N/kg)	12,65 (11,6/13,1)	15,50 (14,2/18,3)	< 0,001
Leistung/KG (W/kg)	6,84 (5,6/8,72)	11,29 (9,68/14,61)	< 0,001
Geschlecht (m/w)	8/42 (16%/84%)	10/48 (17,2%/82,8%)	> 0,999

Tab. 2 Vergleich zwischen Stürzern und Nichtstürzern (Angaben in Medianen [Quartilen] sowie absoluten und relativen Häufigkeiten).

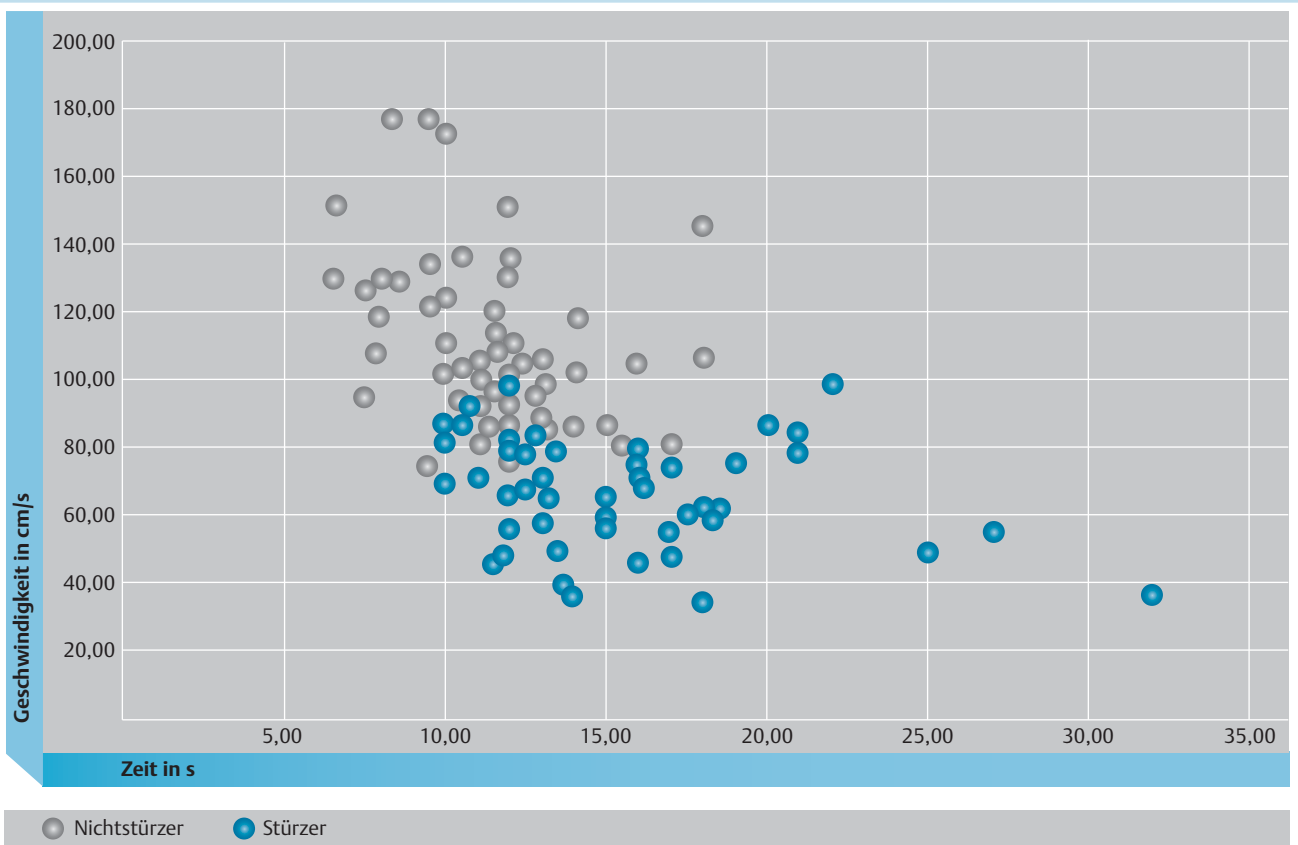


Abb. 1 Zeit- bzw. Geschwindigkeit der Stürzer und Nichtstürzer.

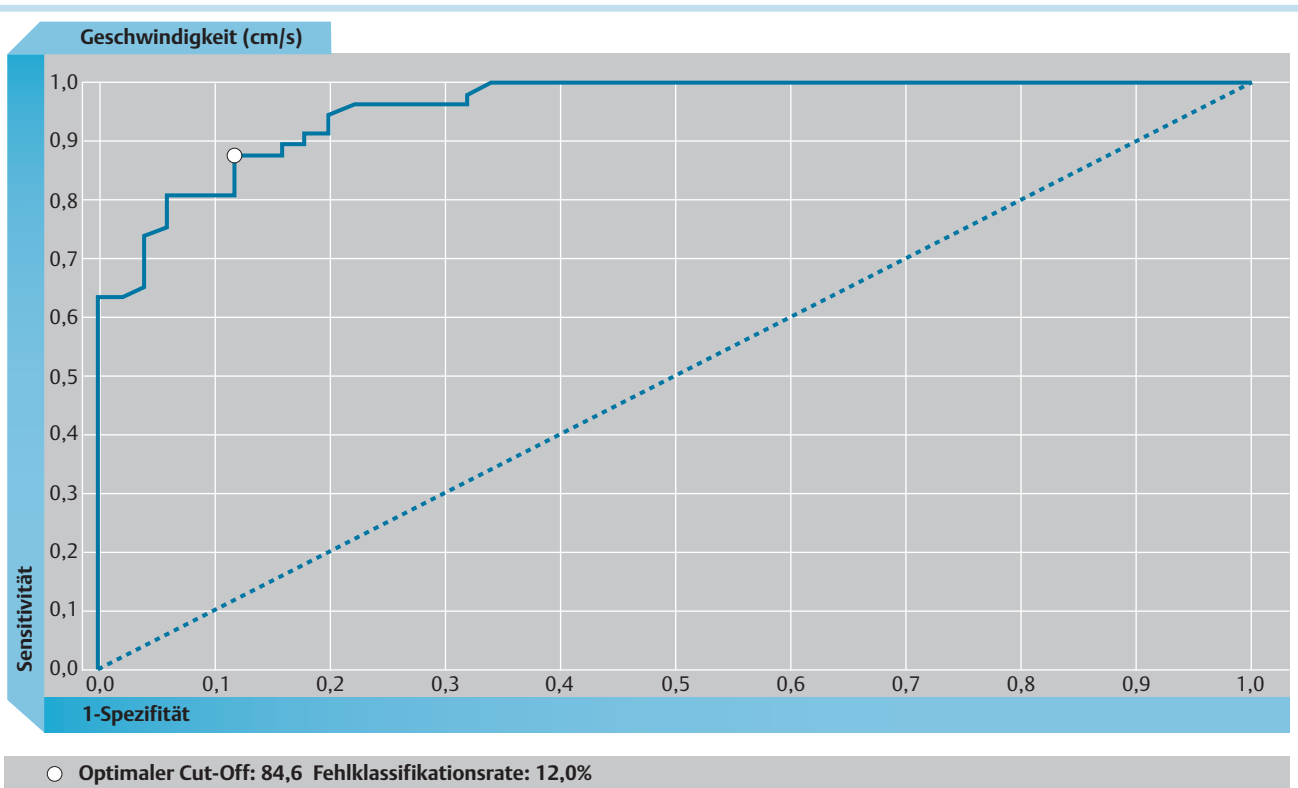


Abb. 2 Receiver-Operating-Characteristic-Kurve (ROC) für die Geschwindigkeit als Diagnosekriterium bei Stürzern versus Nichtstürzern.

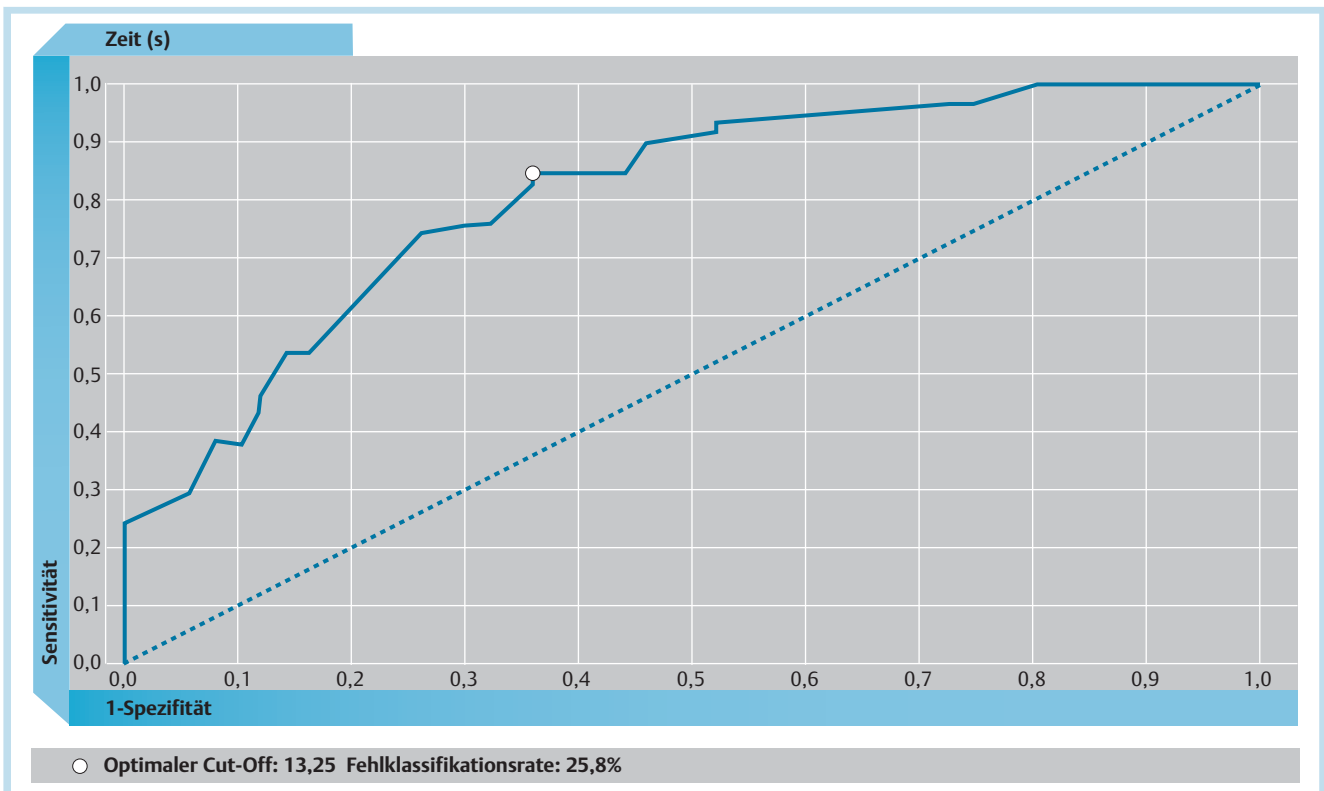


Abb. 3 Receiver-Operating-Characteristic-Kurve (ROC) für die Zeit als Diagnosekriterium bei Stürzern versus Nichtstürzern.

Bewegungsphase	Definition
Phase 1	initiale Phase startet mit Beginn der Bewegung (Flexion-Momentum-Phase) und endet mit dem Heben des Gesäßes
Phase 2	„Momentum-Transfer-Phase“ beginnt mit Heben des Gesäßes und endet bei maximaler Dorsalflexion des Sprunggelenks
Phase 3	„Extension-Phase“ beginnt bei maximaler Dorsalflexion des Sprunggelenks und endet mit Hüftstreckung einschließlich Beinstreckung und Rumpfaufrichtung
Phase 4	„Stabilisation-Phase“ beginnt nach der Hüftstreckung und endet, wenn alle mit Stabilisierung assoziierten Bewegungen abgeschlossen sind

Tab. 3 Bewegungsphasen „Sit-to-Stand-Movement“ nach Schenkman et al. [42].

Bewegungsphase	Definition
Phase 1: „Ausgangsphase“	ruhiger Sitz
Phase 2: „Flexionsphase I“	Hüfte wird gebeugt, der Oberkörper nach vorne gebracht und das Gewicht auf die Beine übernommen
Phase 3: „Extensionsphase I“	Streckungsphase, Beschleunigung und Erzielen der höchsten Geschwindigkeit
Phase 4: „Stabilisierungsphase“	Bremsphase und Stabilisierung in den Stand
Phase 5: „Flexionsphase II“	Beugen von Hüften und Knien und Absenken des Körperschwerpunkts
Phase 6: „Extensionsphase II“	Berührung der Sitzfläche und Aufrichten des Oberkörpers

Tab. 4 Geschwindigkeitsbezogene Phaseneinteilung des Aufstehens und Setzens.

Phaseneinteilung des Aufstehens vom Stuhl

Die weiterführende Begutachtung der Kraftverlaufs- und Geschwindigkeitskurven ergab deutliche Unterschiede in der Dauer des Aufstehens und Setzens (Abb. 4). Die begleitenden Videoanalysen der gemessenen Tests und Zuordnung (Abb. 5) der erhobenen Parameter zur einzelnen Bewegungsphasen zeigt 6 unterschiedliche, anhand der Geschwindigkeitsmessung erhobene Bewegungsphasen. Nach Schenkman et al. [41] lassen sich funktionell 4 Phasen unterscheiden (Tab. 3).

Anhand der Verlaufskurven wird geschwindigkeitsbezogen (Tab. 4) folgende Unterteilung definiert:

- ▶ Phase 1: Ausgangsphase bzw. ruhiger Sitz ($v = 0 \text{ cm/s}$).
- ▶ Phase 2: Der Oberkörper wird nach vorne gebeugt, die Hüften flektiert und somit das Brustbein leicht gesenkt. Dies zeigt sich durch eine minimal negative Geschwindigkeit in der Vertikalen.
- ▶ Phase 3: Diese Beschleunigungsphase erzielt die höchste Geschwindigkeit ($v = \text{max.}$).
- ▶ Phase 4: Die Geschwindigkeit sinkt auf 0 cm/s und leicht darunter, da der Körper durch die vorhergehende hohe Geschwindigkeit etwas höher als die ruhige Standposition bewegt wird.

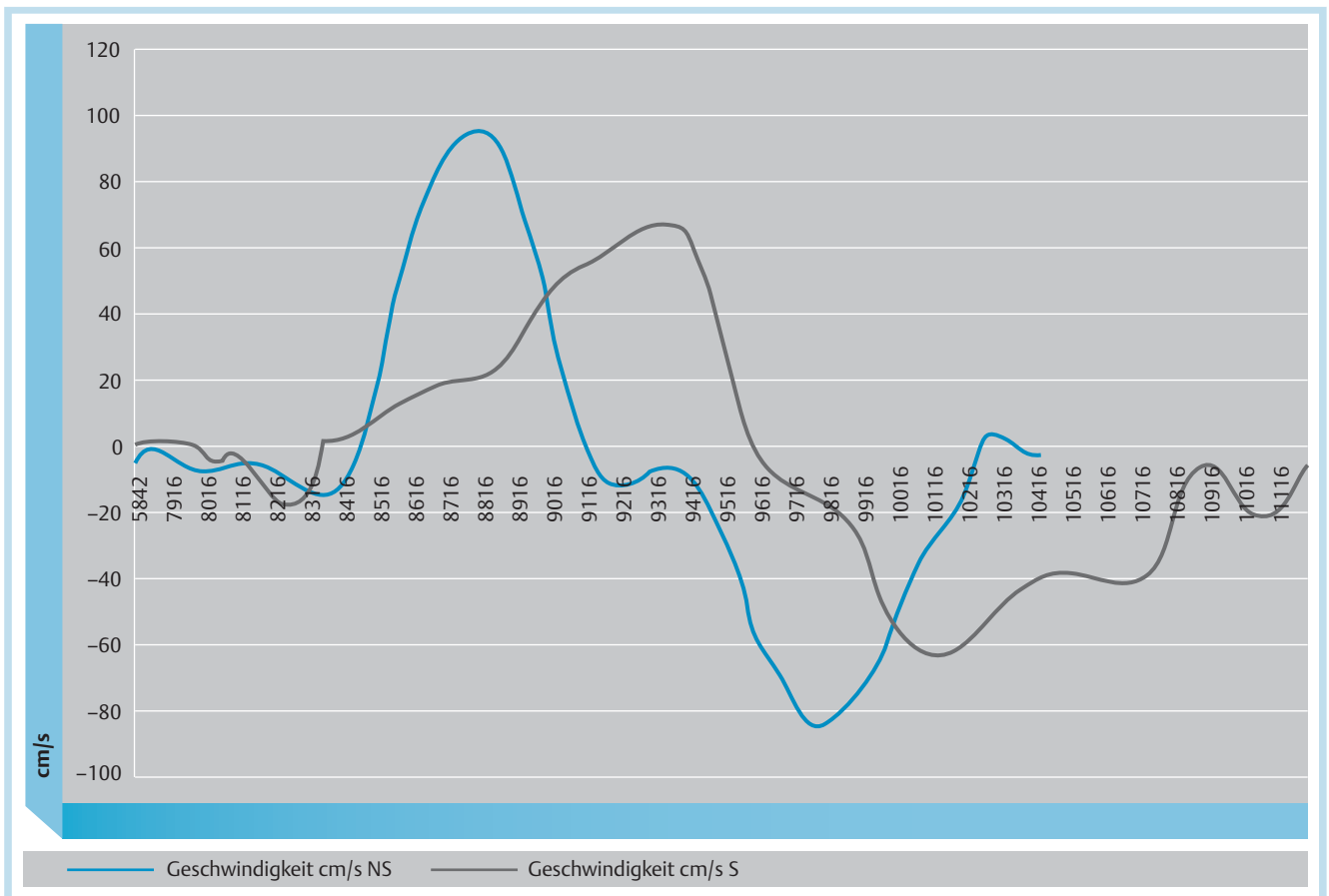


Abb. 4 Vergleich Stürzer (S) und Nichtstürzer (NS) anhand der Geschwindigkeit (cm/s).

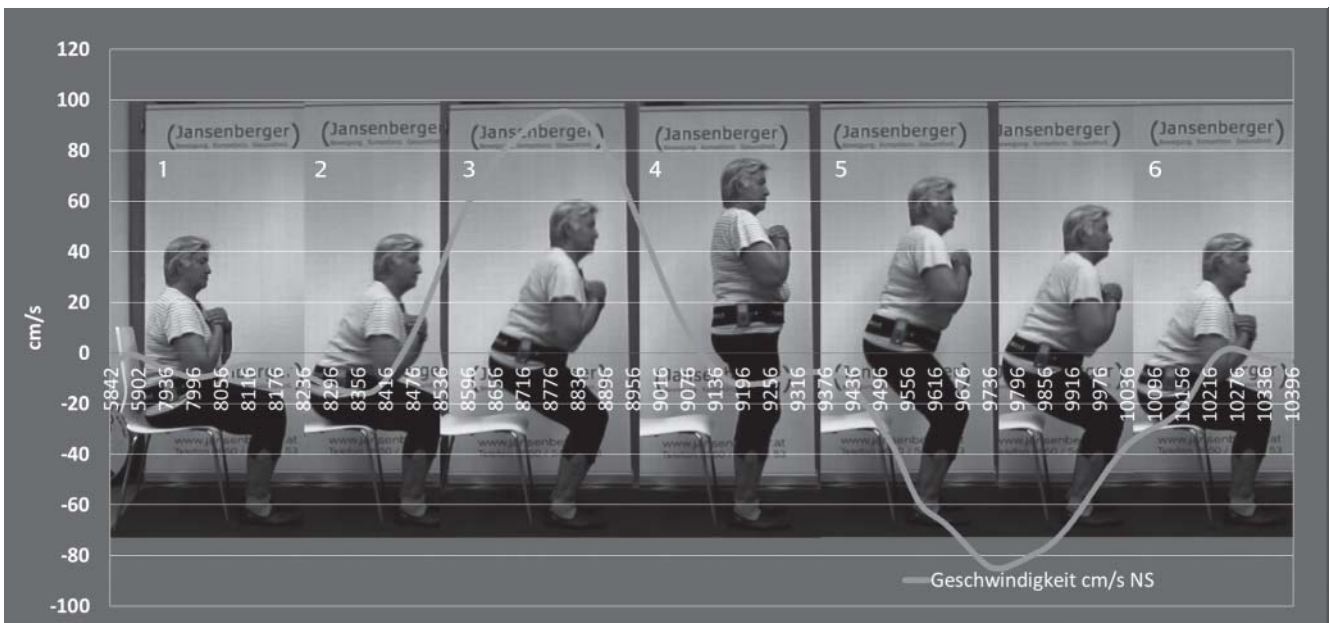


Abb. 5 Vollständige Bewegung des Aufstehens und Wiederhinsetzens bei einer nicht gestürzten Person (NS) mit Geschwindigkeitsverlauf.

- ▶ Phase 5: Das Hinsetzen ist von negativer Geschwindigkeit geprägt.
- ▶ Phase 6: Das Hinsetzen endet in der vermehrten Hüftbeugung, die wieder in den ruhigen Sitz (Phase 1) übergeht.

Vergleichbare Untersuchungen zum Aufstehen mittels Beschleunigungsmesser beschreiben dieselbe Phaseneinteilung [29]. In **Abb. 6** zeigt der Ablauf des fünfmaligen Aufstehetests bei einem Nichtstürzer, dass der Kraftstoß sein Maximum vor der ma-

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.

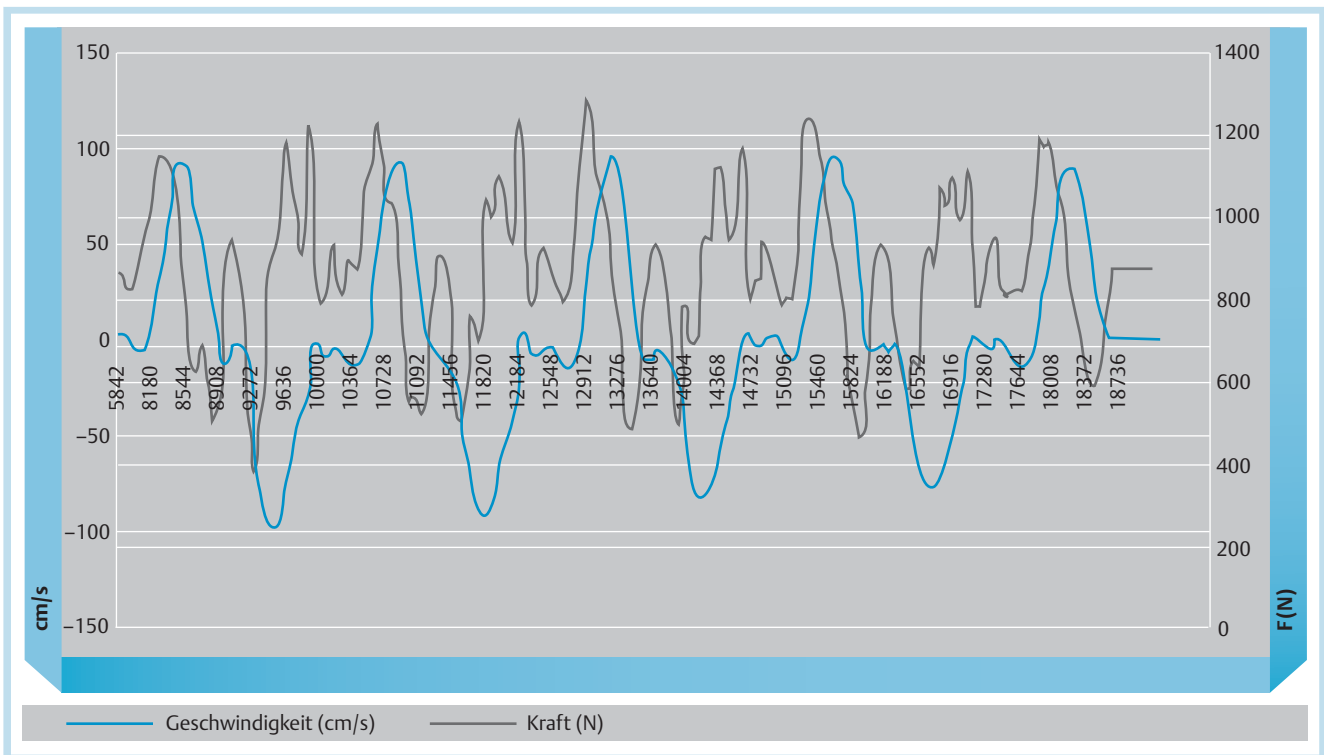


Abb. 6 Kraftstoß (N) und Geschwindigkeit (cm/s) bei einer nicht gestürzten Person.

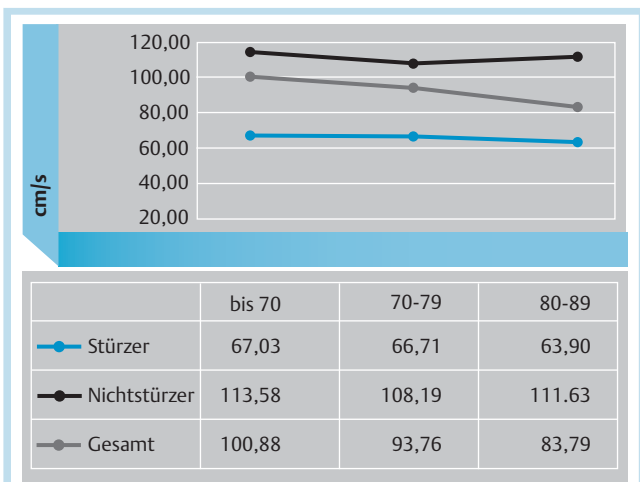


Abb. 7 Geschwindigkeit in unterschiedlichen Altersklassen (Mittelwerte).

ximalen Geschwindigkeit erzielt. Die durch den Kraftstoß beschleunigte Masse erreicht kurz nach dem maximalen Kraftstoß und abhängig von der Dauer des Kraftstoßes die maximale Geschwindigkeit.

Diskussion

Unterschiede bei der Testaufgabe zwischen Stürzern und Nichtstürzern werden anhand verschiedener Darstellungen deutlich. Beim direkten Vergleich zwischen Aufstehen und Hinsetzen zweier Probanden tritt bei ähnlich dauernder Vorwärtsbewegung des Oberkörpers eine deutlich reduzierte und viel später er-

reichte vertikale Maximalgeschwindigkeit auf (Abb. 4). Zusätzlich dauert auch das Hinsetzen länger. Bei einigen Stürzern ist dies jedoch nicht zu beobachten. Bei der Zeitmessung kompensiert abruptes Hinsetzen etwas das langsame Aufstehen. Diese Strategie zeigt sich nur durch die Messung der Geschwindigkeit. Bei der Einteilung in Altersgruppen, die für Vergleichszwecke analog zu von Bohannon [4] getroffen wurde, ergab sich für die maximale Geschwindigkeit ein altersbedingter Rückgang (Tab. 5). Zwar vermindern sich die durchschnittlichen Leistungen der Altersgruppen, dies ist allerdings auf den sich erhöhenden Anteil der gestürzten Personen zurückzuführen. Besonders deutlich wird dies bei der Geschwindigkeit. Bedingt durch das routinemäßig betreute und somit verfügbare Personenkollektiv ist die Subgruppe der unter 70-Jährigen zu klein, um daraus Aussagen abzuleiten. Der Vollständigkeit halber wurde sie jedoch in die tabellarischen und grafischen Darstellungen mit einbezogen. Bei relativ konstanten Werten der Stürzer und Nichtstürzer bei der maximalen vertikalen Geschwindigkeit sinkt der Durchschnitt der gesamten Stichprobe durch den höheren Anteil der Stürzer (Abb. 7). Die Mittelwerte nach Altersgruppen im Hinblick auf die gemessene Zeit entsprechen denen von Bohannon ([4]; Abb. 8). Die Durchschnittszeit der gesamten Stichprobe nimmt ebenso wie die der Nichtstürzer sukzessive zu, während die der Stürzer konstant bzw. leicht rückläufig ist. Die Verbindung des fünfmaligen Aufstehetests mit einem Beschleunigungsmesser bestätigt die Ergebnisse von Doheny et al. [14]. Die Autoren stellten bei ähnlicher Herangehensweise mit geringerer Stichprobe (n=39; 19 Stürzer) ebenfalls fest, dass durch Beschleunigungsmesser klassifizierte Werte eine bessere Aussagekraft (Spezifität: 80%; Sensitivität: 68,7%) hinsichtlich des Sturzrisikos haben als die gemessene Zeit [14].

Altersgruppe	Gruppengröße	Stürzer/Nichtstürzer	Alter Stürzer/Nichtstürzer (Mittelwert)
bis 70 Jahre	11	3/8	66/63 Jahre
70 – 79 Jahre	46	16/30	75,2/75,4 Jahre
80 – 89 Jahre	48	28/20	83,8/83,8 Jahre
über 90 (nicht in Abbildung)	3	3/0	91/– Jahre

Tab. 5 Altersbezogene Werte und Stichprobengrößen.

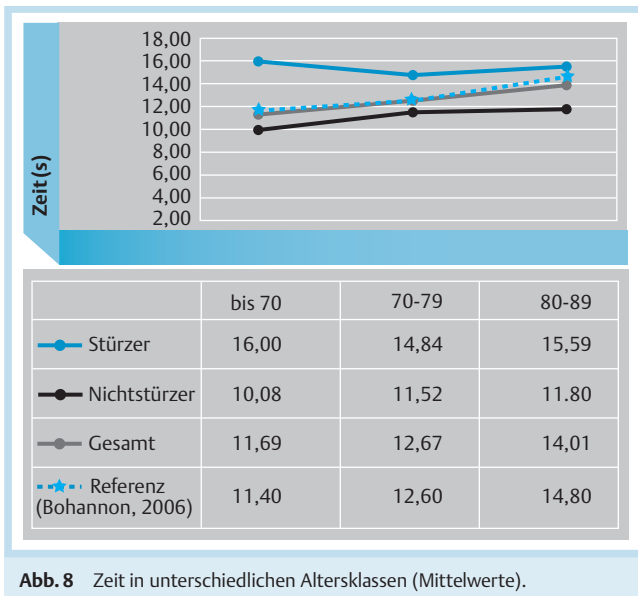


Abb. 8 Zeit in unterschiedlichen Altersklassen (Mittelwerte).

Schlussfolgerungen

Grundsätzlich ist die Notwendigkeit eines Tests zur Sturzprävention kritisch zu hinterfragen, da der Risikofaktor „positive Sturzbiografie“ [32] an sich schon auf eine Sturzgefährdung hinweist. Zusätzlich gelten z.B. Lebensalter (> 80 Jahre) und Geschlecht (weiblich) als unabhängiger Risikofaktor [1]. Soll bei Personen eine Maßnahme zur Sturzprävention durchgeführt werden, ist eine reine Befragung nicht ausreichend präzise für die Planung eines entsprechenden Bewegungsprogramms. Hierbei helfen motorische Tests, die die unterschiedlichen Aspekte Gleichgewicht, Kraft und Selbsteinschätzung abdecken sollten [26], um der Forderung nach individualisiertem Training gerecht zu werden.

Sturzpräventionstests sollten möglichst fein differenzierbar sein, damit sich Trainingsfortschritte darstellen lassen. Die zusätzliche Verwendung eines Beschleunigungsmessers beim fünfmaligen Aufstehtest gewährleistet dies ebenso wie die Beurteilung der Bewegungsqualität einer alltagsrelevanten Aufgabe. Da prinzipiell jeder ältere Mensch potenziell sturzgefährdet ist, sollten die motorischen Tests nur zur Trainingsplanung und -gestaltung, nicht aber als reines Ein- oder Ausschlusskriterium dienen.

Die vorliegende Untersuchung des fünfmaligen Aufstehtests mit zusätzlichem Beschleunigungsmesser konnte aufzeigen, dass sich die Geschwindigkeit des Aufstehens (maximale vertikale Geschwindigkeit) sehr gut eignet, um bei selbstständig lebenden Senioren zwischen Stürzern und Nichtstürzern zu unterscheiden. Die errechnete Geschwindigkeit erzielte bei einem Trennwert von 84,6 cm/s eine hohe Sensitivität und Spezifität. Aus diesem Grund ergeht die Empfehlung, den Test mit zusätzlichem Beschleunigungsmesser durchzuführen. Die Messung

der vertikalen Geschwindigkeit beim Aufstehen kann durch die hohe Genauigkeit (vergleichbar dem Four Square Step Test bzw. überlegenen anderen Sturzpräventionstests; Tab. 1) als sehr gute Unterscheidungs- bzw. Klassifizierungsmöglichkeit der Sturzgefährdung dienen, woran sich entsprechende Maßnahmen zur Sturzprävention ableiten lassen.

Quintessenz

Die Untersuchung liefert erstmals Normwerte zur Unterscheidung von sturzgefährdeten und nicht sturzgefährdeten Senioren anhand einfach zu erhebender Parameter durch zusätzliche Beschleunigungsmessung beim fünfmaligen Aufstehtest. Dabei lassen sich hohe Sensitivitäts- und Spezifitätswerte für die vertikale Geschwindigkeit beim Aufstehen erzielen. Das Erfassen von Leistung und Kraft liefert genauere Ergebnisse als die bisherige Messung der Zeit. Zukünftige Untersuchungen sollten diese Werte durch größere Stichproben verifizieren und auf andere Zielgruppen (z.B. Personen mit chronischen Erkrankungen) erweitern.

Literatur

- 1 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
- 2 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
- 3 Bohannon RW. Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20–79 years: reference values and determinants. *Age and Ageing* 1997; 26: 15–19
- 4 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
- 5 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
- 6 Calhoun R, Meischke H, Hammerback K et al. Older Adults Perception of Clinical Fall Prevention Programs: A Qualitative Study; 2011, www.hindawi.com/journals/jar/2011/867341 (29.10.2013)
- 7 Casartelli N, Müller R, Maffioletti NA. Validity and reliability of the Myotest accelerometric system for the assessment of vertical jump height. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2010; 24: 3186–3193
- 8 Castagna C, Ganzetti M, Ditroilo M et al. Concurrent validity of vertical jump performance assessment systems. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2013; 27: 761–768
- 9 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
- 10 Comstock BA, Solomon-Hill G, Flanagan SD et al. Validity of the Myotest in measuring force and power production in the squat and bench press. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2011; 25: 2293–2297

- 11 *Daniels R, van Rossum E, de Witte L et al.* Interventions to prevent disability in frail community-dwelling elderly: a systematic review. *BMC Health Services Research* 2008; 8: 278–285
- 12 *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
- 13 *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; 2011: 3063–3066
- 14 *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
- 15 DNQP. (Hrsg) Expertenstandard Sturzprophylaxe in der Pflege, Entwicklung-Konsentierung-Implementierung. Osnabrück: Fachhochschule Osnabrück; 2006
- 16 *Duncan PW, Weiner DK, Chanler J et al.* Functional reach: A new clinical measure of balance. *Journal of Gerontology* 1990; 45: 192–197
- 17 *Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ et al.* Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev* 2012, CD007146
- 18 *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
- 19 *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
- 20 *Gulich M, Zeitler H-P.* Der Geh- und Zähl-Test. Ein einfacher Test zur Abschätzung des Sturzrisikos. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 2000; 125: 245–248
- 21 *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
- 22 *Guralnik JM, Ferrucci L, Pieper CF et al.* Lower extremity function and subsequent disability: consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 2000; 55: M221–M231
- 23 *Hanley JA, McNeil BJ.* The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology* 1982; 143: 29–36
- 24 *Harada N, Chiu V, Damron-Rodriguez J et al.* Screening for balance and mobility impairment in elderly individuals living in residential care facilities. *Physical Therapy* 1995; 75: 462–469
- 25 *Hollman JH, Youdas JW, Lanzino DJ.* Gender Differences in Dual Task Gait Performance in Older Adults. *American Journal of Men's Health* 2011; 5: 11–17
- 26 *Jansenberger H.* Sturzprävention in Therapie und Training. Stuttgart: Thieme; 2011
- 27 *Janssen WGM, Bussmann HBJ, Stam J.* Determinants of the Sit-to-Stand Movement: A Review. *Physical Therapy* 2002; 82: 866–879
- 28 *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
- 29 *Van Lummel RC, Ainsworth E, Lindemann U et al.* Automated approach for quantifying the repeated sit-to-stand using body fixed sensor in young and older adults. *Gait and Posture* 2013; 38: 153–156
- 30 *Lundin-Olsson L, Nyberg L, Gustafson Y.* Stops walking when talking as a predictor of falls in elderly people. *Lancet* 1997; 349: 617
- 31 *Medell J, Alexander N.* A clinical measure of maximal and rapid stepping in older women. *Journal of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 2000; 55: 429–433
- 32 *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
- 33 *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: 460–461
- 34 *Nevitt MC, Cummings SR, Hudes ES.* Risk factors for injurious falls: a prospective study. *Journal of Gerontology* 1991; 46: M164–M170
- 35 *Nuzzo JL, Anning JH, Scharfenberg JM.* The reliability of three devices used for measuring vertical jump height. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2011; 25: 2580–2590
- 36 *O'Sullivan M, Blake M, Cunningham C et al.* Correlation of accelerometry with clinical balance tests in older fallers and non-fallers. *Age and Ageing* 2009; 38: 308–313
- 37 *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
- 38 *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
- 39 *Regterschot GR, Folkersma M, Zhang W et al.* Sensitivity of sensor-based sit-to-stand peak power to the effects of training leg strength, leg power and balance in older adults. *Gait and Posture* 2014; 39: 303–307
- 40 *Roubenoff R.* Sarcopenia: effects on body composition and function. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 2003; 58: 1012–1017
- 41 *Rubenstein LZ, Josephson KR.* The epidemiology of falls and syncope. *Clinics in Geriatric Medicine* 2002; 18: 141–158
- 42 *Schädler S, Kool J, Lüthi H et al.* Assessments in der Rehabilitation. Band 1: Neurologie. Bern: Huber; 2012
- 43 *Schenkman ML, Berger RA, Riley PO et al.* Whole-body movements during rising to standing from sitting. *Physical Therapy* 1990; 70: 638–648 discussion: 648–651
- 44 *Shumway-Cook A, Wollacott M.* Motor Control: Theory and Practical Applications. Baltimore: Williams & Wilkins; 1995
- 45 *Shumway-Cook A, Baldwin M, Polissar NL et al.* Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults. *Physical Therapy* 1997; 77: 812
- 46 *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
- 47 *Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M.* Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the timed up and go test and gait speeds. *Physical Therapy* 2002; 82: 128–137
- 48 *Skelton DA, Greig CA, Davies JM et al.* Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65–89 years. *Age and Ageing* 1994; 23: 371–377
- 49 *Skelton DA, Kennedy J, Rutherford OM.* Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65. *Age and Ageing* 2002; 31: 119–125
- 50 *Strass D, Granacher U.* Auswirkungen von sensomotorischem Training im Alter auf die Maximal- und Explosivkraft. *Zeitschrift für Sportmedizin* 2000; 58: 446–451
- 51 *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
- 52 *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
- 53 *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
- 54 *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 and Ageing* 2008; 37: 430–435
- 55 *Tinetti ME.* Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *Journal of the American Geriatrics Society* 1986; 34: 119–126
- 56 *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
- 57 *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
- 58 *Whitney SL, Marchetti GF, Morris LO et al.* The reliability and validity of the four square step test for people with balance deficits secondary to a vestibular disorder. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2007; 88: 99–104
- 59 *Zhang LL, Dalal K, Yin MM et al.* The KAP Evaluation of Intervention on Fall-Induced Injuries among Elders in a Safe Community in Shanghai. *China PLoS ONE.* 2012; 7: e32848