

K. Pfeifer, M. Ruhleder, K. Brettmann, W. Banzer

Effekte eines koordinationsbetonten Bewegungsprogramms zur Aufrechterhaltung der Alltagsmotorik im Alter

Effects of a coordination-focused physical activity programme on the maintenance of motor abilities of the elderly

Abteilung Sportmedizin, Institut für Sportwissenschaften, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/Main

Zusammenfassung

Problemstellung: Gegenstand der Untersuchung war die Erprobung eines vierwöchigen Interventionskonzepts sowie eines alltagsbezogenen objektiven Testverfahrens zur Beurteilung der Aufgabe „Straßenüberquerung“ (Frankfurt Street Crossing Test - FSCT). **Methoden:** Die Stichprobe bestand aus 33 (64 - 92 Jahre, 77.7 ± 7.6 Jahre, $w = 29$, $m = 4$) Bewohnern einer Seniorenwohnanlage der Stadt Frankfurt am Main. Die Versuchsgruppe (VG, $n = 16$) absolvierte ein vierwöchiges koordinationsbetontes Bewegungsprogramm (3x Woche, je 60min), die Kontrollgruppe (KG, $n = 17$) setzte ihre normalen Alltagsaktivitäten fort. Im Prä-Post-Testverfahren wurden Körpergleichgewicht (Körperschwankung, Berg Balance Scale (BBS)), maximale Ganggeschwindigkeit (v_{max}), Reaktionszeit und Überquerungszeit erfasst. Eine Reliabilitätsüberprüfung (Test-Retest-Korrelation, 24 Std.) des FSCT wurde ebenfalls durchgeführt. **Ergebnisse:** Eine zweifaktorielle ANOVA ergab in der Versuchsgruppe signifikante Verbesserungen für die BBS (VG: 50,73 vs. KG 45,74). Weiterhin kam es zu signifikanten Veränderungen der Reaktionszeit im FSCT mit einer Verbesserung in der VG (- 72 ms) und einer Verschlechterung in der KG (+ 82 ms). Ein weiterer Interaktionseffekt ergab sich durch die Verschlechterung der KG bei einem Parameter der Körperschwankungsmessung (- 43 mm Weg anterior/posterior). Weiterhin ergaben sich Haupteffekte auf dem Faktor Zeit für die v_{max} (+ 0,08 m/s, $p < 0,01$). Die Reliabilitätsüberprüfung des FSCT ergab für die „Überquerungszeit“ und die Reaktionszeit Reliabilitätskoeffizienten von $r = 0,83$ bzw. $r = 0,73$ ($p < 0,001$). **Diskussion:** Die Ergebnisse der Untersuchung sind nicht eindeutig. Gleichwohl deutet die Verbesserung des funktionellen Gleichgewichts (BBS) auf die Anwendbarkeit des Interventionskonzepts zur Verbesserung funktionell relevanter Parameter alter Menschen hin. Der FSCT erscheint als funktionelles Testverfahren zur Beurteilung des Bewegungsverhaltens alter Menschen geeignet.

Schlüsselwörter: Senioren, körperliche Aktivität, Gleichgewicht, Ganggeschwindigkeit, Bewegungsverhalten

Einleitung und Problemstellung

Untersuchungen zur demographischen Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland und Europa zeigen, dass der Anteil der über 50-jährigen an der Gesamtbevölkerung immer größer wird. Aufgrund der steigenden Lebenserwartung

Summary

Objective: The objective of this study was to evaluate the effects of a 4-week exercise programme for elderly and to evaluate a functional test (Frankfurt Street Crossing Test - FSCT) for the assessment of the motor-task „street crossing“. The study was performed to establish an appropriate exercise programme for the maintenance of motor abilities of the elderly. **Methods:** 33 subjects (64 - 92 years, 77.7 ± 7.6 years, $f = 29$, $m = 4$) participated in the study. All subjects were recruited from a community dwelling in Frankfurt/Main. The exercise group (EG, $n = 16$) participated in a coordination-focused standardized exercise programme on three days/week (1h/day) for a period of 4 weeks. The control group (CG, $n = 17$) continued their regular daily activities. Postural sway, Berg-Balance-Scale (BBS), maximum gait speed (v_{max}), reaction time (treak) and crossing time (t_{cross}) were assessed in both groups before and after the training period. The test-retest reliability of the FSCT was also determined. **Results:** A 2-factor ANOVA revealed a significant improvement of the EG for BBS (EG: 50.73 vs. CG: 45.74) as well as significant changes of treak with improvements in EG (-72 ms) and deterioration in CG (+ 82 ms). One parameter of postural sway measurements decreased in EG (-43 mm distance anterior/posterior). Further, main effects on the factor time for v_{max} (+ 0.08 m/s) were revealed. The test-retest investigation of the FSCT showed reliability coefficients of $r = .83$ and $r = .73$. ($p < .001$) respectively. **Discussion:** The results of the study are not clear. Nevertheless the results show that the chosen structure and components of the physical activity programme seem to be adequate for improving functional balance (BBS). Also, the FSCT seems to be applicable as a functional test for the assessment of motor functions in the elderly.

Keywords: elderly, physical activity, balance, gait speed, motor abilities

verändern sich Lebensbedingungen und Lebensstil alter Menschen (7). Die möglichst lange Aufrechterhaltung der selbständigen Lebensführung und damit der Lebensqualität alter Menschen werden von der Fähigkeit zur Durchführung der Aktivitäten des täglichen Lebens bestimmt (6). Dafür sind das Körpergleichgewicht und der Gang, bzw. die Gangsi-

cherheit und Ganggeschwindigkeit von besonderer Relevanz, sie bilden eine Grundlage für Mobilität und Sicherheit im Alltag (1, 6, 15, 17, 26, 28). Beeinträchtigungen in den Bereichen Körpergleichgewicht und Gang können besonders bei alten Menschen häufig zu Stürzen führen und fördern die Angst vor einem Sturz (11, 29). Die erhöhte Verletzungsdisposition und gesteigerte Inaktivität können zum Verlust der Unabhängigkeit führen und somit eine negative Beeinflussung der Lebensqualität bedingen. Um die alters- und inaktivitätsbedingte Verschlechterung von Körpergleichgewicht und Gang zu verzögern und zu kompensieren, sind in den letzten Jahren verschiedene Interventionen vorgestellt worden (2, 3, 10, 13, 15). Es konnte gezeigt werden, dass sich auch bei Menschen im höheren Alter durch regelmäßige körperliche Aktivität Verbesserungen erzielen lassen (11, 14, 17, 21, 22, 32), wobei die meisten Untersuchungen Interventionen auf der konditionellen Ebene (Kraft, Ausdauer) betonen und kaum Untersuchungen zur gezielten Beeinflussung koordinativer Aspekte existieren (25).

Die vorliegende Arbeit diente daher der Evaluation eines Interventionskonzepts mit dem Schwerpunkt auf Aspekten der Koordination, z.B. der Bewältigung von Bewegungsaufgaben mit Mehrfachanforderungen, Bewältigung von Hindernissen oder Balanceaufgaben. Ziel dieser Studie war die Erhebung einer Datengrundlage für die Etablierung eines geeigneten Bewegungsprogramms zur Verbesserung der Alltagsmotorik alter Menschen im Raum Frankfurt. Neben der Überprüfung des Konzepts wurde im Rahmen der Studie ein neuer komplexer Funktionstest evaluiert, bei dem die Alltagsaufgabe „Straßenüberquerung an einer Ampel“ als Testsituation gewählt wurde. Dieser so genannte Frankfurt Street Crossing Test (FSCT) und das verwendete Verfahren zur Ganggeschwindigkeitsmessung wurden im Hinblick auf die Test-Retest-Reliabilität überprüft.

Material und Methoden

Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 33 Bewohner einer Seniorenwohnanlage der Stadt Frankfurt am Main ($77,5 \pm 7,7$ Jahre, 64-92 Jahre, $w = 29$, $m = 4$) teil. Die Teilnehmer konnten die Alltagsaktivitäten selbständig durchführen und übten keine regelmäßigen sportlichen Aktivitäten aus. Aufgrund der altersgemäß zu erwartenden Vorerkrankungen der Teilnehmer wurden die betreuenden Hausärzte über die Ziele, Inhalt und Belastungscharakteristika des Bewegungsprogramms informiert und um Ausstellung einer Einverständniserklärung gebeten. Als Kontraindikationen für die Teilnahme galten das Fehlen der Einverständniserklärung des Arztes, aktuelle Schmerzzustände sowie problematische Herz-Kreislaufkrankungen innerhalb der letzten 2 Jahre (Angina Pectoris-Symptomatik, Herzinfarkt, Schlaganfall). Entsprechend dieser Kriterien konnten sieben Personen nicht an der Untersuchung teilnehmen. Um die Vergleichbarkeit der beiden Gruppen zu gewährleisten, wurde die Aufteilung der Probanden in Versuchs- und Kontrollgruppe in Abhängigkeit vom Alter als Kontrollvariable parallelisiert. Die Versuchs-

gruppe ($n = 16$; 15 Frauen, ein Mann, $77,9 \pm 7,6$ Jahre, 64 - 90 Jahre) nahm an einem vierwöchigen Bewegungsprogramm teil. Die Kontrollgruppe bestand aus 17 Probanden (14 Frauen; drei Männer) mit einem durchschnittlichen Alter von $77,5 \pm 7,7$ Jahre (64 - 92 Jahre). Die Probanden der Kontrollgruppe absolvierten kein Bewegungsprogramm und wurden angehalten, während des vierwöchigen Studienzeitraums ihren gewohnten Tätigkeiten nachzugehen. Die Probanden der Kontrollgruppe erhielten im Sinne einer Wartegruppe die Möglichkeit, an einem anschließenden inhaltsgleichen Bewegungsprogramm teilzunehmen.

Bewegungsprogramm

Mit dem Ziel, eine Datenbasis für die Etablierung eines langfristigen Bewegungsangebots zu erheben, wurde das Programm über einen Zeitraum von vier Wochen drei mal wöchentlich à 60 Minuten in Kleingruppen (5-6 Teilnehmer) durchgeführt.

Zu Beginn jeder Übungseinheit erfolgte jeweils eine ca. zehnmütige Phase zur Einstimmung und Aufwärmung. Diese beinhaltet z.B. niedrigintensive Gehformen, mobilisierende Übungen der großen Gelenke und kleine Spiele. Der Schwerpunkt der nachfolgenden ca. 40-minütigen Hauptphase lag auf der Schulung koordinativer Fähigkeiten und Fertigkeiten bei Bewegungsaufgaben mit Mehrfachanforderungen und der Gleichgewichtsschulung (31). Dazu gehörten statische und dynamische Gleichgewichtsübungen auf stabilen und instabilen Ebenen, Übungen zur Schulung der Auge-Hand- und Auge-Fuß-Koordination mit Geräten (Ball, Stab, Tücher etc.), Übungen unter Zeit- und Präzisionsdruck (Reaktionsübungen, Zielaufgaben) sowie komplexe Anforderungen beim Bewältigen von Hindernissen (Stufen unterschiedlicher Höhe, verschiedene Untergründe, erschwerte Sichtbedingungen, Balancieraufgaben usw.). Die Inhalte der Kursstunden waren progressiv gestaltet, d.h. mit dem Verlauf der Intervention wurde der Anforderungscharakter gesteigert. Flankiert wurde das Programm mit moderaten Übungen zur Verbesserung von Kraftausdauer und Beweglichkeit der oberen und unteren Extremitäten. Abschließend folgte eine ca. fünf- bis zehnmütige Entspannungsphase (z. B. progressive Muskelrelaxation, autogenes Training).

Messaufbau

Im Prä-Post-Testverfahren wurden das Körpergleichgewicht, die maximale Ganggeschwindigkeit, die Reaktionszeit und das Vermögen zur Bewältigung einer komplexen Aufgabe (FSCT) in randomisierter Folge gemessen. Vor Beginn jeder Messung wurden die Probanden verbal mit dem jeweiligen Testaufbau und der Testdurchführung vertraut gemacht. Jeder Test wurde ohne vorherigen Probelauf mit normaler Alltagskleidung und flachem, geschlossenem Schuhwerk einmal durchgeführt.

Zur Ermittlung der Körpergleichgewichtsfähigkeit wurde die Berg Balance Scale (1) (BBS) verwendet. Die BBS erfasst die Körpergleichgewichtsfähigkeit in zwei Dimensionen: 1) Aufrechterhaltung der Körperposition, 2) Haltungsregulation bei willkürlichen Bewegungen. Sie besteht aus insgesamt

14 Items, die durch einen Beobachter jeweils mit einer 5-stufigen Skala (0-4) bewertet werden. Für jedes Item liegt dabei eine detaillierte Beschreibung der Bewertungskriterien vor. Die erzielten Einzelpunktwerte werden zu einem Summenscore (0-56) addiert. Je höher der erreichte Wert, desto besser wird die Gleichgewichtsfähigkeit bewertet.

Zusätzlich wurde die Körperschwankung mit Hilfe eines Ultraschallsystems (ZEBRIS Medizintechnik GmbH) unter folgenden Bedingungen in randomisierter Reihenfolge gemessen:

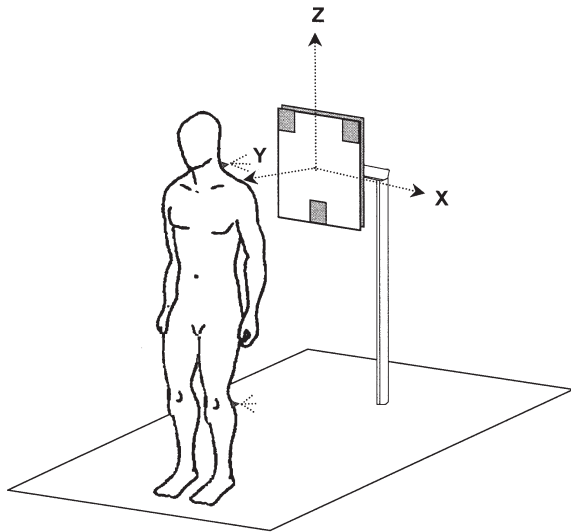


Abbildung 1: Körperschwankungsmessung mit Ultraschallbewegungsanalyssystem: Sender an Halswirbelsäule und Unterschenkel, Empfängermikrophone

1. Stehen beidbeinig mit parallel geschlossenen Füßen und geöffneten Augen;
2. Stehen beidbeinig mit parallel geschlossenen Füßen und geschlossenen Augen.

Dabei wurde ein Ultraschallsender an der Halswirbelsäule in Höhe von C7 befestigt, dessen genaue Raumkoordinate in Bezug zum verwendeten Messaufnehmer ermittelt werden konnte (Laufzeitmessung des Schalls und Triangulation, CMS 50, Fa. ZEBRIS). Der Proband stand dabei mit dem Rücken zum Messaufnehmer auf festem Untergrund. Er wurde angehalten, aufrecht zu stehen, die Füße waren parallel geschlossen, die Arme hingen locker seitlich herunter (Abb. 1). Ein zusätzlicher Ultraschallsender an der Wade diente zur Kontrolle der verwendeten Strategie bei der Haltungsregulation (Fußgelenk- vs. Hüftstrategie, 23, 33), um Fehlinterpretationen der Daten des Senders an C7 zu vermeiden.

Die erzeugten Signale wurden unter beiden Testbedingungen über einen Zeitraum von 30 Sekunden mit einer Fre-

quenz von 50 Hz aufgenommen. Genaue Spezifikationen des Messverfahrens und die Prüfung der Gütekriterien sind bei *Vogt et al.* (30) und *Himmelreich et al.* (18) beschrieben. Zwischen beiden Messungen lag eine Pause von einer Minute, in der die Probanden sich frei bewegen konnten. In Anlehnung an *Ekdahl et al.* (10) wurden die mittlere Länge des Schwan-
kungsweges (mm) nach anterior/posterior, medial/lateral und die Gesamtlänge des Schwan-
kungsweges (mm) berech-
net.

Die maximale Ganggeschwindigkeit wurde mit einem drucksensiblen Kontaktsensor unter der Ferse im Schuh und dem durch Stempelfarbe sichtbar gemachten Fußabdruck gemessen. Die Testanweisung lautete, „so zügig wie möglich“ auf einer nicht begrenzten Strecke zu gehen. Die Aufnahme des vom Kontaktsensor abgegebenen Signals begann, sobald der Proband ein gleichmäßiges Tempo erreicht hatte; sie wurde beendet, nachdem der Proband bei diesem Tempo eine Strecke von ca. 10 Meter zurückgelegt hatte. Die Zeitpunkte von Messbeginn und Messende waren dem Proband nicht bekannt. Analysiert wurde ein Ausschnitt von 5 Schrittfolgen wobei aus der Distanz zwischen den Fersenkontakten und der Zeit zwischen den korrespondierenden Signalen des Kontaktsensors die maximale Ganggeschwindigkeit errechnet (m/s) wurde.

Der „Frankfurt Street Crossing Test“ (FSCT) testet die Bewältigung der komplexen Alltagssituation „Straßenüberquerung an einer Ampel“. Als Bewertungskriterium diente die zur Bewältigung der Gesamtaufgabe benötigte „Überquerungszeit“. Dazu wurden im Abstand von 6 m zwei Stufen mit einer Höhe von 18 cm zueinander aufgestellt (Start und Zielpunkt). Am Zielpunkt wurden zwei drucksensible Kontaktmatten vor und auf der Stufe platziert sowie eine Licht-

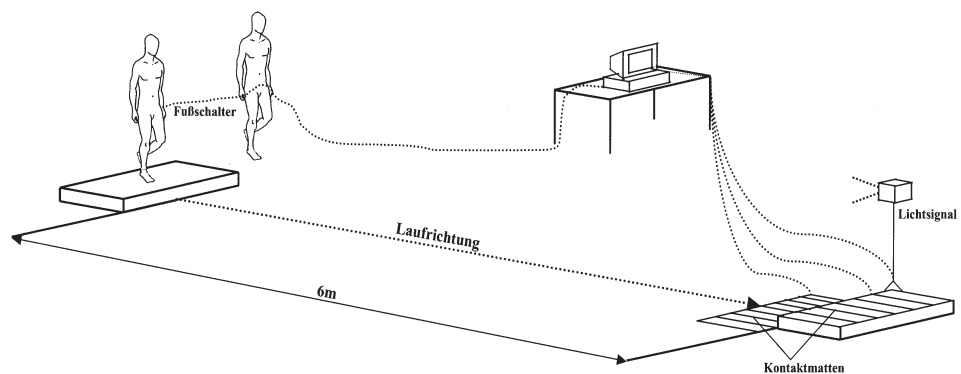


Abbildung 2: Versuchsaufbau des FSCT

quelle, die auf Knopfdruck grün aufleuchtete, gut sichtbar aufgestellt. Im Schuh des Probanden wurde ein drucksensibler Kontaktsensor unter der Ferse des nicht dominanten Beines befestigt. Der Proband hatte die Aufgabe beim Aufleuchten der Lichtquelle die Startstufe hinunterzusteigen, die Strecke zwischen den Stufen zurückzulegen und auf die andere Stufe hinaufzusteigen. Gemessen wurde die „Überquerungszeit“ vom Aufleuchten des Signals bis zum Betreten der Kontaktmatte auf der Stufe (Abb. 2).

Tabelle 1: Körperschwankung [mm] beider Gruppen vor Beginn (1. Messung) und nach Beendigung des Bewegungsprogrammes (2. Messung); * p<0,01

Testbedingungen	Parameter	Gruppe	1. Messung	2. Messung	n
Augen offen	Weg ant/post (mm)	VG	214,14±38,54	209,95±72,90	11
		KG	224,41±40,46	171,26±39,80*	12
		Mittelwert	219,05±40,46	191,44±61,38*	p<0,01
Augen offen	Weg med/lat (mm)	VG	261,15±44,79	256,96±52,65	11
		KG	248,01±41,52	245,40±60,06	12
		Mittelwert	254,86±42,80	251,43±55,32	n.s.
Augen offen	Weg gesamt (mm)	VG	385,77±56,76	380,77±92,29	11
		KG	376,00±59,80	342,56±72,22	12
		Mittelwert	381,58±57,07	362,49±83,73	n.s.
Augen geschlossen	Weg ant/post (mm)	VG	271,01±77,16	266,00±52,41	11
		KG	270,30±64,03	263,44±100,57	12
		Mittelwert	270,60±67,77	264,52±81,78	n.s.
Augen geschlossen	Weg med/lat (mm)	VG	300,06±90,92	320,57±62,87	12
		KG	288,96±50,33	290,74±46,79	12
		Mittelwert	293,63±68,22	303,65±54,61	n.s.
Augen geschlossen	Weg gesamt (mm)	VG	459,05±129,35	470,75±84,83	12
		KG	454,66±83,18	447,20±114,10	12
		Mittelwert	456,50±101,76	457,11±100,86	n.s.

Die Reaktionszeit, Bestandteil der Gesamtaufgabe „Straßenüberquerung an einer Ampel“, wurde ebenfalls gemessen. Diese wurde definiert als die Zeit, die der Proband vom Aufleuchten der Lichtquelle bis zum Abheben des Fußes benötigte.

Die Messung der maximalen Ganggeschwindigkeit und des FSCT wurden zur Prüfung der Test-Retest-Reliabilität am Tag nach der Erstmessung mit allen Probanden erneut durchgeführt.

Statistik

Die Daten wurden mit einer 2-faktoriellen Varianzanalyse mit dem unabhängigen Faktor „Gruppe“ (Versuchs- vs. Kontrollgruppe) und dem Messwiederholungsfaktor „Zeit“ (vorher vs. nachher) überprüft. Die Test-Retest-Reliabilität des FSCT wurde mit Produktmomentkorrelationen nach Pearson, t-Tests für abhängige Stichproben und über die Berechnung von relativen Fehlern [$d\% = (|d|/m) \cdot 100$, d = Differenz zwischen den Datenpaaren, m = Mittelwert der Datenpaare] ermittelt. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde auf kleiner 5 % angesetzt.

Ergebnisse

Von den anfänglich 33 Probanden waren zum Zeitpunkt der zweiten Messung noch 29 Probanden verfügbar (84,8 %). Ein Proband der Versuchsgruppe und drei Probanden der Kontrollgruppe nahmen ohne weitere Angaben nicht an der Zweitmessung teil. Die teilweise unterschiedlichen Stichprobenangaben bei der statistischen Analyse der einzelnen Parameter (siehe Tabellen) sind auf messtechnische Probleme bei einzelnen Probanden zurückzuführen.

Körperschwankung

Die Ergebnisse der Körperschwankungsmessungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Für den Schwankungsparameter „Weg nach anterior, posterior“ zeigte sich unter der ersten Testbedingung (Stehen mit

offenen Augen) ein signifikanter Effekt auf dem Messwiederholungsfaktor „Zeit“ ($F(1,21) = 9,63$, $p<0,05$) bedingt durch den Unterschied zwischen den aus den Daten beider Gruppen errechneten Mittelwerten an den jeweiligen Messzeitpunkten sowie ein Interaktionseffekt ($F(1,21) = 7,02$, $p<0,05$) der durch die signifikant niedrigeren Werte der Kontrollgruppe zum Zeitpunkt der Zweitmessung erklärt wird.

Berg-Balance-Scale (BBS)

Für die in Tabelle 2 dargestellten Ergebnisse der BBS zeigte sich ein Effekt auf dem Messwiederholungsfaktor „Zeit“ ($F(1,26) = 20,36$; $p<0,001$) und ein Interaktionseffekt ($F(1,26) = 37,99$; $p<0,001$), die durch die signifikant höheren Werte der Versuchsgruppe (VG) zum Zeitpunkt der zweiten Messung (Diff. = 4,98; Diffkrit = 2,55) erklärt werden.

Tabelle 2: Erreichte Punktzahl auf der BBS beider Gruppen vor Beginn (1. Messung) und nach Beendigung des Bewegungsprogrammes (2. Messung); * p<0,01

Testbedingungen	Gruppe	1. Messung	2. Messung	n
Berg Balance Scale (Punkte)	VG	44,26±3,95	50,73±2,37*	15
	KG	46,76±5,10	45,74±5,74	13
	Mittelwert	44,51±4,42	48,24±4,01*	p<0,001

Maximale Ganggeschwindigkeit

Für die maximale Ganggeschwindigkeit (Tab. 3) zeigte sich ebenfalls ein Effekt auf dem Messwiederholungsfaktor „Zeit“ ($F(1,27) = 11,28$; $p<0,001$), bedingt durch die über beide Gruppen betrachtete signifikant höhere Ganggeschwindigkeit bei der Zweitmessung.

Die Reliabilitätsüberprüfung für dieses Messverfahren ergab keine signifikanten Mittelwertsunterschiede zwischen Test ($1,260 \pm 0,37$ m/s) und Retest ($1,266 \pm 0,34$ m/s), einen relativen Fehler von 0,77% und einen Reliabilitätskoeffizienten von $r = 0,906$ ($p<0,001$).

Straßenüberquerungstest (FSCT)

In Tabelle 4 sind die Daten des FSCT (Überquerungszeit, Reaktionszeit) beider Gruppen dargestellt. Für die Variable Überquerungszeit ergaben sich keine signifikanten Effekte. Für die Reaktionszeit konnte ein Interaktionseffekt nachgewiesen werden ($F(1,20) = 6,52$; $p<0,01$), der durch den signifikanten Unterschied zwischen VG und KG zum Zeitpunkt der zweiten Messung erklärt wird (Diff. = -98,09; Diffkrit = 90,00).

Die Reliabilitätsüberprüfung der Parameter des FSCT ergab für die Überquerungszeit eine Test-Retest-Korrelation

Tabelle 3: Maximale Ganggeschwindigkeit [m/s] beider Gruppen vor Beginn (1. Messung) und nach Beendigung des Bewegungsprogrammes (2. Messung); * p<0,01

Testbedingungen	Gruppe	1. Messung	2. Messung	n
Ganggeschwindigkeit (m/s)	VG	1,23±0,17	1,34±0,24	15
	KG	1,16±0,15	1,23±0,11	14
	Mittelwert	1,20±0,16	1,28±0,19*	p<0,01

von $r = 0,83$ ($p < 0,001$) mit einem relativen Fehler von 2,54%. Zwischen Test (6749 ± 998 ms) und Retest (6906 ± 933 ms) konnte kein signifikanter Mittelwertsunterschied ermittelt werden. Die beim FSCT ermittelte Reaktionszeit zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen Test (507 ± 90 ms) und Retest (496 ± 86 ms) bei einem Reliabilitätskoeffizienten von $r = 0,73$ ($p < 0,001$) und einem relativen Fehler von 2,2%.

Tabelle 4: „Überquerungszeit“ des FSCT und Reaktionszeit beider Gruppen vor Beginn (1. Messung) und nach Beendigung des Bewegungsprogrammes (2. Messung); * $p < 0,05$

Parameter	Gruppe	1. Messung	2. Messung	n
„Überquerungszeit“ (ms)	VG	7426,16±983,57	7233,66±1172,89	12
	KG	7163,81±1204,31	7444,63±1286,53	11
Reaktionszeit (ms)	VG	581,54±133,99	509,63±129,64*	15
	KG	523,81±121,57	607,72±123,18*	13

Diskussion

In der vorliegenden Untersuchung wurde der Frage nachgegangen, ob sich die inhaltliche Zusammensetzung und die Übungsauswahl des vierwöchigen Interventionskonzepts zur Beeinflussung alltagsrelevanter Parameter eignen. Untersucht wurden die Effekte des Bewegungsprogramms auf das funktionelle und das statische Körpergleichgewicht, die maximale Ganggeschwindigkeit, und die Bewältigung einer komplexen Aufgabe (FSCT).

Hinweise für die Effektivität des Bewegungsprogramms ergeben sich aus den mit der Berg Balance Scale (BBS) erzielten Ergebnissen, bei der die Versuchsgruppe in der Zweitmessung eine signifikant höhere Punktzahl erzielte. Die inhaltliche Zusammensetzung und Übungsauswahl des koordinativ akzentuierten Programms erscheinen also als geeignet, das „funktionelle“ Körpergleichgewicht (1) zu verbessern. Damit konnte gezeigt werden, dass trotz des kurzen Interventionszeitraums alltagsrelevante Effekte erzielt wurden, wie sie in ähnlicher Form für längere Zeiträume auch in konditionsbetonten Interventionen von *Judge et al.* (17), *Harada et al.* (14) und *Lord et al.* (22) nachgewiesen werden konnten. Für die weiteren Parameter zur Beurteilung des Körpergleichgewichts sind die Ergebnisse weniger eindeutig. Zwar konnte bei der mit offenen Augen durchgeführten Posturographie über beide Gruppen eine signifikante Abnahme der Körperschwankung zum Zeitpunkt der zweiten Messung nachgewiesen werden, diese ist aber in erster Linie durch eine deutliche Verbesserung der Kontrollgruppe bedingt. Eine Erklärung für diesen unerwarteten Effekt ist nicht offensichtlich, zumal aus den weiteren Daten der Körperschwankungsmessungen (Tab. 1) keine Hinweise abgeleitet werden können, die dieses Ergebnis unterstützen.

Die Ergebnisse zeigen, dass Verbesserungen des situationsbezogenen funktionellen Gleichgewichts nicht gleichsam mit einer Verbesserung von Körperschwankungsparametern, wie sie z. B. in Untersuchungen von *Lord et al.* (21) und *Wolfson et al.* (32) dokumentiert werden, einher gehen müssen. *Crilly et al.* (5), *Lichtenstein et al.* (19) und *McMurdo et al.* (24) konnten auch nach längeren Zeiträumen ebenfalls keine Verbesserungen registrieren, was sie auf bekannte altersbedingte Veränderungen des nervösen Systems wie eine re-

duzierte Nervenleitgeschwindigkeit (8) oder eine nachlassende Propriozeption (27) zurückführen. Solche altersbedingten Veränderungen stehen in direktem Zusammenhang zu veränderten Kontrollstrategien zur Aufrechterhaltung der posturalen Stabilität (4) und machen insbesondere bei kurzen Interventionszeiträumen eine Verbesserung von Körperschwankungsparametern unwahrscheinlich.

Eine Erklärung für die überraschenden Verbesserungen der Kontrollgruppe kann auch auf der methodischen Ebene liegen. Hier finden sich unterschiedliche Aussagen bezüglich der Testgüte. Für die meisten der verwendeten Parameter wurden nur mäßige bis gute Reliabilitätskoeffizienten ermittelt (10, 13, 20). Für die vorliegende Arbeit wurde explizit keine Reproduzierbarkeitsuntersuchung durchgeführt, da die hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit des Messsystems aus anderen Untersuchungen bekannt war (17, 30) und die Körperschwankung im Gegensatz zu den meist verwendeten Verfahren direkt bestimmt werden konnte (9). In der vorliegenden und den anderen genannten Untersuchungen waren jeweils die Messwerte einer Einzelmessung von 30 Sekunden Grundlage für die Analyse der Körperschwankung. Denkbar ist, dass die Messzeit zu kurz ist, um signifikante Veränderungen der Körperschwankung zu registrieren. Um einerseits eine höhere Reliabilität zu erreichen, als auch klare Ergebnisse hinsichtlich Einfluss und Wirkung von Interventionsmaßnahmen zu erzielen, sollten daher in einem weitergehenden Ansatz mehrere Messungen oder Messungen über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden. In Arbeiten von *Hagemann et al.* (13) oder *Collins und DeLuca* (4) deutet sich an, dass die Mittelung von Daten aus mehreren Messungen zu einer deutlich besseren Reproduzierbarkeit führt. Dabei sind mögliche Ermüdungseffekte zu berücksichtigen.

Die mit Hilfe der BBS ermittelte Verbesserung des „funktionellen“ Gleichgewichts kann als Übungseffekt, also über den Neu- oder Wiedererwerb von motorischen Fertigkeiten interpretiert werden und muss nicht in Zusammenhang mit der statischen Gleichgewichtsfähigkeit stehen. Errechnete Korrelationen zwischen BBS und verschiedenen Schwankungsparametern sind nur mäßig (1). Es ist somit wahrscheinlich, dass beide Verfahren das Körpergleichgewicht auf unterschiedliche Weise abbilden. Die Testaufgaben der BBS decken eine breite Palette von Bewegungen und Körperpositionen ab, wie sie im täglichen Leben häufig vorkommen. Die Bewertungsmöglichkeit der Probanden ist sehr detailliert und es scheint, dass die BBS gegenüber Änderungen der Körpergleichgewichtsfähigkeit sensibler ist als die Messung der Körperschwankung.

Die objektive Erfassung des motorischen Verhaltens stand auch bei der Entwicklung des „Frankfurt Street Crossing Test“ (FSCT) im Vordergrund. Das Anforderungsprofil war so konzipiert, dass es einer komplexen Alltagsfunktion entsprach und der Zielgruppe in Anspruch und Umfang gerecht wurde. Simuliert wurde die Alltagssituation „Überqueren einer Straße an einer Ampel“. Mit Hilfe dieses Testverfahrens sollte überprüft werden, ob sich durch das vorliegende In-

terventionskonzept das Bewegungsverhalten der Probanden bei einer komplexen Aufgabe positiv beeinflussen lässt. In der Versuchsgruppe zeigte sich ein Trend zur Reduzierung der „Überquerungszeit“, der jedoch nicht signifikant war. Wahrscheinlich war die Dauer des Interventionskonzepts zu kurz, um eine signifikante Verbesserung im Sinne einer Adaptation des Bewegungsverhaltens an komplexe Aufgaben zu bewirken.

Die Messung der Reaktionszeit erfolgte im Rahmen der Durchführung des FSCT. Die Reaktionszeit ist somit eingebunden in die Bewegungsanforderung „Hinuntersteigen der Stufe“ und stellt einen Teilbereich der „Überquerungszeit“ dar. Die varianzanalytische Überprüfung der Messdaten zeigte einen Interaktionseffekt, der durch den signifikanten Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe bei der Zweitmessung erklärt wird. Dabei kam es zu einer Verbesserung der Versuchsgruppe und gleichzeitig zu einer Verschlechterung der Kontrollgruppe. Es liegen damit Anzeichen vor, dass die Reaktionszeit durch das vorliegende Interventionskonzept verbessert werden konnte, allerdings muss die in der Kontrollgruppe beobachtete Zunahme kritisch gesehen werden, da über den kurzen Interventionszeitraum keine Reduktion durch körperliche Inaktivität (keine Teilnahme an dem Bewegungsprogramm) erwartet werden kann. Die bei der Test-Retest Untersuchung des FSCT ermittelte Reliabilität von $r = .73$ muss hier beachtet werden. Zwar wird der ermittelte Reliabilitätskoeffizient i. A. noch als gut bezeichnet, allerdings kann der Einfluss entsprechender Variabilitäten bei der Messung nicht ausgeschlossen werden. Die bei der Ganggeschwindigkeitsmessung ermittelten Ergebnisse weisen ebenfalls daraufhin, dass die tendenzielle Verschlechterung der Kontrollgruppe bei FSCT und Körperschwankungsmessung mit Vorsicht interpretiert werden muss. Hier konnte insgesamt eine Verbesserung der Ganggeschwindigkeit in beiden Gruppen nachgewiesen werden. Vor dem Hintergrund, dass Ganggeschwindigkeiten unter 1 m/s zu Schwierigkeiten beim Überqueren von Straßen führen bzw. die Bewältigung von Aufgaben außerhalb des häuslichen Bereichs erheblich erschweren (15, 26), sind die Verbesserungen im Hinblick auf Mobilität und Sicherheit im Alltag als positiv zu bewerten. Unklar bleibt, inwieweit diese Verbesserungen auf die Wirksamkeit des Interventionskonzepts zurückgeführt werden können. Dies gilt auch im Hinblick auf mögliche Lerneffekte bei der erneuten Durchführung der Messung, die in diesem Zusammenhang für alle verwendeten Verfahren diskutiert werden kann. Bei den Reproduzierbarkeitsmessungen wurden neben den Korrelationskoeffizienten zur Aufdeckung von Scheinreliabilitäten (12) auch die relativen Messfehler zwischen Test und Retest bestimmt. Zumindest für die Überprüfung der Verfahren am Tag nach der Erstmessung lassen sich demnach Lerneffekte ausschließen und sind somit auch für den Zeitpunkt der Zweitmessung nach vier Wochen unwahrscheinlich.

Insgesamt ergänzt die durchgeführte Untersuchung die wenigen bislang vorliegenden Interventionsstudien zur spezifischen Beeinflussbarkeit von Aspekten der Koordination. Eine im Ansatz vergleichbare Untersuchung liefern *Hu and*

Woollacott (16), die bei einem ebenfalls dreiwöchigen „multisensory training“ Verbesserungen des statischen Gleichgewichts sowie neuromuskulärer Reaktionen nachweisen konnten. „Funktionelle“, alltagsnahe Übungsformen und Testverfahren wie in der vorliegenden Studie kamen dabei nicht zum Einsatz. Die dargestellten positiven Effekte, aber auch die in der vorliegenden Untersuchung fehlenden bzw. teilweise widersprüchlichen Ergebnisse der weiteren Tests, machen die Notwendigkeit weitergehender Untersuchungen deutlich, bei denen der Vergleich unterschiedlicher Interventionskonzepte (z.B. koordinationsbetonte vs. ausdauerbetonte oder kraftbetonte Programme) im Vordergrund stehen sollte und mittel- bis langfristige Effekte solcher Interventionen geprüft werden. Ein Teilziel der vorliegenden Untersuchung war die Anwendung und Überprüfung des so genannten „Frankfurt Street Crossing Test“, der der objektiven Erfassung von operationalisierbaren Teilaspekten des motorischen Verhaltens dienen soll. Auch wenn die in dieser Studie mit dem Test gemessenen Effekte nicht eindeutig sind, deuten die ermittelten Testgütekriterien auf die Anwendbarkeit des Verfahrens hin und belegen, dass motorische Funktionen in Handlungssituationen mit konkretem Alltagsbezug objektivierbar sind. Folgende Untersuchungen müssen klären, inwieweit in Zukunft eine Ergänzung/Ablösung der meist verwendeten subjektiven Rating-Verfahren durch technikgestützte Verfahren dieser Art sinnvoll ist.

Danksagung

Wir danken Frau Andrea Suhr und dem Frankfurter Verband für Alten- und Behindertenhilfe für die Kooperation bei der Durchführung der Untersuchung

Literatur

1. *Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI, Gayton D*: Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiother Can* 41 (1989) 304-310
2. *Bohannon RW, Andrews AW, Thomas MW*: Walking Speed: Reference values and correlates for older adults. *J Orthop Sports Phys Ther* 24 (1996) 86-90
3. *Boonstra AM, Fidler V, Eisma WH*: Walking speed of normal subjects and amputees: aspects of validity of gait analysis. *Prosthet Orthot Int* 17 (1993) 78-82.
4. *Collins JJ, DeLuca CJ*: Open-loop and closed-loop control of posture: A random-walk analysis of center-of-pressure trajectories. *Exp Brain Res* 95 (1993) 308-318
5. *Crilly RG, Willems DA, Trenholm KJ, Hayes KC, Delaquerriere-Richardson LFO*: Effect of exercise on postural sway in the elderly. *Gerontol* 35 (1989) 137-143
6. *Cunningham DA, Paterson DH, Himann JF, Rechnitzer PA*: Determinants of independence in the elderly. *Can J Appl Physiol* 18 (1993) 243-254
7. *Denk H, Pache D*: Bewegung Spiel und Sport im Alter, Bundesinstitut für Sportwissenschaften, Bd. 1: Bedürfnissituation Älterer, Köln, 1996,
8. *Dorfman LJ, Bosley TM*: Age-related changes in peripheral and central nerve conduction in man. *Neurology* 29 (1979) 38-44
9. *Dickstein R, Abulaffio N, Gelernter I, Pillar T*: An ultrasonic-operated kinematic measurement system for assessment of stance balance in the clinic. *Clin Biomech* 11 (1996) 173-175
10. *Ekdahl C, Jarnlo GB, Andersson SI*: Standing balance in healthy subjects. *Scand J Rehabil Med* 2 (1989) 187-195
11. *Galindo-Ciocon DJ, Ciocon JO, Galindo DJ*: Gait training and falls in the elderly. *J Gerontol Nursing*. (1995) 1-17
12. *Haas M*: Statistical methodology for reliability studies. *J Manipulative*

- Physiol Ther 14 (1991) 2, 119-132
13. Hageman PA, Leibowitz JM, Blanke D: Age and gender effects on postural control measures. Arch Phys Med Rehabil 76 (1995) 961-965
 14. Harada N, Chiu V, Fowler E, Lee M, Reuben DB: Physical therapy to improve functioning of older people in residential care facilities. Phys Ther 75 (1995) 830-838
 15. Hoxie RE, Rubenstein LZ: Are older pedestrians allowed enough time to cross intersections safely? J Am Geriatr Soc 42 (1994) 241-244
 16. Hu MH, Woollacott MH: Multisensory training of standing balance in older adults. J Gerontol 49 (1994) M52-71
 17. Judge JO, Underwood M, Gennosa T: Exercise to improve gait velocity in older persons. Arch Phys Med Rehabil 74 (1993) 400-406
 18. Himmelreich H, Stefanicki E, Banzer W: Die ultraschallgesteuerte Antropometrie (UGA) - Zur Entwicklung eines neuen Verfahrens in der Asymmetriediagnostik. Sportverl Sportschad 2 (1998) 60-65
 19. Lichtenstein MJ, Shields SL, Shiavi RG, Burger C: Exercise and balance in aged women: A pilot controlled clinical trial. Arch Phys Med Rehabil 70 (1989) 138-143
 20. Lord SR, Caplan GA, Ward JA: Balance, reaction time and muscle strength in exercising and nonexercising older women: a pilot study. Arch Phys Med Rehabil 74 (1993) 837-839
 21. Lord SR, Ward JA, Williams P, Strudwick M: The effect of a 12-month exercise trial on balance, strength, and falls in older women: a randomized controlled trial. J Am Geriatr Soc 43 (1995) 1198-1206
 22. Lord SR, Ward JA, Williams P: Exercise effect on dynamic stability in older woman: a randomized controlled trial. Arch Phys Med Rehabil 77 (1996) 232-236
 23. Manchester D, Woolacott M, Zederbauer-Hylton N, Marin O: Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adults. J Gerontol 4 (1989) M118-M127
 24. McMurdo MET, Rennie L: A controlled trial of exercise by residents of old people's homes. Age Ageing 22 (1993) 11-15
 25. Pfeifer K, Grigereit A, Banzer W.: Koordination, in: Bös K, Brehm W (Hrsg.): Gesundheitssport - Ein Handbuch. Hofmann Verlag, Schorndorf, 1998, 176-187
 26. Robinett CS, Vondran MA: Functional ambulation velocity and distance requirements in rural and urban communities. Phys Ther 68 (1988) 1371-1373
 27. Skinner HB, Barrack RL, Cook SD: Age-related decline in proprioception. Clin Orthop 184 (1984) 208-211
 28. Sonn U: Longitudinal studies of dependence in daily life activities among elderly persons. Scand J Rehabil Med 34 (1996) 28, 2-33
 29. Tinetti ME, Powell L: Fear of falling and low self-efficacy: a cause of dependence in elderly persons. J Gerontol 48 (1993) 35-38
 30. Vogt L, Banzer W: Reproduzierbarkeit thorakaler und lumbaler Wirbelsäulenbewegungen mit der 3D-Ultraschalltopometrie. Phys Rehab Kur Med 7 (1997) 1-25
 31. Werle J: Sportpädagogische und sporttherapeutische Methoden und Prinzipien, in: Werle J (Hrsg.): Osteoporose und Bewegung. Springer Verlag, Berlin, 1995, 195-278
 32. Wolfson L, Whipple R, Derby C, Judge J, King M, Amerman P, Schmidt TJ, Smyers D: Balance and strength training in older adults: intervention gains and Tai Chi maintenance. J Am Geriatr Soc 44 (1996) 489-506
 33. Woollacott MH, Shumway-Cook A: changes in posture control across the life span: a systems approach. Phys Ther 12 (1990) 799-807

Korrespondenzadresse:

Dr. Klaus Pfeifer
 Abteilung Sportmedizin
 Institut für Sportwissenschaften
 Johann Wolfgang Goethe-Universität
 Ginnheimer Landstr. 39
 60487 Frankfurt am Main
 Email: k.pfeifer@sport.uni-frankfurt.de

Lasertherapie
 auf der Wiese?
 Kein Problem!



Wir zeigen's Ihnen.
LaserPen-Seminare 2001
 Alles zur Lasertherapie in der Sportmedizin.
 Eintagesseminare (Frankfurt/Main).
 Infos gibt es hier: Fax 06103/7064329