

Apparativ-assistives Bewegungstraining der unteren Extremitäten in der geriatrischen Rehabilitation

W. Diehl, K. Schüle, T. Kaiser

Institut für Rehabilitation und Behindertensport der Deutschen Sporthochschule Köln

Zusammenfassung

Während die Geburtenrate in Deutschland seit 30 Jahren auf einem niedrigen Niveau stagniert, steigt die durchschnittliche Lebenserwartung permanent an [29]. Durch den demographisch bedingten Alterungsprozess der Bevölkerung kommt es zu einer Verschiebung im Morbiditätsspektrum von akuten hin zu chronischen Krankheiten mit Mehrfacherkrankungen bei älteren Menschen. Da die Mobilität im Alter eine bedeutende Voraussetzung für die Lebensqualität darstellt, soll der Einfluss eines zusätzlich zur Regeltherapie durchgeführten MOTomed®-Bewegungstrainings auf die Gehfähigkeit von geriatrischen Patienten untersucht werden.

Studiendesign: Aus einem Probandengut von 42 Geriatriepatienten wurden nach Randomisierung 21 Patienten (Alter: $80,7 \pm 4,76$ Jahre) mit einem MOTomed®-Bewegungstraining therapiert. Während des stationären Aufenthalts über drei Wochen sollten sie zusätzlich einmal täglich 15 Minuten mit dem Bewegungstherapiegerät trainieren. Die Intensität sollte der Stufe 13 der Borg-Skala (»etwas anstrengend«) entsprechen. Geprüft wurde vor allem der Einfluss der MOTomed®-Therapie auf die Gehfähigkeit und die Ausdauer, gemessen durch den 10m-Short Distance Speed-Test und den 2/6-Minuten-Endurance-Test. Zusätzlich wurde der motorische Timed-»Up and Go«-Test durchgeführt. Die Patienten der Kontrollgruppe ($n=21$, Alter: $79,1 \pm 7,49$) erhielten nur die konventionelle Gruppen- und Physiotherapie.

Ergebnis: Durch den Vergleich der Testergebnisse vor und nach der Intervention wurden bei der MOTomed®-Gruppe signifikante Verbesserungen der Testparameter festgestellt: 2/6-Minuten-Endurance-Test ($p=0,006$; $p=0,000$), Short Distance Speed-Test bei schneller Geschwindigkeit ($p=0,012$), »Up and Go«-Test ($p=0,000$). Außerdem wurde das Training stets über die Borg-Skala gesteuert, so dass die Patienten ihre durchschnittliche Leistung während der Trainingseinheiten im Schnitt um 3,46 W steigern konnten ($p=0,016$).

Ausblick: Das MOTomed®-viva2-Bewegungstherapiegerät kann in der Rehabilitation geriatrischer Patienten zur Erhaltung und Steigerung der Mobilität bzw. zur Verbesserung der Ausdauerfähigkeit beitragen und somit zu mehr Selbstständigkeit im Alltag führen und die individuelle Lebensqualität erhöhen.

Schlüsselwörter: Ausdauer, Bewegungstherapie, geriatrische Rehabilitation, Gehfähigkeit, Mobilität

Use of an assistive movement training apparatus in the rehabilitation of geriatric patients

W. Diehl, K. Schüle, T. Kaiser

Abstract

While the birth rate in Germany stagnates on a low level since 30 years the average life expectancy rises permanently [29]. That results in the so-called demographic change which implicates a constant ageing of the population. This ageing process causes a shift in the morbidity spectrum of elderly people from acute to chronic and multiple diseases. Since mobility is a significant requirement for quality of life in the old age, the influence of additional movement training (MOTomed® movement therapy) on the walking ability of geriatric patients should be examined by the present assignment.

Study design: 21 patients (age: 80.7 ± 4.76) were chosen out of a test group of 42 geriatric patients by randomization to train with a MOTomed® movement therapy trainer. During the in-patient stay of three weeks they should do a daily training of 15 minutes with the therapy trainer additionally to the recommended rehabilitation interventions. The intensity should meet level 13 of the Borg scale (»slightly strenuous«). Above all the influence of the MOTomed® therapy on the walking ability and

the endurance was measured through the 10 m-Short Distance Speed-Test and the 2/6 Minutes-Endurance-Test. In addition to that a timed »Up and Go«-Test was operated. The patients of the control group (n=21, age: 79.1±7.49) received the conventional group therapy and physiotherapy.

Result: The comparison of the test results before and after the intervention showed significant improvements in the walking ability in the group using the MOTomed® [2/6 Minutes-Endurance-Test (p=0.006; p=0.000), Short Distance Speed-Test with fast pace (p=0.012), »Up and Go«-Test (p=0.000)]. The averaged increase of power during the training sessions of 3.46 W (p=0,016) deduces furthermore to a growth of strength with the test persons of the intervention group.

Perspective: In the rehabilitation of geriatric patients, the MOTomed® movement therapy can contribute to keeping and increasing mobility and improving endurance; it therefore contributes to everyday life's independence and increases individual quality of life.

Key words: endurance, movement therapy, geriatric rehabilitation, walking ability, mobility

© Hippocampus Verlag 2008

Einleitung

Der negative Einfluss altersassoziierter Erkrankungen wie Schlaganfall, Parkinson-Syndrom und diverse Einschränkungen am Stütz- und Bewegungsapparat auf die Gehfähigkeit und das Gangmuster ist unbestritten [7, 13, 23]. Nicht weniger unbestritten ist die Tatsache, dass viele Störungen, insbesondere jene, die durch Bewegungsmangel verursacht wurden, positiv durch Bewegungstherapie beeinflusst werden können [16, 19].

»Wieder richtig gehen können« ist das am häufigsten formulierte Rehabilitationsziel von geriatrischen Patienten [26, 27]. Im Sinne der Primäorientierung des Rehabilitationsprozesses an den Ressourcen des geriatrischen Patienten wird in erster Linie auf die Quantität der Bewegung hingearbeitet, um zunächst einmal eine Transferfähigkeit überhaupt zu ermöglichen. Dem Gangbild an sich wird dabei lediglich eine zweitrangige Bedeutung beigemessen. Auch für die Erfolgsbeurteilung der Rehabilitation ist die Transfer- und die damit verbundene Gehfähigkeit von Bedeutung.

Das Hauptaugenmerk der vorliegenden Studie wurde bewusst auf die Alltagsmotorik der unteren Extremitäten als Grundlage der Mobilität gelegt, da sie in der Rehabilitation einen wichtigen Bestandteil zur Erlangung der Selbstständigkeit, der Partizipation und folglich der Lebensqualität der geriatrischen Patienten darstellt. Sind auch viele Patienten in der Lage, ohne personelle Unterstützung zu gehen, so schränken eine mangelnde Gehgeschwindigkeit sowie eine stark verminderte Ausdauer die Patienten in ihren Alltagsaktivitäten ein und zwingen sie zu weiterer Inaktivität [10].

Die Bewegungstherapie mit Hilfe eines MOTomed®-Bewegungstherapiegerätes stellt neben konventionellen Rehabilitationsmaßnahmen wie Krankengymnastik, Laufbandtraining, Ergometertraining oder Aquatherapie einen weiteren effektiven Baustein in der stationären Rehabilitation geriatrischer Patienten dar. Dies ist vor allem vor dem Hintergrund zu betrachten, dass viele geriatrische Patienten aufgrund ihrer geringen motorischen Leistungsfähigkeit die oben aufgeführten Therapieformen nicht oder nur teilweise in Anspruch nehmen können. Angesichts des chronischen Verlaufs der meisten geriatrischen Erkrankungen muss be-

achtet werden, dass eine fortwährende therapeutische Betreuung der Patienten oftmals unumgänglich ist. Angesichts gleichzeitig sinkender Budgets im Gesundheitssystem und zunehmender Ressourcenverknappung stellt das MOTomed®-Training eine gute Alternative oder zumindest Ergänzung sowohl im stationären als auch im ambulanten Bereich dar. Daher sollen in einer randomisiert-kontrollierten Studie Anhaltspunkte für die folgende Fragestellung gefunden werden: Welchen Einfluss hat ein apparativ-assistives Bewegungstraining auf die Gehfähigkeit von geriatrischen Patienten während des stationären Aufenthalts?

Der Erfolg der durchgeführten Rehabilitationsmaßnahmen sollte anhand der Parameter Mobilität, Gehgeschwindigkeit und Ausdauer operationalisiert und unter Anwendung anerkannter quantitativer Messverfahren evaluiert werden. Entsprechend dem Untersuchungsgegenstand wurden drei Untersuchungsfragen, die sich aus der zentralen Fragestellung heraus ableiten und diese spezifizieren, wie folgt formuliert:

- Kann durch das zusätzliche MOTomed®-Training die Mobilität von multimorbiden geriatrischen Patienten verbessert werden?
- Hat ein apparativ-assistives Bewegungstraining Auswirkungen auf die Gehgeschwindigkeit von geriatrischen Patienten?
- Kann durch ein apparativ-assistives Bewegungstraining die Ausdauerleistungsfähigkeit innerhalb einer bestimmten Zeit verbessert werden?

Patienten und Methoden

Das Studienvorhaben wurde von der Ethikkommission der DSHS Köln geprüft und genehmigt. Die Patientenrekrutierung, Untersuchung und Intervention fand während des stationären Aufenthaltes der Patienten in der Klinik Wartenberg Prof. Dr. Selmairs statt. Im Laufe der Untersuchung konnten insgesamt 44 Teilnehmer gewonnen werden, die folgende **Einschlusskriterien** erfüllen sollten:

- Untersuchungsteilnehmer sollten Patienten der geriatrischen Rehabilitation sein
- Patienten sollten mehr als zehn Meter gehfähig (bei Bedarf unter Einsatz diverser Hilfsmittel) sein

- Patienten sollten selbstständig von einem Stuhl aufstehen und sich wieder setzen können (mit/ohne Hilfsmittel)
- Patienten sollten kognitiv imstande sein, am MOTomed® zu trainieren und Anweisungen des Studienleiters zu folgen
- Interesse und Motivation an der Studie, mindestens drei Wochen stationärer Klinikaufenthalt

Als **Ausschlusskriterien** wurden festgelegt:

- Fähigkeit, auf einem herkömmlichen Ergometer trainieren zu können
- pAVK oder NYHA Patienten des III–IV Stadiums
- vorhandene Schmerzen, die ein Training mit dem MOTomed® nicht ermöglichten
- gesundheitliche Verfassung, nicht im submaximalen Bereich trainieren zu können

Zwei der aufgenommenen Probanden mussten aus gesundheitlichen und/oder organisatorischen Gründen (Verlegung, Abbruch der Therapie) aus der Studie ausscheiden. Demzufolge bestand das Studienmaterial aus den Daten von insgesamt 42 geriatrischen Patienten. Nach Randomisierung wurde eine Interventionsgruppe (IG) sowie eine Kontrollgruppe (KG) mit je 21 Teilnehmern gebildet.

Gruppe	Anzahl (m/w)	Alter (in Jahren) (MW ± SD)	Anzahl Phys./Sport. Einheiten/Tag
IG	6/15	80,7 ± 4,76	1/4
KG	4/17	79,1 ± 7,48	1/3

Tab. 1: Patientendaten (IG=Interventionsgruppe, KG=Kontrollgruppe)

Ablauf / Tests

Die sporttherapeutischen Anwendungen wurden so konzipiert, dass alle Studienteilnehmer möglichst dieselben Gruppentherapieeinheiten bekamen. Die Physiotherapieanwendungen unterschieden sich je nach krankheitsspezifischem Hintergrund der teilnehmenden Patienten. Den Probanden der Interventionsgruppe wurde zusätzlich zum Therapieplan ein MOTomed®-Bewegungstraining zugeteilt. In der Regel befanden sich die Patienten zum Zeitpunkt der Untersuchung in der AHB-Rehabilitationsphase.

Um Aussagen über eventuelle Verbesserungen der Gehfähigkeit und Mobilität im Prä-Post-Vergleich machen zu können, wurden die folgenden motorischen Tests vor und nach dem Interventionszeitraum angewendet:

- Timed-»Up and Go«-Test,
- Time-Walking-Tests:
 - 10 m-Gehtest (komfortables bzw. schnelles Gehtempo),
 - 2- bzw. 6- Minuten-Gehtest

Timed-»Up and Go«-Test

Die Überprüfung der Transferfähigkeit beider Gruppen (Sitzen–Stehen und Stehen–Gehen) erfolgte mittels des Timed-»Up and Go«-Tests [21]. Hierbei wird das Zurücklegen einer definierten Gehstrecke durch Zeitmessung objektiv

bewertet, und die benötigte Zeit wird dabei in Sekunden notiert. Als uneingeschränkt selbstständig werden Probanden bezeichnet, die für den Test weniger als 10 s benötigen [1].

Time-Walking-Tests

Die Gehgeschwindigkeit ist ein Schlüsselindikator für die Gehfähigkeit einer Person [7]. Ein gesunder Mensch kann seine Gehgeschwindigkeit je nach Bedarf willkürlich verändern und den internen und externen Bedingungen entsprechend anpassen [18].

Der an sich quantitative Parameter gibt auch Auskunft über die Qualität der Bewegung, indem Informationen zur Schrittlänge und Anzahl der Schritte gewonnen werden können. Das Messen der Geschwindigkeit ist daher eine sinnvolle Maßnahme, »die es erlaubt, sowohl die Gehfähigkeit als auch die Effektivität therapeutischer Maßnahmen zu untersuchen« [7].

1. **10 m-Gehtest:** Der Short Distance Speed-Test, auf 10 Meter spezifiziert, wird im Rahmen des Motorisch-Funktionellen Assessments, sog. Kennburger MOFA-Skalen, empfohlen [27]. Die 10-Meter-Gehstrecke kann dabei mit frei gewählter, sog. komfortabler Geschwindigkeit, und bei maximal möglichem Tempo absolviert werden. Der jeweilige Mittelwert beider Messungen wird in m/s festgelegt. Nötige Hilfsmittel sind erlaubt und werden entsprechend vermerkt.

2. **2- bzw. 6-Minuten-Gehtest:** Der Endurance-Test kann auf 2, 6 oder 12 Minuten Gehzeit beschränkt werden und erfasst die Ausdauerleistungsfähigkeit des Patienten [15]. Der Patient wird gebeten, unter Benutzung jeglicher Hilfe mit frei zu wählender Geschwindigkeit eine vorab abgemessene Strecke, üblich sind 20 Meter, hin und her zu gehen, bis das Kommando »Stop« gegeben wird [15]. Der Patient kann bei Anzeichen eines Leistungsabfalls bzw. Sich-unwohl-Fühlens beliebig oft Pausen einlegen.

Intervention

Jeder Teilnehmer der Interventionsgruppe sollte für die stationäre Aufenthaltsdauer als zusätzliche Therapieeinheit einmal täglich für 15 Minuten an einem MOTomed®-viva2-Bewegungstherapiegerät trainieren. Der Bewegungstrainer ist eine Art modifiziertes Fahrradergometer, mit dem selbst nicht-gehfähige oder stark gehbehinderte Patienten vom Rollstuhl oder Stuhl aus alternierende Bewegungen der Beine ausführen können (s. Abb. 1). Hierbei kann man sowohl aktiv treten als auch die Beine passiv bewegen lassen. Die 15-minütige Trainingsdauer sollte jeweils eine zweiminütige passive Warm-up- bzw. Cool-down-Phase beinhalten. Diese passiven Trainingsphasen konnten jedoch je nach Gesundheitszustand des Probanden weggelassen und somit die aktive Trainingsdauer auf 15 Minuten verlängert werden. Eine Erhöhung der aktiven Übungsdauer wurde entsprechend den Trainingsempfehlungen bei Ausdauerbeanspruchungen als wünschenswert bezeichnet [6].

Der Zeitpunkt des Trainings wurde vom Studienleiter je nach Therapieablauf des jeweiligen Patienten individuell



Abb. 1: MOTomed-viva2 (RECK-MEDIZINTECHNIK (o.J., S. 20)

festgelegt. Die Probanden wurden aufgefordert, mit einer Trittfrequenz von 50–70 Umdrehungen pro Minute (Upm) zu trainieren und besonderes Augenmerk auf die Symmetrieanzeige zu legen. Ziel war es, die Aktivität beider Beine festzustellen und mit beiden Beinen gleich intensiv zu trainieren. Die anfängliche Belastungsintensität wurde vom Studienleiter entsprechend der Belastungsstufe 13 »etwas anstrengend« der Borg-Skala [3] sowie unter Berücksichtigung des individuellen Leistungsvermögens in Abhängigkeit vom Allgemeinzustand festgelegt.

Die Trainingshäufigkeit, Trainingsdauer, Leistung, Distanz, Widerstand, Daten der aktiven und passiven Trainingsphasen und des Symmetrietrainings wurden nach jeder Trainingseinheit dokumentiert.

Die Kontrollgruppe erhielt während des Interventionszeitraumes ausschließlich die konventionelle Therapie (Gruppen- und Physiotherapie), in gleichem Umfang wie die Interventionsgruppe.

Statistik

Die statistischen Berechnungen der motorischen Tests wurden mithilfe des Statistikprogramms »EASYSSTAT V.3.4« durchgeführt. Als Signifikanzniveau wurde $\alpha = 5\%$ ($p = 0,05$) gewählt. Bezüglich der motorischen Testungen wurde zunächst die Varianzanalyse angewandt. Zeigten sich hierbei signifikante Wechselwirkungen ($p < 0,05$) zwischen Interventions- und Kontrollgruppe, so wurde ein t-Test für gepaarte Stichproben durchgeführt.

Ergebnisse

Obwohl die motorische Leistungsfähigkeit innerhalb der Gruppen teilweise stark variierte, kann davon ausgegangen werden, dass beide Gruppen gleichverteilt waren, d. h. vor dem Untersuchungszeitraum gab es bzgl. der Patientencharakteristika (s. Tab. 1) sowie der motorischen Leistungs-

fähigkeit keine signifikanten Unterschiede zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe.

Time-Walking-Tests

Die unten tabellarisch dargestellten Ergebnisse der Time-Walking-Tests (10m-Gehtest; 2- bzw. 6-Minuten-Gehtest) zeigen ein relativ gleichverteiltes Vortest-Niveau unter den Probanden beider Studiengruppen, wenn auch innerhalb der jeweiligen Gruppe die Leistungen stark variierten. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass die Probanden der Interventionsgruppe in den Eingangstests jeweils schlechtere Ergebnisse erbrachten (s. Tab. 2). So weist die Interventionsgruppe in den 10m-Tests langsamere Geschwindigkeiten auf, und die Versuchsprobanden in den 2- und 6-Minuten-Gehtests legten weniger Meter als die Kontrollgruppe zurück.

Besonders auffällig ist der Leistungsanstieg im 6-Minuten-Gehtest. Hier sind die Probanden der Interventionsgruppe im Durchschnitt $54,28 \pm 36,38$ m weiter gegangen als im Eingangstest und wiesen dabei eine geringere Volatilität der Testwerte auf (von $230,30 \pm 85,70$ auf $284,70 \pm 70,22$). Die Kontrollgruppe blieb im Kontrast dazu in etwa auf ihrem Eingangsniveau (von $242,14 \pm 55,20$ auf $259,94 \pm 60,65$), allerdings mit etwas größerer Streuung als im Eingangstest (vgl. Abb. 2).

Gruppe	Interventionsgruppe		Kontrollgruppe	
	Eingangstest (MW ± SD)	Ausgangstest (MW ± SD)	Eingangstest (MW ± SD)	Ausgangstest (MW ± SD)
10 m (komfort) (m/s)	0,76 ± 0,24	0,88 ± 0,23	0,80 ± 0,18	0,88 ± 0,18
10 m (schnell) (m/s)	0,97 ± 0,32	1,12 ± 0,31	1,03 ± 0,24	1,07 ± 0,23
2-min-Gehtest (m)	81,20 ± 27,50	98,90 ± 23,30	85,99 ± 19,36	93,33 ± 22,59
6-min-Gehtest (m)	230,30 ± 85,70	284,70 ± 70,22	242,14 ± 55,20	259,94 ± 60,65

Tab. 2: Ergebnisse des Time-Walking-Tests der IG und KG im Vor- und Nachtest

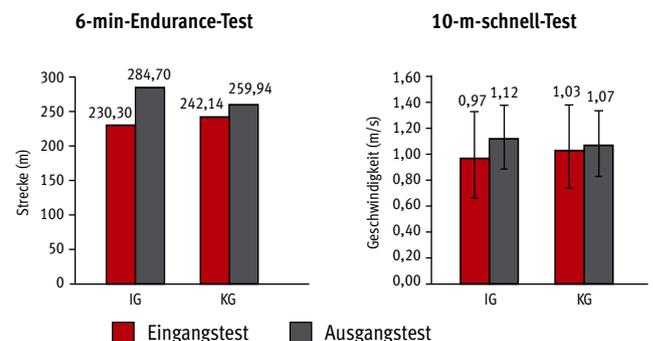


Abb. 2: Gegenüberstellung der Ergebnisse 6-min-Test vs. 10-m-schnell-Test (IG=Interventionsgruppe, KG=Kontrollgruppe)

Die anschließend durchgeführte Varianzanalyse der Testdaten hat ergeben, dass die Wechselwirkungen, die sich im Zeit-Interventions-Vergleich zwischen den beiden Gruppen gezeigt haben, für den 10-m-Test (schnelle Gehgeschwindigkeit) und den 2- bzw. 6-Minuten-Gehtest signifikant sind. Lediglich der 10-m-Gehtest im komfortablen Gehtempo war nicht signifikant. Daher werden diese Daten in den weiteren Ausführungen nicht berücksichtigt (s. Tab. 3).

Timed-»Up and Go«

Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse des TUG- Tests der IG und KG im Eingangs- und Ausgangstest.

Eine den oben beschriebenen Testergebnissen ähnliche Entwicklung ist auch hier zu beobachten: Die Interventionsgruppe konnte die für den TUG-Test durchschnittlich benötigte Zeit von 18,81 ± 9,52 auf 13,00 ± 4,99 s mit bemerkenswert geringerer Standardabweichung verbessern, während die Kontrollgruppe mit 14,65 ± 4,10 s im Vor- und 13,76 ± 3,49 s im Nachtest trotz besserer Eingangswerte eine deutlich kleinere Leistungssteigerung erzielt hat. Mithilfe einer Varianzanalyse der Ergebnisse der IG und KG beim TUG-Test konnten hochsignifikante Wechselwirkungen nachgewiesen werden (Tab. 4).

Anschließend wurden die Ergebnisse aus der oben beschriebenen Analyse der sog. »simple effects« betrachtet. Wie Tabelle 5 verdeutlicht, zeigen sich signifikante Veränderungen sowohl in der Interventionsgruppe als auch teilweise in der Kontrollgruppe.

MOTomed®-Bewegungstraining

Die Therapiecompliance der Versuchsgruppe war während des max. dreiwöchigen Interventionszeitraums mit durchschnittlich 12 ± 2 Trainingseinheiten von maximal 15 möglichen sowie 12,95 ± 1,72 Trainingsminuten/Einheit, in denen aktiv trainiert wurde, sehr zufriedenstellend. Die erhobenen Trainingsdaten beziehen sich auf die Interventionsgruppe (n=21) und auf den gesamten Therapiezeitraum von drei Wochen.

Trainingsdauer (aktiv/passiv)

Abbildung 4 zeigt die durchschnittliche Trainingsdauer (aktiv/passiv) der Interventionsgruppe je Therapiewoche. Die Probanden trainierten im Durchschnitt pro Trainingseinheit 12,95 ± 1,72 min aktiv sowie 2,22 ± 1,65 min passiv. Die Gesamttrainingsdauer jeder Interventionseinheit wurde auf 15 min eingestellt und im Durchschnitt stets eingehalten. Zu Beginn der Studie (erste Woche) betrug die aktive Dauer im Schnitt 12,21 ± 2,07 min, die passive 2,86 ± 1,90 min. In der letzten Trainingswoche trainierten die Probanden durchschnittlich 13,55 ± 1,72 min aktiv und 1,68 ± 1,70 min passiv. Die Dauer der aktiven Trainingsphase wurde im Verlauf der Bewegungstherapie signifikant (p=0,001) ausgeweitet, die der passiven dagegen gemindert, wie die Abbildung 4 veranschaulicht.

Test	10-m-Gehtest Short Distance Speed	2/6-Minuten-Endurance-Test
Test der Inner-subjekteffekte (α=5%)	komfortabel: p=0,067 (ns) schnell: p=0,012 (s)	2 min: p=0,006 (ss) 6 min: p=0,000 (hs)

Tab. 3: Gehtest-Signifikanzen im Zeit-Interventions-Vergleich (ns= nicht signifikant; s=signifikant; ss=sehr signifikant; hs=hochsignifikant)

Test	TUG-Test
Test der Innersubjekteffekte (α=5%)	p=0,000 (hs)

Tab. 4: Ergebnisse der Varianzanalyse des TUG-Tests (α=5%), (hs=hoch signifikant)

Interaktion	10-m-schnell	2-min-Endurance	6-min-Endurance	Timed »Up and Go«
Vor- vs. Nachtest (IG)	0,000 (hs)	0,000 (hs)	0,000 (hs)	0,000 (hs)
Vor- vs. Nachtest (KG)	0,398 (ns)	0,006 (ss)	0,011 (s)	0,304 (ns)

Tab. 5: Ergebnisse der Varianzanalyse der Time Walking Tests (=5%)

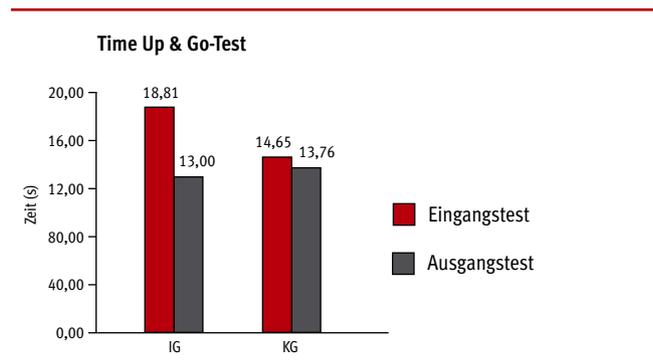


Abb. 3: Gegenüberstellung der durchschnittlichen Ergebnisse der IG und KG im TUG-Test

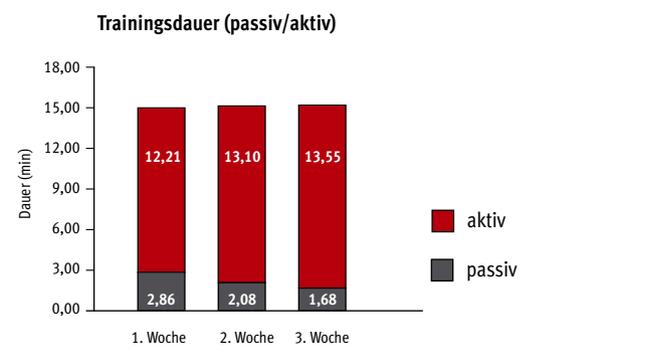


Abb. 4: Durchschnittliche Trainingsdauer (aktiv/passiv) pro Trainingseinheit der IG

Distanz

Abbildung 5 verschafft einen Überblick über die durchschnittlich zurückgelegte Distanz der Probanden je Interventionswoche. Die Distanz setzt sich zusammen aus der aktiv selbst getretenen und der passiv mit Unterstützung des Motors gefahrenen Strecke. Im Gesamtverlauf nahm die zurückgelegte Strecke im Mittel von 3.025 ± 798 m (erste Woche) auf 3.788 ± 919 m (dritte Woche) zu, wobei sich auch bei diesem Parameter der aktive Anteil vergrößerte. Die aktiv zurückgelegte Strecke verlängerte sich im Gesamtverlauf hoch signifikant (mit $p=0,000$) von 2.708 ± 920 auf 3.578 ± 1.058 m, während sich die passiv gefahrene Stre-

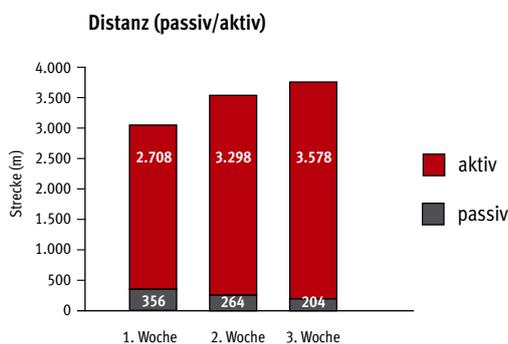


Abb. 5: Durchschnittlich zurückgelegte Distanz pro Trainingseinheit der IG

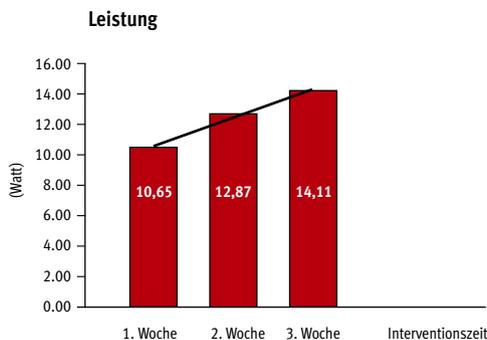


Abb. 6: Durchschnittliche Leistung pro Trainingseinheit der IG

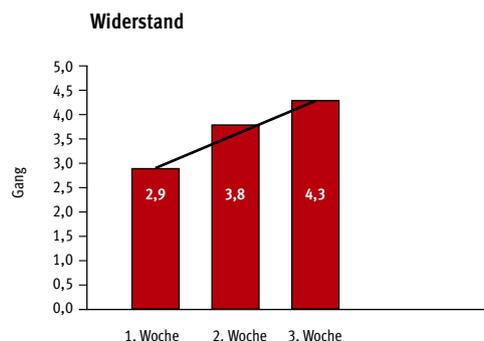


Abb. 7: Durchschnittlicher Widerstand pro Trainingseinheit der IG

cke von 356 ± 241 auf 204 ± 229 m verkürzte. Während der gesamten Interventionszeit legte jeder Teilnehmer durchschnittlich eine Distanz von 3.195 ± 1.024 m pro Trainingseinheit aktiv zurück.

Die durchschnittlich erzeugte Leistung (die MOTomed®-Leistungsmessung (Wattzahl) weicht von der eines herkömmlichen drehzahlunabhängigen Ergometers ab) wurde im Gesamtverlauf der Untersuchung von $10,65 \pm 5,62$ W (erste Woche) auf $14,11 \pm 6,87$ W (dritte Woche) signifikant ($p=0,016$) gesteigert (s. Abb. 6). Über den gesamten Interventionszeitraum trainierten die Studienteilnehmer mit einer durchschnittlichen Leistung von $12,55 \pm 6,30$ W.

Da die erbrachte Leistung bei drehzahlabhängigen Geräten im Zusammenhang mit den Parametern Widerstand und Trittfrequenz steht, wird in Abbildung 7 die Entwicklung des Widerstandes dargestellt. Der jeweilige Widerstand ließ sich am Display des MOTomed® als Gang ablesen und wurde von durchschnittlichen $2,9 \pm 0,85$ Gängen in der ersten Woche des Trainings auf $4,3 \pm 0,92$ in der dritten Woche gesteigert (s. Abb. 7).

Diskussion

In der vorliegenden randomisiert-kontrollierten Studie wurde die additive Wirkung eines Trainings mit dem MOTomed®-Bewegungstherapiegerät innerhalb des stationären Aufenthaltes geriatrischer Patienten evaluiert. Der Interventionszeitraum wurde entsprechend der regulären Rehabilitationsdauer auf drei Wochen festgelegt. Gemessen wurde der Therapieerfolg durch Prä- und Post-Tests, die in Therapieräumen der Klinik Wartenberg durchgeführt wurden, so dass weitestgehend standardisierte Bedingungen vorlagen.

MOTomed®-Bewegungstherapie

Aufgrund seiner positiven Wirkung auf das Herz-Kreislauf-System und die Skelettmuskulatur geriatrischer Patienten wird ein ergometerbasiertes Training sowohl als rehabilitative Maßnahme als auch im sekundär-präventiven Rahmen angewendet. Bei Vorliegen einer Einschränkung der allgemeinen Mobilität wird ein Ergometertraining zu Hause bzw. in einem Sportverein als eine geeignete und, insbesondere unter Berücksichtigung einer oft vorliegenden Morbidität, als eine schonende und relativ risikoarme Alternative zu Walking, Jogging oder Radfahren empfohlen [24]. Durch den vorgegebenen Bewegungsablauf und die geführten Bewegungen, zwei grundsätzliche Vorteile eines apparativen Trainings, lässt sich die Verletzungsgefahr reduzieren, und Bewegungsabläufe können vereinfacht werden [30].

Angesichts des bereits evaluierten Therapienutzens eines Ergometertrainings wurde in der vorliegenden Arbeit der Einsatz des MOTomed®-Bewegungstherapiegerätes im stationären geriatrischen Umfeld untersucht. Eines der Hauptziele bei dieser Klientel ist die Verbesserung der Handlungs- und Sozialkompetenz sowie des Verhaltens und damit der Wiedererwerb der Selbstständigkeit im Alltag. Hierbei spielt die Gehfähigkeit bzw. die allgemeine Mobilität eine bedeutende

Rolle. Es liegt die Annahme nahe, dass ein Ausdauertraining im Bereich der unteren Extremitäten die Mobilität und Gehfähigkeit fördert und dadurch die Ziele der Sporttherapie verfolgt. Grundsätzlich wurden bereits positive Ergebnisse hinsichtlich der Gehfähigkeit in der neurologischen und kardiologischen Rehabilitation mit dem MOTomed®-viva2-Bewegungstherapiegerät erzielt [4, 12].

Angesichts der rehabilitationsrelevanten Eigenheiten des alternden Organismus muss den Trainingsmodalitäten besondere Beachtung geschenkt werden. Harmonisch-rhythmische Bewegungsabläufe, die dem natürlichen Bewegungsverhalten des älteren Menschen entsprechen und der individuellen Leistungsfähigkeit des Behinderten angemessen sind, sind für ein ausgewogenes Bewegungstraining geeignet. Um ein Trainingsoptimum zu erreichen, wurde die Grundforderung der geriatrischen Rehabilitation – maximale Wirkung bei minimaler Gefährdung – in den Vordergrund der Intervention gestellt. Das Prinzip ist dabei: nicht zu lange, dafür lieber öfter [28].

Die Entscheidung über die Dauer der Interventionseinheiten stützt sich auf Erkenntnisse der kardiologischen Rehabilitationsforschung. Einerseits stellte *Hollmann* (zitiert nach *Rost* 1995, S. 98) in seinen Untersuchungen fest, dass Belastungen, die weniger als 5–10 Minuten dauern, für das Kreislaufsystem reizunwirksam sind [25]. *Weineck* [32] argumentierte andererseits, dass bereits ein 15- bis 20-minütiges tägliches Ergometertraining trainingswirksam ist.

Wie aus den Daten der Probanden hervorgeht, belief sich der gesamte Trainingsumfang am MOTomed® auf durchschnittlich 12 ± 2 Einheiten während des Interventionszeitraumes. Eine einfache Belastungssteuerung lediglich mithilfe der Borg-Skala wurde auch angesichts der Argumentation von Borg bevorzugt, der darauf hinweist, dass das subjektive Anstrengungsempfinden zahlreiche bedeutende Symptome integriert und im Gegensatz zur Herzfrequenz auch im Alter eine stabile individuelle Größe darstellt [3]. In dieser Studie wurde, wie auch in der Regel im Rahmen eines moderaten Ausdauertrainings empfohlen, Stufe »13« (»etwas anstrengend«) gewählt [3].

Die Patienten haben den Widerstand durch Einstellung der Bremsbelastung ihrer individuellen Leistungsfähigkeit so angepasst, dass sie in der letzten Woche mit durchschnittlich 3,46 Watt mehr an Leistung trainierten.

Die Eigenschaften des Gerätes ermöglichen ein sicheres Training der unteren Extremitäten auch bei sehr eingeschränkter Mobilität und Koordinationsfähigkeit und bieten den Patienten eine Möglichkeit, effektiv und auch selbstständig zu trainieren. Somit besitzt das MOTomed® ein weites Einsatzspektrum und kann von der Frührehabilitation in der Akutklinik über das Rehabilitationszentrum oder die fachspezifische Reha-Klinik bis hin zur medizinischen Betreuung in der Reha-Sportgruppe am Wohnort oder in Eigenregie zu Hause eingesetzt werden.

Diskussion der Trainingsergebnisse

Der Trainingsverlauf wurde an die physischen Möglichkeiten der geriatrischen Patienten angepasst und sollte einem moderaten Ausdauertraining im submaximalen Bereich entsprechen. Der Trainingserfolg wurde anhand der Parameter »Trainingsdauer«, »zurückgelegte Distanz« und »erbrachte Leistung« dokumentiert. Im Gesamtverlauf der Intervention verzeichneten alle drei Parameter eine positive Entwicklung.

Die aktive Trainingsdauer verlängerte sich um 8% und die aktiv gefahrene Distanz vergrößerte sich hochsignifikant um 26,1%. Die Verlängerung der aktiv zurückgelegten Distanz beruht demnach einerseits auf der Expansion der aktiven Trainingsphase auf Kosten der passiven und andererseits auf der Leistungssteigerung in der aktiven Trainingsphase durch Erhöhung der Umdrehungszahl. In der passiven Trainingsphase wurde die Umdrehungszahl, je nach spezifischen Merkmalen des Patienten, zwischen 40–50 Upm festgelegt. Die Trainingsleistung setzt sich aus der Trittfrequenz und der einzustellenden Bremsbelastung, die von Gang 0 bis 20 reicht, zusammen. Gemäß dem Prinzip der progressiven Belastungssteigerung, das entsprechend den Trainingsempfehlungen bei Ausdauerbeanspruchungen gefordert wird [6], wurde der Widerstand stets der individuellen Leistungssteigerung angepasst. Das Training konnte mithilfe der Borg-Skala so gesteuert werden, dass die durchschnittliche Leistung während der gesamten Interventionszeit im Schnitt um 3,46 W gesteigert werden konnte. Dies entspricht einer Leistungssteigerung von ca. 32,5% (von $10,65 \pm 5,62$ W in der ersten Woche auf $14,11 \pm 6,87$ W in der dritten Woche) ($p=0,016$). Aufgrund der Steigerung bei jedem der drei Trainingsparameter – Dauer, Distanz und Leistung – kann auf eine verbesserte allgemeine Ausdauer bzw. auf eine gesteigerte Belastbarkeit der Interventionsgruppenteilnehmer geschlossen werden. Trotz stetig steigender Leistung ist es den Teilnehmern gelungen, nicht nur die Trainingsdauer von 15 Minuten zu halten, sondern dabei die aktive Trainingsdauer und die zurückgelegte Strecke zu verlängern.

Im Bereich der geriatrischen Rehabilitation fehlen vergleichbare Untersuchungen dieser Art der Bewegungstherapie auf die Gehfähigkeit älterer Patienten. Allerdings hat sich das MOTomed®-Bewegungstraining in der Rehabilitation älterer Schlaganfallpatienten bewährt. In verschiedenen Untersuchungen mit Bewegungstherapiegeräten konnten positive Entwicklungen der Trainingsdaten beobachtet werden [12].

Diskussion der Testergebnisse

Bei motorischen Leistungen spielen Koordination, Kraft und Ausdauer eine zentrale Rolle. Schwächere Ergebnisse in Funktionstests, die von lokomotorischen Fähigkeiten bestimmt sind, sind für Gehstörungen, Unselbständigkeit und folgenreiche Stürze prädiktiv [9, 10, 14]. Die Funktionstests, die in der vorliegenden Studie angewendet wurden, evaluieren in erster Linie die oben genannten Parameter. Am Resultat dieser Tests lassen sich konsequenterweise Rehabi-

litionsfortschritte erkennen. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung und den Gütekriterien entsprechend, wurden Time-Walking-Tests und der Timed-»Up and Go«-Test zur Evaluierung des Therapieeffektes auf die Gehfähigkeit geriatrischer Patienten durchgeführt.

Wie es auch von *Green et al.* [8] auf Grund ihrer Untersuchungen mit älteren Schlaganfallpatienten empfohlen wird, wurden die Messungen im Eingangs- und Ausgangstest je zweimal durchgeführt, wobei der Mittelwert beider Testungen zur weiteren Analyse hinzugezogen wurde. Damit wurden eventuelle Spannungen auf Grund von Unsicherheiten im Umgang mit den Tests seitens der Patienten ausgeglichen und die Validität der Ergebnisse der Short Distance Speed- und Timed-»Up and Go«-Tests sichergestellt.

Der Vergleich der Ergebnisse der Time-Walking-Tests sowie des Timed-»Up and Go«-Tests lässt Unterschiede in der rehabilitativen Entwicklung der Probanden der Interventions- und Kontrollgruppe erkennen. Im 10m-Short Distance Speed-Test bei schnellem Tempo haben sich die Teilnehmer der Interventionsgruppe um durchschnittlich 15,5%, von $0,97 \pm 0,32$ auf $1,12 \pm 0,31$, im Vergleich zum Eingangstest verbessert. Die Varianzanalyse hat gezeigt, dass diese Verbesserung im Kontrast zur Verbesserung der Kontrollgruppe von $1,03 \pm 0,24$ auf $1,07 \pm 0,23$ um 3,9 % hochsignifikant ist. Bei der Varianzanalyse der 10m-Gehtest-Performance bei komfortabler Geschwindigkeit hat sich dagegen die Divergenz zwischen 15,8% Verbesserung (von $0,76 \pm 0,24$ auf $0,88 \pm 0,23$) bei der IG und 10% Verbesserung (von $0,80 \pm 0,18$ auf $0,88 \pm 0,18$) bei der KG als nicht signifikant herausgestellt. Die Erklärung dafür, dass sich signifikante Verbesserungsunterschiede zwischen beiden Gruppen beim schnellen, aber nicht beim komfortablen Gehen gezeigt haben, kann darin liegen, dass sich die tatsächliche Ausdauerfähigkeit erst unter Belastung zeigt [17].

Im Prä-Post-Vergleich der Ergebnisse des 2- und 6-Minuten-Gehtests hat sich gezeigt, dass sich beide Gruppen signifikant bis hochsignifikant verbessert haben (Interventionsgruppe +21,8% Distanzverlängerung im 2-Minuten- bzw. 23,6% im 6-Minuten-Gehtest, Kontrollgruppe +8,5% im 2-Minuten- bzw. 3,1% im 6-Minuten-Gehtest). Hier hat sich im Vergleich zum MOTomed®-Einsatz zwar eine relativ geringe, aber positive Wirkung konventioneller Therapien auf die Ausdauer der Probanden gezeigt. Die bei der KG beobachtete signifikant positive Entwicklung im 2- und 6-Minuten-Gehtest kann unter anderem daraus abgeleitet werden, dass die Patienten im Rahmen der Einzeltherapie zum Teil eine Gangschulung bzw. ein Gehtraining absolviert hatten. Ein Vergleich der Ergebnisse des 6-Minuten-Endurance-Tests mit Normwerten »Gesunder«, die 1998 von *Enright* und *Sherril* in einer Studie mit 290 Erwachsenen im Alter von durchschnittlich 60,75 Jahren ermittelt wurden, macht das Ausmaß der Beeinträchtigung der Gehfähigkeit älterer geriatrischer Patienten deutlich [5]. Aufgrund von Ergebnissen im 6-Minuten-Gehtest wurden Werte von durchschnittlich 535m als normal definiert. Diese konnten von Probanden der vorliegenden Studie nicht annähernd erreicht werden, nicht zuletzt auch, weil Ältere ihre gemin-

derte Gehsicherheit durch Anpassung des Gangverhaltens kompensieren. Zwar erlebten tendenziell schwächere Patienten einen größeren Fortschrittsprozess während der Rehabilitation, zusammenfassend lässt sich jedoch folgern, dass die Teilnehmer der IG am Ende des Untersuchungsraumes in der Lage waren, sicherer und damit schneller als die der KG zu gehen.

Die Gehgeschwindigkeit ist der einfachste quantitative Untersuchungsparameter, der es erlaubt, für genaue und umfassende Untersuchungen der Gehfähigkeit standardisierte Bedingungen zu schaffen. »Sie ist physiologisch und pathophysiologisch die gemeinsame Endstrecke vieler individueller Merkmale und messtechnisch gesehen die unabhängige Variable für viele andere Parameter« [26]. Das können kinetische bzw. energetische Parameter, Körperhaltung oder Sturzgefahr sein. Eine zur Alltagsbewältigung notwendige Lokomotion ist auf eine Mindestgeschwindigkeit angewiesen. In der Literatur wird angegeben, dass die selbst gewählte Geschwindigkeit bei gesunden Erwachsenen bis zum 60. Lebensjahr 1,4–1,5 m/s. beträgt, für gesunde 70-Jährige ein Wert von 1,3 m/s normal ist und gesunde 80-Jährige im Durchschnitt nur noch mit einer Geschwindigkeit von 1–1,2 m/s gehen [2, 31]. In der vorliegenden Untersuchung konnte diese angegebene durchschnittliche Gehgeschwindigkeit bei rund 80-jährigen Teilnehmern nicht bestätigt werden. Diese Tatsache kann einerseits darin begründet sein, dass die Patienten sich in einer AHB-Rehabilitationsphase, also relativ kurz nach dem klinischen Ereignis, befanden. Andererseits ist eine dreiwöchige Interventionsdauer relativ kurz, um bedeutendere Geschwindigkeitsverbesserungen zu erlangen. Nichtsdestotrotz war eine positive Entwicklung der Gehgeschwindigkeit bei den Patienten zu beobachten.

Auch mit dem Timed-»Up and Go«-Test konnten Mobilitätsverbesserungen der Interventionsgruppe statistisch belegt werden. Während sich die Verkürzung der für die Testausführung benötigten Zeit bei den Probanden der KG von 6% ($14,65 \pm 4,10$ auf $13,76 \pm 3,49$ s) als nicht signifikant erwies, zeigt sich eine Verbesserung der IG ($18,81 \pm 9,52$ auf $13,00 \pm 4,99$ s) von 31 % als hochsignifikant. Der Test ist den Alltagssituationen nachempfunden, imitiert z.B. das Aufstehen aus dem Bett, von einem Stuhl oder von der Toilette, gekoppelt an eine Gehstrecke, und evaluiert die Selbstständigkeit der Probanden [11]. In der vorliegenden Studie haben die Patienten der MOTomed®-Gruppe für den Ausgangstest im Durchschnitt $13,00 \pm 4,99$ s gebraucht und sind demnach als weniger mobil, allerdings ohne Einschränkung für den Alltag, einzustufen [1]. Limitierend muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass Gangstörungen geriatrischer Patienten infolge komplexer Krankheitsbilder wie Morbus Parkinson mit einem TUG nicht adäquat analysiert werden können, da es erst auf längeren Distanzen verstärkt zu den typischen Symptomen kommt [20].

Eine interindividuelle Variabilität des Alterungsprozesses zeigte sich auch an dieser Stelle. Zwischen den Probanden bestanden große Unterschiede bezüglich der erreichten Gehgeschwindigkeit, der zurückgelegten Strecke und der benötigten Zeit, wie die folgende Tabelle (s. Tab. 6) veranschaulicht.

Test	Eingangstest	Ausgangstest
10 m komfort	0,28 – 1,32 m/s	0,53 – 1,31 m/s
10 m schnell	0,47 – 1,64 m/s	0,61 – 1,71 m/s
2 min	40,0 – 137,0 m	55,4 – 153,0 m
6 min	82,2 – 421,3 m	163,3 – 440,8 m
TUG	6,83 – 42,33 s	6,23 – 21,96 s

Tab. 6: Streuung der Testergebnisse der IG

Wie in ähnlich aufgebauten Studien im Rehabilitationsbereich, so gibt es auch in der vorliegenden Arbeit eine große Bandbreite verschiedener Einflussfaktoren, wie z.B. eine multimorbide Gesundheitsverfassung, die zu einer starken Heterogenität der Probanden führt. Dies ist ein generelles Problem geriatrischer Forschung. Als Ursache für die Verschlechterung einiger Probanden – überwiegend der KG – im Prä-Post-Vergleich kann evtl. die Bedeutung der jeweiligen Tagesform vorgehoben werden.

Somit können anhand der oben erläuterten Ergebnisse die im Kern des Forschungsinteresses aufgestellten Forschungsfragen bejaht werden.

Es kann also gefolgert werden, dass die Probanden der Interventionsgruppe mithilfe der MOTomed®-Bewegungstherapie bereits nach einer dreiwöchigen Therapiedauer ihre Gehfähigkeit und somit einen bedeutenden Aspekt ihrer Selbstständigkeit im Alltag im Vergleich zu einer Kontrollgruppe signifikant verbessern konnten.

Bei den Ergebnissen dieser Studie muss allerdings berücksichtigt werden, dass die positiven Therapieeffekte nicht allein auf die MOTomed®-Bewegungstherapie zurückgeführt werden dürfen, da das apparativ-assistive Bewegungstraining im Rahmen einer stationären Rehabilitation stattfand und letztlich die Kombination verschiedener Therapieanwendungen zum erwünschten Erfolg geführt hat.

Schlussfolgerung

Im Rahmen der vorgelegten Untersuchung sollte die Frage nach der Effektivität eines apparativ-assistiven MOTomed®-Bewegungstrainings mit geriatrischen Patienten während eines stationären Aufenthalts eruiert werden. Über einen Zeitraum von drei Wochen nahmen 42 gehfähige Patienten der geriatrischen Rehabilitation im Alter von durchschnittlich $80,57 \pm 5,27$ Jahren an der Untersuchung teil. Mithilfe der Randomisierung wurden 21 Probanden der Interventionsgruppe zufällig zugeordnet und bekamen zusätzlich zu konventionellen Therapieanwendungen ein auf 15 Minuten festgelegtes apparativ-assistives Bewegungstraining, das einmal täglich durchgeführt wurde. Die Steuerung des Widerstandes erfolgte anhand der Borg-Skala, wonach die Bremsbelastungsstufe dem subjektiven Anstrengungsempfinden der Probanden angepasst werden sollte. Bei den Trainingsparametern, die mithilfe des Bewegungstrainers gewonnen wurden, konnten die Probanden der Interventionsgruppe deutliche Verbesserungen aufweisen (Tab. 7).

Parameter	Verbesserung
aktive Trainingsdauer	+ 8 % (s.s.)
Distanz	+ 23,6 % (h.s.)
Leistung	+ 32,5 % (s.)

Tab. 7: Prozentuale Zusammenfassung des Trainingserfolges der IG

Die Teilnehmer der MOTomed®-Gruppe waren am Ende des Untersuchungszeitraumes in der Lage, sicherer, schneller und weiter zu gehen, das haben die Ergebnisse der Funktionstests durch eine deutliche Verbesserungen der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe bestätigt.

Die Performance in den Time-Walking-Tests lässt auf eine Verbesserung der Gehfähigkeit und gesteigerte allgemeine Ausdauer schließen.

Ohne die Vorzüge konventioneller Therapien schmälern zu wollen, lässt die Analyse der Ergebnisse die Erkenntnis zu, dass die MOTomed®-Bewegungstherapie als sporttherapeutische Anwendung dank ihrer funktionellen Wirkungsweise eine in vielen Aspekten effektive und zugleich effiziente Zusatztherapie darstellt und damit als aktivierende Rehabilitation in der Geriatrie der Forderung »Rehabilitation vor Pflege« entgegenkommt. Das Bewegungstherapiegerät kann in der Rehabilitation geriatrischer Patienten einen Beitrag zur Erhaltung und Steigerung der Mobilität und zur Verbesserung der Ausdauerfähigkeit leisten. Dies bedeutet eine größere Selbstständigkeit im Alltag und damit eine Erhöhung der individuellen Lebensqualität. Aufgrund des kurzen Interventionszeitraumes und des relativ geringen Stichprobenumfangs stellen die Ergebnisse dieser Studie allerdings lediglich Tendenzen dar. Deshalb ist es wünschenswert, dass weitere Studien mit einem größeren Stichprobenumfang und einem längeren Interventionszeitraum durchgeführt werden, um diese Tendenzen und Ergebnisse bestätigen zu können.

Literatur

1. AGAST – Arbeitsgruppe Geriatrisches Assessment (Hrsg): Geriatrische Basisassessment: Handlungsanleitungen für die Praxis. MMV Medizin, München 1995
2. Becker C, Lindemann U, Scheible S: Gangstörungen und Stürze. In: Nikolaus T (Hrsg): Klinische Geriatrie. Springer, Berlin u.a. 2000, 259-272
3. Borg G: Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. Dtsch Ärztebl 2004; 101 (15): A1016-1021
4. Demmer PC: Überprüfung der Ausdauerfähigkeit von Schlaganfallbetroffenen durch ein apparativ-assistives Training. Diplomarbeit, Deutsche Sporthochschule, Köln 2005
5. Enright PL, Sherrill DL: Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. Am J Respir Crit Care Med 1998; 138:1387
6. Fiehn R, Froböse I: Ausdauertraining in der Therapie. In: Training in der Therapie. Grundlagen und Praxis. Ullstein Medical, Wiesbaden 1998, 79-88
7. Götz-Neumann K: Gehen verstehen. Ganganalyse in der Physiotherapie. Georg Thieme, Stuttgart 2003
8. Green J, Forster A, Young J: Reliability of gait speed measured by a timed walking Test in Patient one year after stroke. Clin Rehabil 2002; 16: 306-314
9. Guralnik JM, Ferrucci L, Simonsik EM et al: Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. N Engl J Med 1995; 332: 556-560

10. Hauer K: Körperliche Bewegung und Training im Alter. In: Nikolaus T (Hrsg): Klinische Geriatrie. Springer, Berlin u. a. 2000, 815-824
11. Issacs B: Clinical and laboratory studies of falls in old people. Clin Geriatr Med 1985; 1: 513
12. Kamps A, Schüle K: Zyklisches Bewegungstraining der unteren Extremitäten in der Schlaganfallrehabilitation. Neurol Rehabil 2005; 11 (5): 259-269
13. King MB, Tinetti ME: A multifactorial approach to reducing injurious falls. Clin Geriatr Med 1996; 12: 745-759
14. King MB, Tinetti ME: Falls in community – dwelling older persons. J Am Gerontol Soc 1995; 43: 1146-1154
15. Masur H: Skalen und Scores in der Neurologie. Quantifizierung neurologischer Defizite in Forschung und Praxis. 2., akt. und überarb. Aufl., Georg Thieme, Stuttgart 2000
16. Nikolaus T: Älterwerden. Die neue Herausforderung. Springer, Berlin u. a. 1993
17. Nikolaus T, Zahn RK: Alter und Altern. In: Schmidt RF, Thews G: Physiologie des Menschen. Springer, Berlin u. a. 1997, 708-716
18. Perry J: Ganganalyse. Norm und Pathologie des Gehens. Urban & Fischer, München u. a. 2003
19. Petzold H: Die Behandlung und Aktivierung alter Menschen durch Integrative Tanz- und Bewegungstherapie. In: tum Suden-Weickmann A (Hrsg): Physiotherapie in der Geriatrie. Grundlagen und Praxis. Pflaum, München 1993, 229-251
20. Pils K: Morbus Parkinson: Gehstörungen und Sturzrisiko. Geriatrie-Praxis 2005; 3: o. S., Zugriff am 12.02.2007 unter <http://www.geriatrie-online.at/dynasite.cfm?dssid=4285&dsmid=64530&dspaid=494002>
21. Podsiadlo D, Richardson S: The Timed »Up & Go«: A test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. J Am Geriatr Soc 1991; 39: 142-148
22. Reck-Medizintechnik: ...für sich etwas bewegen. Die MOTomed-Therapie, passiv mit Motor oder aktiv mit eigener Muskelkraft. Firmen-Prospekt
23. Robbins AS, Rubenstein LZ, Josephson KR et al: Predictors of falls among elderly people. Arch Intern Med 1989; 149: 1628–1633
24. Rohde J, Jaschke B: Die »Gelenkschule«. Teil 2: Untersuchungen zum Einfluss des Fahrradergometertrainings auf die Gelenkschmerzen bei Conarthrose. Man Med 2004; 42: 279-286
25. Rost R: Sport- und Bewegungstherapie bei Inneren Krankheiten. Lehrbuch für Sportlehrer, Übungsleiter, Krankengymnasten und Sportärzte. Dtsch Ärzte, Köln 1995
26. Runge M: Gehstörungen, Stürze, Hüftfrakturen. Steinkopff, Darmstadt 1998
27. Runge M, Rehfeld G: Geriatriische Rehabilitation im Therapeutischen Team. Georg Thieme, Stuttgart 1995, 63-74
28. Rustemeyer J: Die Rehabilitation des älteren Behinderten. In: Platt D (Hrsg): Altersmedizin. Lehrbuch für Klinik und Praxis. Schattauer, Stuttgart 1997, 246-276
29. Statistisches Bundesamt: Bevölkerung Deutschlands bis 2050. 11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Wiesbaden 2006: 1-38
30. Trunz E, Schröder P: Apparatives Muskeltraining im Rahmen der orthopädisch-traumatologischen Rehabilitation. In: Froböse I, Nellesen G (Hrsg): Training in der Therapie. Grundlagen und Praxis. Ullstein Medical, Wiesbaden 1998, 167-180
31. Waters RL, Lunsfort BR, Pery J, Byrd R: Energy-speed relationship of walking: standard tables. J Orthop Res 1988; 6: 215-222
32. Weineck J: Bewegung und Sport, wozu? Zenk Promotion-Service, Forchheim 2000

Interessenkonflikt:

Es besteht kein Interessenkonflikt.

Korrespondenzadresse:

Dipl. Sportwiss. W. Diehl
Aschaffstr. 99
63741 Aschaffenburg
E-mail: tvaboxer@gmx.de

Prof. Dr. K. Schüle
Deutsche Sporthochschule Köln
Institut für Rehabilitation und Behindertensport
Carl Diem Weg 6
50933 Köln
E-mail: schuele@dshs-koeln.de