

Zyklisches Bewegungstraining der unteren Extremitäten in der Schlaganfallrehabilitation

A. Kamps, K. Schüle

Institut für Rehabilitation und Behindertensport, Deutsche Sporthochschule Köln

Zusammenfassung

Der Schlaganfall verursacht neben den neurologischen Beeinträchtigungen vor allem auch eine erhöhte Immobilität der Betroffenen, die wiederum zu Sekundärerkrankungen führen kann. Neben der physio- und ergotherapeutischen Versorgung, die die Betroffenen erfahren, soll der Einfluss eines in Eigenverantwortung durchgeführten Trainings auf die Alltagsmotorik von Schlaganfallpatienten untersucht werden.

Studiendesign: Aus einem Patientengut von 31 Schlaganfallpatienten wurden nach Randomisierung 16 Patienten (Alter: $63,1 \pm 8,1$ Jahre) mit einem MOTomed[®]-Bewegungstherapiegerät der Firma RECK¹ versorgt. Sie wurden dazu angehalten, zusätzlich zur konventionellen Therapie über 4 Monate täglich zweimal für 10 Minuten mit dem Therapiegerät zu trainieren. Die Intensität sollte der Stufe 13 der BORG-Skala (»etwas anstrengend«) entsprechen. Geprüft wurde vor allem der Einfluss des Trainings auf die Gehfähigkeit und Ausdauer, gemessen an der Gehgeschwindigkeit und der Gehstrecke in 2 und 6 Minuten. Zusätzlich wurden motorische Assessments durchgeführt (Tinetti-Test, Berg-Balance-Skala, Timed »Up & Go«-Test). Die Trainingsdaten wurden durch einen im Gerät angebrachten Chip aufgezeichnet und ausgewertet. Die Patienten der Kontrollgruppe (n=15, Alter: $65,8 \pm 10,7$ Jahre) erhielten die konventionelle Physio- und Ergotherapie.

Ergebnis: Die Ergebnisse der Untersuchung wiesen eine Verbesserung des 2- und 6-Minuten Gehtests ($p=0,015$, $p=0,003$), der komfortablen Gehgeschwindigkeit ($p=0,024$) sowie des »Up & Go«-Tests ($p=0,016$) auf. Außerdem waren die Patienten in der Lage, das Training über die Borg-Skala so zu steuern, dass die durchschnittliche Leistung während der Trainingseinheiten im Schnitt um 6,3 W gesteigert werden konnte ($p=0,009$).

Ausblick: Die Anwendung des MOTomed[®]-Bewegungstherapiegerätes kann als sinnvolle Ergänzung zur konventionellen Therapie betrachtet werden, bei der der Patient aktiv am Rehabilitationsprozess mitwirken kann.

Schlüsselwörter: Bewegungstherapiegerät, Schlaganfallrehabilitation, Gehfähigkeit

Cyclic movement training of the lower limb in stroke rehabilitation

A. Kamps, K. Schüle

Abstract

Besides neurological impairments, stroke causes above all immobility that may lead to secondary diseases. In addition to conventional physio- and ergotherapeutic intervention which is normally experienced by stroke victims, this study examined the effects and benefits of a home-based training with a MOTomed[®] movement trainer.

Study design: Out of 31 patients, an experimental group consisting of 16 patients (age: $63,1 \pm 8,1$ years) was supplied with a MOTomed[®] viva2 movement trainer. They were advised to train twice a day for 4 months in addition to their conventional therapy. The intensity of each training session corresponded to stage 13 on the Borg-Scale (»a little strenuous«). Primarily, the influence on gait was proved measuring gait velocity and the distance walked in the 2- and 6-Minutes-Walking Test. In addition, motoric assessments were used (Tinetti-Test, Berg-Balance-Scale, Timed »Up & Go«-Test). MOTomed[®] Data was collected by a chipcard placed in the cockpit of the apparatus. The patients of the control group (n=15, age: $65,8 \pm 10,7$ years) received conventional physio- and ergotherapeutic interventions.

Results: The results of this study showed an improvement in walking distance (2- and 6-Minute-Walking test; $p=0,015$, $p=0,003$), comfortable gait speed ($p=0,024$) and better results concerning timed »Up & Go« Test ($p=0,016$). Furthermore, patients were able to steer their training by using the Borg-Scale so that they achieved an average power increase of 6,3 W ($p=0,009$).

Conclusion: Using the MOTomed[®] movement trainer is a helpful addition to conventional therapy and supports an active participation in the rehabilitation process of stroke patients.

Key Words: stroke rehabilitation, movement trainer, gait

Einleitung

Zur Zeit leben ca. 800.000 Menschen in Deutschland, die an den Folgen eines Schlaganfalls leiden [1, 62], wobei die Inzidenzrate 182/100.000 Einwohner beträgt bzw. sich jährlich 150.000 neue Schlaganfälle ereignen. Hinzu kommen 15.000 Rezidivereignisse [18]. Nur ca. 20% der Überlebenden erholen sich so gut, dass sie ihr Leben ohne Einschränkungen fortführen können. Insgesamt 64% derjenigen, die das erste Jahr nach dem Ereignis überleben (ca. 100.000), bleiben pflegebedürftig und auf fremde Hilfe angewiesen. Wird auch der Anteil derjenigen, die den Schlaganfall nicht überleben oder schwerste neurologische Defizite davontragen, aufgrund der immer besser werdenden und schnelleren medizinischen Versorgung immer geringer, gilt es doch, für diejenigen, die wieder in ihre häusliche Umgebung zurückkehren können, eine dauerhafte Therapieform anzubieten. Die Zielsetzung solcher Maßnahmen ist neben der Therapie primärer neurologischer Schäden, die in der Regel mit physiotherapeutischen Interventionen durchgeführt wird, auch die Minimierung der Sekundärschäden, die durch zunehmende Immobilität entstehen. Die Folgen erstrecken sich dabei sowohl auf den Bewegungsapparat (u. a. Muskelatrophie, Muskelverkürzung, Inaktivitätsosteoporose) als auch auf das Herz-Kreislaufsystem (u. a. verminderte maximale Sauerstoffaufnahme), und eine verminderte allgemeine aerobe Ausdauer stellt ein Hindernis zur Bewältigung von Alltagsaufgaben dar [21, 61]. Es ist sogar davon auszugehen, dass die durch Immobilität hervorgerufenen kardiologischen Folgen eines Schlaganfalls eine größere Behinderung darstellen als die neurologischen. Da die Überlebensrate bei Schlaganfallbetroffenen sehr hoch ist [49, 60], stellen kardiale Erkrankungen bei Langzeitüberlebenden die häufigste Todesursache dar [54, 55].

Aus diesem Grunde muss ein nachhaltiges Rehabilitationskonzept verlangen, dass das Angebot bewegungstherapeutischer Maßnahmen erhöht wird. Diese sollten auch während physio- und/oder ergotherapiefreier Intervalle durchführbar sein, den Folgen von Immobilität und Inaktivität entgegenwirken und dem Betroffenen eine Erweiterung der Alltagsaktivitäten bieten.

Wie bei herkömmlichem sportlichem Training kann auch bei der Bewegungstherapie in der Schlaganfallrehabilitation davon ausgegangen werden, dass sich im Bereich des peripheren Nervensystems motorische Eigenschaften summativ verbessern lassen [12]. Verschiedene Studien haben bereits diese Trainierbarkeit von Schlaganfallpatienten bestätigt und die resultierenden physischen und psychischen positiven Effekte dokumentiert [13, 14, 35, 41, 52, 53]. Zudem bewiesen weitere Studien die Wirksamkeit intensiver Rehabilitation, z. B. durch Einsatz von Laufbandtraining zusätzlich zur konventionellen Therapie [24, 37]. Ein in der Literatur oft verwendeter Begriff ist in diesem Zusammenhang »task-related training« [10, 13, 37], für die

Schlaganfalltherapie in diesem Fall das Training von alltagsnahen Bewegungsabläufen zur Verbesserung von Kraft, Koordination und Flexibilität des betroffenen Beines, um die Gehfähigkeit der Patienten zu verbessern.

In der vorliegenden Studie sollte der Einfluss eines viermonatigen Trainings mit einem MOTomed®-Bewegungstherapiegerät bei Schlaganfallbetroffenen untersucht werden. Das Bewegungstherapiegerät ist als Hilfsmittel in das Hilfsmittelverzeichnis der gesetzlichen Krankenkassen aufgenommen und als sinnvolle, eigenverantwortliche Ergänzung zur geleiteten physio- und ergotherapeutischen Therapie gedacht, wodurch der Patient aktiv am Rehabilitationsverlauf mitwirken kann und den behandelnden Arzt und Therapeuten hinsichtlich eines optimalen Behandlungsergebnisses unterstützt. Das Spektrum der Anwendungen des hier verwendeten Bewegungstherapiegeräts erstreckt sich von passivem Üben über ein assistives bis hin zu aktivem Üben, was durch einen Servo-Elektroantrieb ermöglicht wird. Die Bewegungsform mit dem MOTomed®-Bewegungstherapiegerät erlaubt, unabhängig davon, ob es aktiv, passiv oder assistiv angewendet wird, eine sehr hohe Wiederholungszahl der Bewegung. Wiederholungsprozesse und gehäufte Wiederholungen einer Bewegung gelten in der Rehabilitation von Patienten mit Hemiparese hinsichtlich der Nutzung der Plastizität des zentralen Nervensystems und aufgrund des funktionalen Zusammenhangs von Afferenz und Efferenz erwiesenermaßen als besonders wirkungsvoll [12, 27].

Da Schlaganfall der häufigste Grund für eine erworbene Langzeit- und Gehbehinderung ist, galt das Augenmerk bei dieser Studie der Alltagsmotorik der unteren Extremitäten. Diese stellt in der Rehabilitation nach Schlaganfall bezogen auf die Gangrehabilitation und die Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL) einen wichtigen Bestandteil zur Wiedererlangung der Selbstbestimmtheit und Partizipation der Patienten dar, was das Therapieziel in allen Phasen der Rehabilitation sein sollte [27]. Zwar sind viele Patienten in der Lage, ohne fremde Hilfe zu gehen, doch schränken eine mangelnde Gehgeschwindigkeit sowie eine stark verminderte Ausdauer und die hohen metabolischen Kosten, die eine rasche Ermüdung hervorrufen, die Patienten in ihren Alltagsaktivitäten ein und zwingen sie zu weiterer Inaktivität [13, 35, 40]. Nur 7% der aus der Rehabilitation entlassenen Patienten sind in der Lage, 500 Meter kontinuierlich mit einer Geschwindigkeit zu gehen, die das sichere Überkreuzen einer Ampel gewährleistet [25]. Hinzu kommt die Angst vor Stürzen aufgrund mangelnder Gehsicherheit. Die 6-Monats-Inzidenz von Stürzen nach einem Schlaganfall wird in einer Studienkohorte mit 73% angegeben. 47% dieser Gruppe stürzten mehr als einmal, 24% konnten nicht wieder aufstehen, nachdem sie fielen [20]. Aus diesem Grunde sollte eine selbstständig durchgeführte bewegungstherapeutische Intervention auch ein gewisses Maß an Sicherheit bieten.

Die Ziele dieses Bewegungstrainings können daher folgendermaßen zusammengefasst werden:

1. Kompensation der Immobilisation,
2. Entgegenwirken von Sekundärschäden und Rezidiven,

¹RECK-Medizintechnik GmbH & Co. KG, Reckstraße 1 – 4, D-88422 Betzenweiler

3. Verbesserung der allgemeinen physischen Leistungsfähigkeit,
4. eigener Beitrag der Patienten am Rehabilitationsfortschritt – Hilfe zur Selbsthilfe als Teil der Rehabilitation

Ziel dieser Studie war:

1. Die Effektivität der MOTomed®-Therapie zu überprüfen: Konnten Patienten, die zusätzlich zur konventionellen Therapie vier Monate mit dem MOTomed®-Bewegungstherapiegerät trainiert haben, eine Verbesserung der Ergebnisse der abgefragten motorischen Testungen (wie durch die beschriebenen, angewendeten Testverfahren ermittelbar) im Vergleich zur Kontrollgruppe aufweisen?
2. Die Effektivität der Trainingssteuerung über die BORG-Skala zu überprüfen: Konnten die Patienten der Interventionsgruppe die Trainingsintensität selbständig dem Leistungsfortschritt anpassen?
3. Die Überprüfung der Therapiecompliance: Nutzen die Patienten das MOTomed® den Anweisungen entsprechend (Akzeptanz der Therapieform)?

Patienten und Methoden

Über einen Zeitraum von fünf Monaten konnten in drei stationären Rehabilitationseinrichtungen (Godeshöhe Bad Godesberg, RehaNova Köln-Merheim, Eifelhöhenklinik Marmagen) sowie zwei ambulanten Rehabilitationseinrichtungen (Neurologisch-interdisziplinäres Behandlungszentrum NIB Köln und Neurologisches Therapiezentrum NTC Köln) 40 Patienten rekrutiert werden, die folgende *Eingangskriterien* erfüllten:

1. Diagnose Schlaganfall mit resultierender Hemiparese
2. Gehbehinderung als Folge des Schlaganfalls, gehfähig unter Beobachtung und/oder mit Hilfsmittel >10 m
3. Erhaltene Instruktionfähigkeit
4. Zu Hause wohnend

Als *Ausschlusskriterien* wurden festgelegt:

1. Gesundheitliche Verfassung, die ein Training im submaximalen Bereich nicht zuließ
2. Schmerzen, die ein Training mit dem MOTomed®-Bewegungstherapiegerät nicht ermöglichten
3. Fähigkeit, auf einem herkömmlichen Fahrradergometer zu trainieren

Drop out

Von den rekrutierten Patienten mussten 9 aus gesundheitlichen und/oder organisatorischen Gründen aus der Studie ausscheiden, so dass Daten aus einem Kollektiv von 31 Patienten erhoben werden konnten.

Ablauf/Testungen

Das Studienvorhaben wurde von der Ethikkommission der DSHS Köln geprüft und genehmigt.

In den stationären Rehabilitationseinrichtungen wurden entlassene Patienten, die die Eingangskriterien erfüllten, soweit diese über die Datenbanken und die darin aufge-

	Anzahl (#/#)	Alter (Jahre) (MW±SD)	Monate seit Ereignis (MW±SD)	Ischämisch/Hämorrhagisch	Paretische Seite (li/re)	Anzahl wöchentl. Einheiten Phys/Ergo
IG	16 (11/5)	63,1±8,1	12±9,5	16/0	9/7	2,1/1,8
KG	15 (11/4)	65,8±10,7	15,4±12,1	15/0	7/8	2,1/1,9

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

fürten motorischen Assessments überprüfbar waren, über das Studienvorhaben informiert. In der Regel bestand die hier gesichtete Probandengruppe aus Phase-C-Patienten. In den ambulanten Zentren wurden geeignete Patienten vor Ort angesprochen und informiert. Von insgesamt 250 angeschriebenen bzw. informierten Patienten der teilnehmenden Rehabilitationseinrichtungen erklärten sich letztendlich 40 zur Teilnahme an der Studie bereit und unterschrieben eine Einverständniserklärung. Daraufhin folgte eine telefonische Terminabsprache für die Testungen an der DSHS Köln.

Die Auswahl der motorischen Testverfahren erfolgte durch Prüfung auf ausreichende Reliabilität und Validität, auf Vorliegen von alters-, aber auch krankheitsspezifischen Normen sowie Praktikabilität. Primäre Variablen waren die für die Patienten komfortable, »normale« Gehgeschwindigkeit, die maximale Gehgeschwindigkeit sowie die gegan- ge Strecke beim 2- und 6-Minuten Gehstest. Sekundäre Variablen stellten der Timed »Up & Go«-Test dar, der Tinetti-Test sowie die Berg-Balance-Skala.

Der Testablauf gliederte sich wie folgt auf:

1. Tinetti-Test
2. Testung Berg-Balance-Skala
3. Timed »Up & Go«-Test
4. 10-Meter-Test (1. komfortables, 2. schnelles Gehtempo)
5. 2/6-Minuten Gehstest

1. Tinetti-Test

Der Tinetti-Test untersucht Mobilitätsstörungen im Alter und beleuchtet das Risiko von Sturzgefährdungen [58]. Mit dem Test wird zum einen die Balance, zum anderen das Gangbild durch eine ordinale Skala bewertet (0–1 bzw. 0–2). Die erreichbare Punktzahl reicht beim Gleichgewichtstest von 0–15, bei der Gehprobe von 0–13 Punkte. Bei einem Ergebnis von 20–27 Punkten besteht die Wahrscheinlichkeit eines geringen Sturzrisikos. Erreicht der Proband 15–19 Punkte, so ist die Mobilität leicht eingeschränkt, das Sturzrisiko jedoch erhöht. 10–14 Punkte sprechen für eine mäßig eingeschränkte Mobilität, bei der das Sturzrisiko deutlich erhöht ist. Bei 0–9 Punkten ist die Mobilität massiv eingeschränkt, das Sturzrisiko massiv erhöht.

2. Berg-Balance-Skala (BBS)

Die Berg-Balance-Skala misst die Fähigkeit der Probanden, 14 Aufgaben zu bewältigen, die eine gewisse Balance-

fähigkeit erfordern, wie sie auch bei der Bewältigung der Aktivitäten des Alltags benötigt wird [5, 6]. Der Test ist von leichten (freies Sitzen) bis hin zu schweren (auf einem Bein stehen) Anforderungen aufgebaut. Bei der Aufgabe »Auf einem Bein stehen« wurde die paretische Seite bewertet. Die Bewertung erfolgt durch eine ordinale 5-Punkte-Skala (0–4), wobei die erreichbare Punktzahl von 0 bis 56 reicht. Hilfsmittel sind bei diesem Test nicht erlaubt.

3. Timed »Up & Go«-Test (TUG-Test)

Der Timed »Up & Go«-Test misst die Zeit in Sekunden, die die Probanden benötigen, um von einem Stuhl mit Armlehne (Sitzhöhe ca. 46 cm) aufzustehen, um eine 3 Meter entfernte Pylone zu gehen und sich wieder hinzusetzen. Bei der Eingangs- und Ausgangsposition soll der Rücken jeweils vollständig die Rückenlehne berühren. Erst bei Wiedereinnehmen dieser Position wird die Zeit gestoppt. Die Prozedur wurde den Probanden einmal demonstriert. Hilfsmittel waren wenn nötig erlaubt. Als uneingeschränkt selbständig werden Probanden bezeichnet, die den Test in unter 10 s absolvieren [48].

4. 10-Meter-Test (Gehgeschwindigkeit)

Bei diesem Test wird die Gehgeschwindigkeit der Patienten gemessen. Um die Schwankungseffekte von Beschleunigung und Abbremsen über diese Strecke minimal zu halten, wurde die Zeit über 10 m in der Mitte einer 14 m langen Strecke gemessen. Die Probanden gingen 3 Meter, bis sie die eigentliche Startlinie erreichten und die Messung begann. Um ein vorzeitiges Abstoppen vor der 10 m Markierung zu vermeiden, wurden die Probanden aufgefordert,

bis zu einer Linie zu gehen, die sich einen Meter hinter der Ziellinie befand. Diese Messung erfolgte zweimal mit der Aufforderung, in *komfortablem*, »normalem« Gehtempo zu gehen, und zweimal mit der Aufforderung, im schnellstmöglichen Gehtempo zu gehen. Der jeweilige Mittelwert beider Messungen wurde als Gehgeschwindigkeit in m/s festgelegt. Die Zeit wurde mit einer Stoppuhr gestoppt. Hilfsmittel waren wenn nötig erlaubt.

5. 2/6-Minuten-Gehtest

Der 2- bzw. 6-Minuten-Gehtest (2/6MGT) wurde benutzt, um die maximale Gehstrecke der Patienten in der begrenzten Zeit zu messen. Ursprünglich wurden die Tests zur Darstellung der Leistungsfähigkeit bei kardiologischen Patienten entwickelt [22], mittlerweile haben sie sich jedoch auch in der neurologischen Leistungsdiagnostik durchgesetzt. Hierbei werden die Patienten aufgefordert, die Strecke um ein 18 m langes und 9 m breites Rechteck in 6 Minuten möglichst oft zu begehen. Pausen waren erlaubt, die Zeit wurde jedoch nicht angehalten. Nachdem die Patienten 2 Minuten gegangen waren, wurde die Strecke, die sie bis dahin zurückgelegt hatten, markiert. Hilfsmittel waren wenn nötig erlaubt.

Intervention

Nach randomisierter Zuordnung in Interventions- und Kontrollgruppe wurde den Probanden der Interventionsgruppe für den Zeitraum von vier Monaten ein MOTomed®-Bewegungstherapiegerät der Firma RECK¹ zur Verfügung gestellt. Das Bewegungstherapiegerät ist als eine Art modifiziertes Fahrradergometer mit Motorantrieb zu verstehen, mit dem selbst nicht gehfähige oder stark gehbehinderte Patienten vom Rollstuhl oder Stuhl aus repetitive Bewegungen der Beine ausführen können (s. Abb. 1).

Aufgrund fehlender Oberkörperstabilität, hervorgerufen durch ein eingeschränktes Gleichgewichtsvermögen, ist es vielen Patienten nicht möglich, auf einem herkömmlichen Fahrradergometersattel zu sitzen. Ein anderer Vorteil gegenüber einem Ergometer ist die sehr fein abstufbare Steuerung des Bremswiderstandes, der getreten werden kann. Eine Servoelektronik ermöglicht zusätzlich, schon mit geringster Kraft eigenständige Bewegungen auszulösen, so dass Restkräfte entdeckt und ausgebaut werden können. Des Weiteren ist ein passives Bewegen der Beine möglich, um die Muskulatur zu lockern und die Gelenke beweglich zu halten. Um die Beine stets achsengerecht zu bewegen und insbesondere auf der paretischen Seite eine unerwünschte Belastung des Kniegelenks zu vermeiden, können Füße und Unterschenkel am Gerät fixiert werden. Bei einschließender Spastik wird diese vom Bewegungstherapiegerät erkannt, worauf das Gerät die Bewegung stoppt, eine Umkehrbewegung einleitet und die Spastik dadurch gelockert werden kann (Prinzip der antagonistischen Hemmung).



Abb. 1: Patient mit MOTomed®-Bewegungstherapiegerät

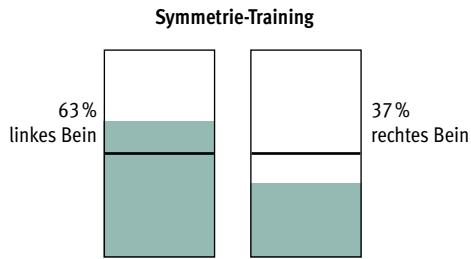


Abb. 2: Symmetrieanzeige des MOTomed®-Displays

Das Gerät ist mit einem Display ausgestattet, das dem Trainierenden ständig Informationen über die Umdrehungszahl, die Leistung (W^2 ; ergibt sich aus der eingestellten Widerstandstufe und der Umdrehungszahl), die zurückgelegte Strecke (ergibt sich aus den Parametern Leistung und Trainingsdauer) sowie die Trittsymmetrie (Vergleich rechts/links in %) liefert (s. Abb. 2). Die Symmetrieanzeige ermöglicht dem Patienten die Wahrnehmung des Kraftesatzes der betroffenen Seite.

Trainingshäufigkeit, durchschnittliche Leistung, Umdrehungszahl sowie Trainingsdauer und zurückgelegte Strecke wurden nach jedem Training auf einer Chipkarte gespeichert, die nach dem viermonatigen Interventionszeitraum über eine Computersoftware gelesen und ausgewertet werden konnte.

Das Training fand bei den Patienten zu Hause statt. Die Patienten bekamen lediglich die Vorgabe, zweimal täglich für jeweils mindestens 10 Minuten aktiv zu treten. Vor und nach dieser aktiven Phase sollte eine passive Warm-up bzw. Cool-down Phase von jeweils 2–3 Minuten durchgeführt werden. Diese Trainingshäufigkeit und -dauer wird auch von Gordon und Mitarbeitern für das Ausdauertraining bei Schlaganfallpatienten vorgeschlagen [21]. Des Weiteren wurden die Patienten dazu angehalten, mit einer Trittfrequenz von 50–70 Umdrehungen pro Minute zu treten [46] und besonderes Augenmerk auf die Symmetrieanzeige zu legen, um eine Rückmeldung über die Aktivität des hemiparetischen Beines zu erhalten. Der Bremswiderstand war so einzustellen, dass er der Stufe 13 des subjektiven Belastungsempfindens nach Borg entsprach (»etwas anstrengend«). Die Einteilung der Stufen des subjektiven Belastungsempfindens reicht auf einer Skala von 6 (»sehr, sehr leicht«) bis 20 (»sehr, sehr anstrengend«). Stufe 13 wird in der Regel zur Durchführung eines moderaten Ausdauertrainings angegeben. Die Borg-Skala hat sich methodisch bewährt und wird als zusätzliches diagnostisches Verfahren zur Feststellung des Ausmaßes der Beanspruchung und Ausbelastung in zahlreichen wissenschaftlichen Untersuchungen angewendet [9]. Besonders in der kardiologischen Rehabilitation findet dieses Verfahren Anwendung [28, 34]. Außerdem wurde darauf hingewiesen, den Bremswiderstand stets der individuellen Leistungsfähigkeit anzupassen, um eine Stagnation des Trainingsniveaus zu vermei-

den. Auch eine Erhöhung der Übungsdauer wurde, entsprechend den Leitlinien zur Motorischen Rehabilitation, als wünschenswert genannt [27]. Beim ersten Training stand den Patienten ein Diplom-Sportwissenschaftler zur Seite, der ihnen die Funktionen des Gerätes erklärte, Tipps zur richtigen Sitzposition gab sowie den Einstiegs widerstand festlegte. So konnte die Eingangsbelastung dem individuellen Leistungsvermögen in Abhängigkeit vom Allgemeinzustand und dem Schweregrad der Behinderung eingestellt werden. Eine Rückmeldung bzgl. der Trainingsfrequenz und Dauer sowie eventueller Komplikationen wurde bei den Patienten alle 14 Tage telefonisch eingeholt.

Die Kontrollgruppe erhielt während des Interventionszeitraumes die konventionelle Therapie aus Ergo- und Physiotherapie.

Statistik

Die statistischen Berechnungen wurden mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS 12.0 durchgeführt. Als Signifikanzniveau wurde $\alpha = 5\%$ ($p = 0,05$) gewählt. Bzgl. 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.

Um zu überprüfen, ob die Belastung am MOTomed® Bewegungstherapiegerät entsprechend den motorischen Fähigkeiten der Probanden eingestellt wurde, wurde ein Zusammenhang zwischen dem Eingangsergebnis des 6-Minuten-Gehtests und der durchschnittlichen Leistung (W) der ersten Woche durch den Korrelationskoeffizienten nach Pearson überprüft. Auf dieselbe Weise wurde überprüft, wie die Patienten das Training steuerten bzw. welche trainingsspezifischen Parameter (Zeit, Leistung, Trittfrequenz), die die Distanz beeinflussen, verändert wurden. Die Veränderungen der Parameter Distanz (aktiv), Zeit und Leistung zwischen erster und letzter Interventionswoche wurden für die Durchschnittswerte der einzelnen Probanden mittels t-Test berechnet.

Ergebnisse

Motorische Testungen

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. Tabelle 1) sowie der motorischen Leistungsfähigkeit keine signifikanten Unterschiede zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe. Nach dem Interventionszeitraum von vier Monaten zeigten sich signifikante Interaktionen/Wechselwirkungen der Gruppen bei den Tests 2- und 6-Minuten-Gehtest ($p = 0,015$, $p = 0,003$), komfortable Gehgeschwindigkeit ($p = 0,024$) sowie dem Ti-

² Die Wattzahl entspricht nicht der eines herkömmlichen Ergometers. Vergleiche zu diesen dürfen daher nicht gezogen werden.

	INTERVENTIONSGRUPPE			KONTROLLGRUPPE			Interaktion	
	Eingangstest	Ausgangstest	P _{IG}	Eingangstest	Ausgangstest	P _{KG}	P _{Interaktion}	
Tinetti-Test	22,69 ± 3,79	24,19 ± 3,27	n.s.	21,27 ± 5,06	22,07 ± 4,61	n.s.	n.s.	
Berg-Balance-Skala	41,31 ± 8,58	45,75 ± 8,48	n.s.	37,53 ± 10,62	39,4 ± 11,82	n.s.	n.s.	
TUG (s)	29,06 ± 18,27	22,18 ± 14,03	0,013	26,98 ± 14,83	26,81 ± 14,75	n.s.	0,016	
10 m (normal) (m/s)	0,53 ± 0,24	0,65 ± 0,29	0,002	0,55 ± 0,24	0,58 ± 0,25	n.s.	0,024	
10 m (schnell) (m/s)	0,68 ± 0,37	0,84 ± 0,41	n.s.	0,69 ± 0,34	0,75 ± 0,35	n.s.	n.s.	
2-Minuten-Gehtest (m)	65,7 ± 31,25	79,85 ± 37,76	0,001	67,96 ± 27,83	70,13 ± 29,18	n.s.	0,015	
6-Minuten-Gehtest (m)	188,28 ± 94,44	237,84 ± 115,66	0,001	194,01 ± 85,94	195,29 ± 88,25	n.s.	0,003	

Tab. 2: Testergebnisse der Interventions- und Kontrollgruppe im Vor- und Nachtest (MW ± SD), (α=5%, n.s.= nicht signifikant), Darstellung der Ergebnisse des t-Tests bei gepaarten Stichproben (p_{IG}; p_{KG}), Darstellung der Innersubjekteffekte (p_{Interaktion})

Woche	Leistung (W)	Dauer a. (min)	Dauer p. (min)	Distanz a. (m)	Distanz p. (m)	Trittfrequenz (UpM)
1	16,56 ± 6,40	15:32 ± 6:10	02:02 ± 2:00	3.387,54 ± 1.924,88	130,15 ± 144,54	57,34 ± 6,83
2	17,14 ± 7,60	16:04 ± 6:15	02:34 ± 2:48	3.348,04 ± 1.465,70	160,45 ± 177,88	57,77 ± 9,80
3	17,27 ± 8,16	15:31 ± 6:19	02:23 ± 2:23	3.327,60 ± 1.415,84	155,57 ± 166,83	57,17 ± 11,54
4	17,64 ± 8,63	14:42 ± 5:47	02:29 ± 2:25	3.221,34 ± 1.335,56	159,36 ± 169,99	57,24 ± 12,10
5	18,80 ± 9,16	15:37 ± 5:59	02:32 ± 2:40	3.515,06 ± 1.315,79	156,74 ± 177,28	58,14 ± 12,00
6	19,62 ± 9,76	15:19 ± 5:55	02:30 ± 2:58	3.596,68 ± 1.389,44	152,16 ± 174,63	58,86 ± 11,21
7	20,15 ± 9,36	16:20 ± 6:08	02:29 ± 2:49	3.981,23 ± 1.708,47	155,08 ± 183,37	59,10 ± 10,92
8	20,15 ± 9,09	15:51 ± 5:23	02:43 ± 3:15	4.037,10 ± 1.857,71	166,39 ± 194,34	58,44 ± 9,67
9	20,56 ± 9,47	15:48 ± 5:03	02:44 ± 3:21	4.035,93 ± 1.819,93	170,55 ± 202,91	58,69 ± 10,85
10	21,56 ± 9,57	15:15 ± 4:38	02:22 ± 2:49	4.066,79 ± 1.714,36	142,58 ± 158,94	59,41 ± 10,14
11	21,04 ± 9,81	14:55 ± 3:40	02:32 ± 3:15	3.971,42 ± 1.706,99	148,29 ± 170,18	58,88 ± 10,33
12	21,89 ± 10,58	16:08 ± 4:34	02:38 ± 3:10	4.365,71 ± 2.006,92	146,51 ± 168,14	58,79 ± 11,26
13	22,67 ± 10,62	15:12 ± 5:05	02:37 ± 3:03	4.320,97 ± 2.262,60	160,03 ± 184,69	58,69 ± 10,68
14	22,42 ± 11,62	15:17 ± 5:23	02:39 ± 3:28	4.275,80 ± 2.197,49	158,95 ± 189,86	57,88 ± 9,34
15	22,28 ± 10,64	15:35 ± 4:53	02:36 ± 3:08	4.404,62 ± 2.059,54	154,08 ± 178,23	57,27 ± 8,96
16	22,59 ± 11,16	16:30 ± 5:25	02:36 ± 2:58	4.715,86 ± 2.288,92	156,94 ± 182,99	57,06 ± 9,19

Tab. 3: Durchschnittliche Trainingswerte (MW ± SD) Woche 1 bis Woche 16

	Erste Woche	Letzte Woche	t-Test
Dauer aktiv (min)	15:32	16:30	p = 0,23 (n.s.)
Dauer passiv (min)	02:02	02:36	p = 0,211 (n.s.)
Distanz aktiv (m)	3.387,54	4.715,86	p = 0,027
Distanz passiv (m)	130,15	156,94	p = 0,256 (n.s.)
Leistung (W)	16,56	22,59	p = 0,009

Tab. 4: Durchschnittliche Trainingswerte der ersten und letzten Woche, t-Test (n.s.=nicht signifikant)

med »Up & Go«-Test (p=0,016). Keine Signifikanz konnte bei den motorischen Assessments Tinetti-Test (p=0,313) und Berg-Balance-Skala (p=0,1) festgestellt werden sowie bei der Testung der maximalen Gehgeschwindigkeit (p=0,188).

Bei Betrachtung der einzelnen Gruppen durch den gepaarten t-Test zeigten sich bei den Testungen 2- und 6-Minuten-Gehtest, komfortable Gehgeschwindigkeit sowie dem Timed »Up & Go«-Test ebenfalls signifikante Ergebnisse zugunsten der Interventionsgruppe bzw. nichtsignifikante Ergebnisse für die Kontrollgruppe (s. Tab. 2).

MOTomed®-Bewegungstraining

Um einen Überblick über die gewonnenen Daten aus den MOTomed®-Chipkarten und somit einen Leistungsverlauf zu erlangen, wurden die Trainingsdaten in Wochenabschnitten zusammengefasst und gemittelt. Betrachtet wurden hierbei die Parameter Leistung (Watt), durchschnittliche Trainingsdauer (aktiv, selbst getreten), durchschnittliche Trainingsdauer (passiv), durchschnittliche Distanz (aktiv), durchschnittliche Distanz (passiv) und Trittfrequenz (s. Tab. 3 u. 4, Abb. 3–6).

Die Trainingsdauer blieb während des Interventionszeitraumes nahezu unverändert, ebenso die Trittfrequenz. Eine Steigerung des Parameters Distanz erfolgte demnach im Durchschnitt über die Veränderung des Bremswiderstandes. Dies bedeutet folglich, dass das Erreichen eines höheren Ganges für die in der Studie teilnehmenden Patienten einen höheren Anreiz darstellt als die Erhöhung der Übungsdauer. Die Feststellung wird auch durch die hohe Korrelation der beiden Parameter untermauert (r=0,948, s. Abb. 7), bzw. durch die nicht vorhandene Korrelation zwischen der Distanz und der Trittfrequenz (r=0,211) und der Distanz und

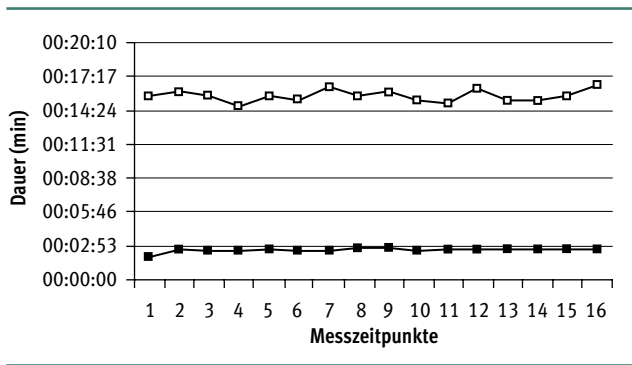


Abb. 3: Mittlere Trainingsdauer (□=aktiv, p=0,23/ ■=passiv, p=0,211) während des Interventionszeitraumes von 16 Wochen

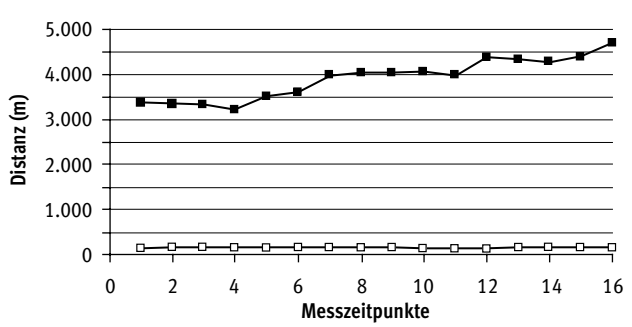


Abb. 4: Durchschnittliche Distanz aktiv (□; p=0,027), Durchschnittliche Distanz passiv (■; p=0,256). (Anm.: Distanz aktiv = (Watt x Zeit) / Faktor)

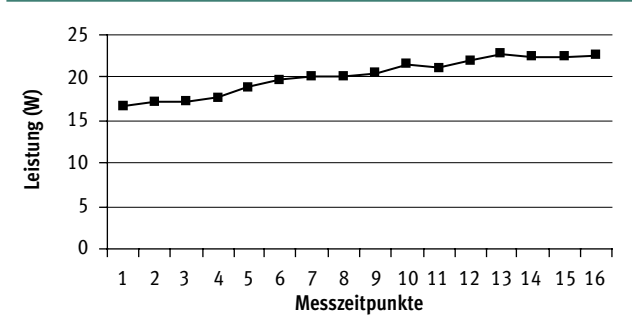


Abb. 5: Durchschnittliche Leistung (p=0,009) in Interventionswoche 1–16

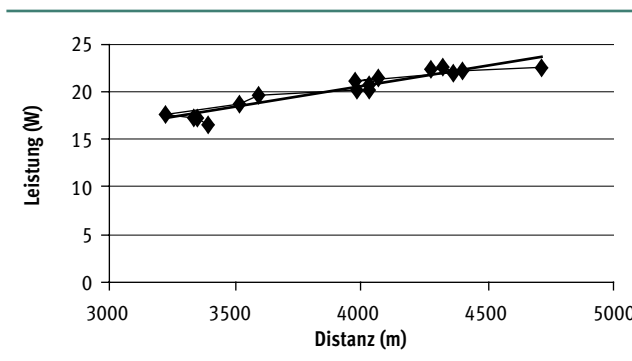


Abb. 6: Korrelation Leistung/Distanz (r=0,948) während Interventionswoche 1–16

der Trainingszeit ($r=0,357$). Weiterhin fällt bei Betrachtung des Parameters »Distanz passiv« sowie »Dauer passiv« auf, dass hier eine sehr hohe Standardabweichung erkennbar ist. Diese kann damit erklärt werden, dass viele Patienten die passive Funktion des Gerätes nicht nutzten und die Therapie nur auf das aktive Bewegen konzentrierten, obwohl die Trainingsanweisung auch einen passiven Bewegungsanteil im Sinne eines Aufwärmens und Abkühlens beinhaltete. Die Ergebnisse des t-Tests für den Vergleich zwischen erster und letzter Interventionswoche zeigen mit $p=0,027$ für die Distanz und $p=0,009$ für die Leistung signifikante Verbesserungen bei den Probanden (s. Abb. 6). Bei der aktiv getretenen Zeit konnte keine signifikante Veränderung festgestellt werden ($p=0,23$).

Eine Prüfung auf linearen Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des 6-Minuten-Gehtests des Eingangs- und Ausgangstests und der durchschnittlichen Leistung der ersten und letzten Interventionswoche wurde durchgeführt, um zu überprüfen, ob die Patienten die motorische Leistungsfähigkeit (gemessen am 6MWT) im MOTomed®-Training (gemessen an der durchschnittlich erreichten Wattzahl) umsetzen konnten. Ausgangspunkt der Überlegung war demnach, dass Patienten, die eine quantitativ bessere Gehfähigkeit aufwiesen (Distanz 6MGT), auch mit einer höheren Leistung (W) am MOTomed® trainieren müssten.

Wie in Abbildung 7 zu erkennen, korrelierten die gegangene Distanz im Eingangstest und die Leistung am MOTomed® auch miteinander ($r=0,72$), so dass davon ausgegangen werden kann, dass die Belastung am MOTomed®-Bewegungstherapiegerät entsprechend der motorischen Leistungsfähigkeit der Patienten angepasst wurde.

Die Probanden der Interventionsgruppe absolvierten im Durchschnitt $204 \pm 55,9$ Trainingseinheiten sowie 3.019 Trainingsminuten (aktiv getreten) während des Untersuchungszeitraumes.

Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde der Effekt eines viermonatigen Trainings mit dem MOTomed®-Bewegungstherapiegerät auf die Alltagsmotorik der unteren Extremitäten bei Schlaganfallpatienten untersucht. Die Patienten wurden

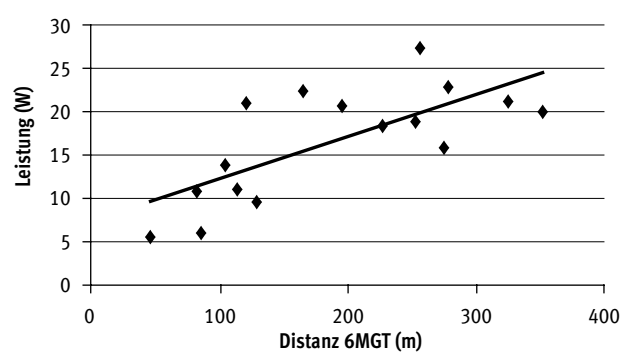


Abb. 7: Verhältnis Leistung MOTomed® (1. Trainingswoche) / Distanz 6-Minuten-Gehtest (6MGT) (Eingangstest); $r=0,72$

aufgefordert, zu Hause für den Zeitraum von vier Monaten (16 Wochen) zweimal täglich jeweils mindestens zehn Minuten aktive Bewegungen am Gerät auszuführen. Der Zeitraum wurde für angemessen gehalten, da eine Verbesserung der aeroben Ausdauer über eine kürzere Periode nicht zu erwarten war [61] und nicht vorhersehbare Fehltrainingszeiten (z. B. durch Erkrankungen usw.) mitkalkuliert werden mussten. Gemessen wurden vor und nach der Intervention Veränderungen anhand motorischer Tests sowie standardisierter Gehtests. Die hauptsächlichen Feststellungen hierbei waren eine Verbesserung der gegangenen Strecke in 2 und 6 Minuten, der komfortablen Gehgeschwindigkeit sowie eine Verbesserung der Zeit für den TUG-Test bei der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe. Bzgl. der motorischen Assessments (Tinetti-Test, Berg-Balance-Skala) und der maximalen Gehgeschwindigkeit konnte statistisch kein Unterschied zwischen beiden Gruppen verzeichnet werden.

Zwar bestand ein großer Unterschied in der Leistungsfähigkeit der einzelnen Teilnehmer, doch waren die Gruppen durch die Randomisierung gleichverteilt. Bezüglich der Behandlungsfrequenzen der Physio- und Ergotherapie bestand ebenfalls kein Unterschied zwischen beiden Gruppen (s. Tab. 1). Auf die Qualität der konventionellen Therapie aller Probanden, die in erster Linie vom jeweils behandelnden Therapeuten abhängig ist, konnte bei dieser Studie kein Einfluss genommen werden. Auch hier können Unterschiede in der Therapieintensität entstehen, die sich auf die Testungen auswirken. Dies stellt jedoch ein allgemeines Problem in der Rehabilitationsforschung dar und somit einen auch bei dieser Studie nicht kontrollierbaren Einfluss [23, 32].

Motorische Assessments

Die Testungen durch den Tinetti-Test und die Berg-Balance-Skala wiesen bei dieser Untersuchung keine Verbesserungen der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe auf, bzgl. des Mittelwertes verbesserten sich jedoch beide Gruppen. Der Tinetti-Test wurde im Gesamtergebnis betrachtet, d. h. die Ergebnisse des Teils »Balance« und die des Teils »Gangbild« wurden addiert. Bzgl. dieses Tests muss ein eventueller Deckeneffekt in Betracht gezogen werden. Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt 28, die schon im Eingangstest erreichten Punktzahlen der Interventions- und Kontrollgruppe betragen im Durchschnitt $22,69 \pm 3,79$ bzw. $21,27 \pm 5,06$ Punkte. Es waren demnach nur noch sehr geringfügige Steigerungen bis zum Erreichen der vollen Punktzahl möglich.

Auch bei der Berg-Balance-Skala fanden sich keine signifikanten Wechselwirkungen ($p=0,1$) zwischen den beiden Gruppen. *Stevenson* et al. stellten in einer Untersuchung mit Schlaganfallpatienten ($n=48$, Alter= $73,5 \pm 7$ Jahre) fest, dass ein Unterschied von mindestens 6 Punkten vom Vor- zum Nachtest bestehen muss, um eine signifikante Veränderung feststellen zu können [56]. In der vorliegenden Untersuchung bewegten sich die Unterschiede bei ei-

ner kleineren Patientengruppe vom Vor- zum Nachtest unterhalb dieser Grenze. Eventuell waren die hier angewandten Testverfahren nicht sensibel genug, um Veränderungen durch das Training mit dem MOTomed®-Bewegungstherapiegerät aufzuzeigen.

Bateman et al. stellten in einer ähnlichen Studie mit Hirn-geschädigten fest, dass die Leistungsverbesserung eines Ergometertrainings keine Auswirkungen auf die Mobilität hat [3]. Hier wurde in einer Gruppe ein zwölfwöchiges Ergometertraining und in einer anderen ein Entspannungstraining (Relaxation) durchgeführt. Die Teilnehmer der Ergometergruppe konnten eine Zunahme der Leistung am Ergometer verzeichnen, doch im Bereich Mobilität und »Physikalische Funktion«, unter anderem gemessen durch die Berg-Balance-Skala und Gehgeschwindigkeit (10 m), konnten statistisch keine Unterschiede zwischen beiden Gruppen festgestellt werden, ebensowenig beim Bereich »Psychologische Funktion«.

Besonders die statistischen Ergebnisse des Tinetti-Tests sowie der Berg-Balance-Skala zeigten, dass das Bewegungstraining am MOTomed® bestimmte alltagsrelevante Fähigkeiten in dieser Untersuchung nicht verbessern konnte bzw. mögliche Veränderungen durch diese ordinalen Punkteskalen nicht aufgezeigt werden konnten. Dennoch zeigte der Timed »Up & Go«-Test, der die Selbständigkeit und grundlegende motorische Fertigkeiten wie z. B. aus dem Bett, von einem Stuhl oder von der Toilette aufzustehen und einige Schritte zu gehen [30] überprüft, signifikante Ergebnisse ($p=0,013$).

Gehstestungen

Unabhängigkeit und Selbständigkeit werden in der Literatur unter anderem anhand der Gehstrecke und Gehgeschwindigkeit gemessen. *Perry* et al. untersuchten den Zusammenhang zwischen Beeinträchtigung (Impairment), Behinderung (Disability) und Benachteiligung (Handicap) bei 147 Schlaganfallpatienten [45]. Dabei fanden sie heraus, dass ab einer Gehgeschwindigkeit von 58 ± 18 cm/s mit Einschränkungen das Gemeindeleben ohne den Gebrauch eines Rollstuhls möglich ist. Selbständigkeit konnte erst ab einer Geschwindigkeit von 0,8 cm/s, das sichere Überqueren großer Straßen ab 1,2 m/s festgestellt werden. Ähnliche Ergebnisse fanden auch *Hoxie* et al. heraus [26]. Einer Studie von *Enright* und *Sherrill* zufolge beträgt die durchschnittliche 6-Minuten-Gehstrecke bei gesunden Männern ($n=117$, Alter= $59,5$ Jahre) 576 Meter. Bei Frauen ($n=173$, Alter= 62 Jahre) beträgt die Strecke 494 Meter [17]. Für erforderlich wird eine Mindestgehstrecke von 332 Metern und 80 m/min (1,33 m/s) angesehen [39]. Anderen Untersuchungen zufolge korreliert die Gehgeschwindigkeit mit der Kraft des paretischen Beines [8, 42, 50, 51] und der Gangqualität [43, 50, 59], so dass oben genannter Bezug der Gehfähigkeit zur Selbständigkeit der Patienten bekräftigt werden kann.

Auch die Ergebnisse des 6-Minuten-Gehtests und die für die Patienten komfortable Gehgeschwindigkeit wurden auf einen Zusammenhang hin untersucht. Sie korrelieren mit-

einander und zeigen eine Relation zum Schweregrad der Behinderung [16]. Deshalb sind diese Testergebnisse gute Indikatoren für die Selbständigkeit des Patienten.

In der vorliegenden Untersuchung erreichte niemand beim 6-Minuten-Gehtest die oben aufgeführten Distanzen, doch insbesondere hier zeigte sich eine sehr signifikante Wechselwirkung zwischen Interventions- und Kontrollgruppe (6-MGT: $p=0,003$, 2-MGT: $p=0,015$), was für die Therapie mit dem MOTomed®-Bewegungstherapiegerät spricht. Durch das signifikante Ergebnis beider Gehtests (2- und 6-MGT) wird deutlich, dass die Gehgeschwindigkeit bei der Testung während der gesamten 6 Minuten höher war als im Eingangstest. Interessanterweise zeigte sich jedoch keine signifikante Wechselwirkung bei Betrachtung der maximalen Gehgeschwindigkeit ($p=0,188$). Die hier untersuchte Patientengruppe betreffend ist jedoch zu erwähnen, dass bei einigen Patienten keine unterschiedlichen Gehgeschwindigkeiten gemessen werden konnten, da sie aufgrund der Angst vor einem Sturz nicht schnell gehen wollten bzw. konnten. Zum anderen zielte die Interventionsform vor allem auf eine Verbesserung der submaximalen Leistungsfähigkeit. Bezogen auf die Ergebnisse des 2- und 6-Minuten Gehtests und der komfortablen Gehgeschwindigkeit wurden diese Ziele erreicht.

Trainingssteuerung, Therapiecompliance

Im Vergleich zur intensiven Therapie während des stationären oder ambulanten Aufenthaltes in einer Rehabilitationseinrichtung, in der die Patienten ständig dazu aufgefordert werden, soviel wie möglich am Therapieergebnis mitzuarbeiten, spielt die Motivation der Patienten, zu Hause selbständig am Rehabilitationsprozess mitzuwirken und diesen fortzusetzen, eine ganz entscheidende Rolle. Es besteht demnach durchaus ein Zusammenhang zwischen der Motivation, das Training am Bewegungstherapiegerät im Bereich eines »etwas anstrengenden« subjektiven Belastungsempfindens zu gestalten, und dem motorischen Fortschritt, den die Patienten durch dieses Training erreichen. Eine in der Schlaganfallrehabilitation oft beschriebene Tatsache ist, dass die meisten Patienten den Großteil eines Tages, an dem keine therapeutische Behandlung stattfindet, eher inaktiv verbringen und nur selten Übungen zur Verbesserung der Motorik durchführen [2, 4, 19] oder bei Ausführung eines Trainingsprogramms ständiger Motivation bedürfen [61]. Andererseits könnte die Entlassung nach stationärem Rehabilitationsaufenthalt in die häusliche Umgebung die Motivation zu Übungen verstärken, da der Patient sich seiner limitierten funktionellen Möglichkeiten nun bewusster wird [11, 57]. Fakt ist jedoch, dass die meisten Patienten aus der stationären Rehabilitation entlassen werden ohne die Möglichkeit, die hier gewonnene physische Leistungsfähigkeit weiter auszubauen oder aufrechtzuerhalten [29].

Das Bewegungstherapiegerät, das in dieser Studie benutzt wurde, bietet dem Patienten eine sehr praktische und einfa-

che Möglichkeit, diese therapiefreie Zeit sinnvoll zu gestalten und am Therapieerfolg aktiv mitzuwirken.

Die hohe Compliance, belegt durch die Trainingshäufigkeit (durchschnittlich $204 \pm 55,9$ Trainingseinheiten während des Interventionszeitraumes pro Proband) und -regelmäßigkeit, die die Patienten der Interventionsgruppe aufwiesen, zeugt von einer allgemeinen Akzeptanz des Gerätes bei den Anwendern. Auch wurde das Training im Durchschnitt pro Einheit ca. 5 Minuten länger durchgeführt als vorgegeben (s. Tab. 3 u. 4). Ein weiterer Grund für die häufige Anwendung war aber auch die Sicherheit, in sitzender Position und damit ohne die Gefahr von Stürzen trainieren zu können, was auch in einer Studie von *Peurala et al.* beschrieben wird [46].

Bei dieser Untersuchung wurde besonders auf einen praxisnahen Bezug geachtet. Aufgrund der Tatsache, dass die Patienten bei Übergabe des Bewegungstherapiegerätes üblicherweise nur kurz in die Gerätebedienung eingewiesen werden und ansonsten das Training in Eigeninitiative steuern müssen, wurde auch bei dieser Studie die Belastungsintensität weder durch einen Belastungstest noch durch Herzfrequenzorientierung festgelegt. Die Belastungsintensität wurde lediglich über die Einteilung der Borg-Skala gesteuert, und die Eingangsbelastung wurde durch einen Diplom-Sportwissenschaftler eingestellt, entsprechend der Belastungsstufe 13 nach der Borg-Skala (»etwas anstrengend«). Diese Anweisung wurde 14-tägig telefonisch über eine Befragung der Probanden aufgefrischt und kontrolliert. Trotz dieser nur grob formulierten Richtlinie zeigten die Patienten auch in dieser Hinsicht Motivation und Therapiecompliance, so dass in der letzten Woche mit einem höheren Bremswiderstand und durchschnittlich 6,03 Watt mehr trainiert werden konnte (1. Woche: $16,56 \text{ W} \pm 6,4 \text{ W}$, letzte Woche: $22,59 \text{ W} \pm 11,16 \text{ W}$) bzw. sich die durchschnittlich erbrachte Leistung signifikant erhöhte ($p=0,009$). Wie durch den Korrelationskoeffizienten gezeigt, erfolgte die Eingangsbelastung der Patienten entsprechend ihrer motorischen Leistungsfähigkeit ($r=0,72$), gemessen am Ergebnis des 6-Minuten Gehtests.

Entsprechend einer Interview-Studie von *Payne et al.* bei 40 Schlaganfallpatienten bzgl. ihrer Motivationsgründe, an einem Fitnessprogramm teilzunehmen, muss jedoch auch hier deutlich hervorgehoben werden, dass der behandelnde Arzt einen ganz entscheidenden Einfluss auf die Einstellung der Patienten zu körperlicher Aktivität hat. Bei der oben genannten Studie wurde dokumentiert, dass 70% der Befragten auf die Frage nach der Motivation zur Teilnahme an Fitnessprogrammen unter anderem die Antwort »if the doctor told me« gaben [44].

Die Compliance spiegelte sich bei der vorliegenden Studie auch in dem Interesse, das die Patienten bekundeten, nach dem viermonatigen Zeitraum weiterhin mit dem Gerät trainieren zu wollen. 11 der 16 Patienten der Interventionsgruppe konsultierten den behandelnden Arzt bzgl. eines Verordnungsvorschlages.

Schlussfolgerung

Das Angebot an weiterführenden Therapien, wie z. B. die Möglichkeit zur Teilnahme an einer Rehabilitationssportgruppe für Schlaganfallbetroffene, ist oftmals von den strukturellen Gegebenheiten vor Ort abhängig. Zum anderen stellt die zum Teil noch sehr stark eingeschränkte Mobilität der Patienten einen limitierenden Faktor dar, so dass niedrige Therapiefrequenzen und/oder belastende und lange Anfahrtswege und -zeiten in Kauf genommen werden müssen. Eine Möglichkeit, den Therapieumfang zu erhöhen, ist daher neben der Eins-zu-Eins-Betreuung, wie sie in der Regel bei der Physiotherapie ausgeübt wird, das Hinzunehmen von Möglichkeiten, die die Eigeninitiative der Patienten fördern und ohne ständige therapeutische Supervision möglich sind [11]. Deshalb kann man das Training mit dem MOTomed®-Bewegungstherapiegerät als Alternative und Ergänzung zu anderen Therapieformen sehen. Die Einbettung des Gerätes in die bekannte häusliche Umgebung (das Bewegungstherapiegerät hat eine sehr geringe Aufstellfläche [$<1 \text{ m}^2$] und findet demnach in jeder Wohnung Platz) und der geringe Aufwand waren wahrscheinlich auch ein Grund für die vielen Trainingseinheiten, die geleistet wurden. Durch die einfache Bedienung sowie die patientenfreundliche Fixierung der Füße und Unterschenkel an dem Gerät kann der Patient das Training unabhängig von anderen Personen selbstbestimmend durchführen und gestalten. Eine Dokumentation des Bewegungstrainings, wie sie durch die Chipkarte im Gerät ermöglicht wird, erlaubt dem behandelnden Arzt und/oder Therapeuten mit Hilfe der entsprechenden Software eine Kontrolle bzgl. Umfang, Frequenz und Belastungsintensität. Auf diesem Wege können diese Personen, die direkt in den Rehabilitationsprozess involviert sind, die Nutzungsfrequenz und den -umfang des Gerätes überprüfen und den Patienten zum Fortführen der Therapie motivieren.

Die durchgeführte Studie zeigte einen deutlichen Einfluss des MOTomed®-Bewegungstherapiegerätes auf die Verbesserung der Ergebnisse des 2- und 6-Minuten-Gehtests, der komfortablen Gehgeschwindigkeit sowie der benötigten Zeit für den Timed »Up & Go«-Test. Da die Überlebensrate bei Schlaganfallbetroffenen sehr hoch ist [49, 60] und kardiale Erkrankungen bei Langzeitüberlebenden die häufigste Todesursache bleiben [54, 55], muss die Notwendigkeit der Verhütung zunehmender Inaktivität und immobilitätsbedingter Folgeschäden der Betroffenen nochmals unterstrichen werden. An diesem Punkt setzt das Bewegungstraining mit dem MOTomed® an. Die Patienten, die an dieser Untersuchung teilnahmen, erhielten im Durchschnitt zweimal pro Woche physiotherapeutische sowie zweimal pro Woche ergotherapeutische Anwendungen für jeweils durchschnittlich 30 Minuten. Sinn dieser Therapieformen ist jedoch vielmehr, vor allem im Rahmen der physiotherapeutischen Behandlung nach dem Bobath-Konzept, die Verminderung unphysiologischer Bewegungsabläufe und eine Inhibition der Spastizität [7]. Die Behandlung konzentriert sich demnach durch die Ausnutzung der Neuroplasti-

zität stärker auf die primären neurologischen Schäden und kann nur im Rahmen einer Eins-zu-Eins-Betreuung durchgeführt werden. Ziel des MOTomed®-Bewegungstherapiegerätes ist daneben die Minimierung eingangs erwähnter, immobilitätsbedingter Folgen durch tägliche, selbständige Anwendung im Sinne eines »task-related« Trainings sowie die Verbesserung der Gehfähigkeit. Beide Therapieformen zusammen sollten die Möglichkeit eröffnen, unter Einbeziehung des Patienten das optimale Therapieergebnis zu erzielen. Die Intensität der Rehabilitation nach Schlaganfall bestimmt maßgeblich das Rehabilitationsergebnis, welches auch, wie in dieser und anderen Studien gezeigt [33, 46], längere Zeit und im Gegensatz zu anderen Untersuchungen [31] auch jenseits der Sechsmonatsgrenze nach dem Ereignis zu motorischen Fortschritten der Patienten führen kann.

Literatur

1. Ackermann H: In: Zentgraf K (ed): Schlaganfall: Medizinische Grundlagen. Schlaganfall – bewegt in die Zukunft. Hofmann, Schorn-dorf 2003, 25-48
2. Ada L, Mackey F, Heard R, Adams R: Stroke rehabilitation: Does the therapy area provide a physical challenge? *Austral J Phys* 1999; 45: 33-38
3. Bateman A, Culpan FJ, Pickering AD, Powell JH, Scott OM, Greenwood RJ: The effect of aerobic training on rehabilitation outcomes after recent brain injury: A randomized controlled evaluation. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82 (2): 174-182
4. Belmont I, Benjamin H, Ambrose J, Restuccia RD: Effect of cerebral damage on motivation in rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 1969; 50: 507-511
5. Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI: The Balance Scale: Reliability assessment for elderly residents with an acute stroke. *Scand J Rehab Med* 1995; 27: 27-36
6. Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI, Maki B: Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can J Pub Health* 1992; July/August (Suppl 2): S7-S11
7. Bobath B: Treatment of adult hemiplegia. *Physiotherapy* 1977; 63: 310-313
8. Bohannon RW: Strength of lower limb related to gait velocity and cadence in stroke patients. *Physiotherapy Canada* 1986; 38: 204
9. Borg G: Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. *Dtsch Arztebl* 2004; 101: A1016-1021
10. Carr J, Shepherd R: Neurological rehabilitation: Optimizing motor performance. Butterworth Heinemann, Oxford 1998
11. Carr J, Shepherd R: Stroke Rehabilitation. Guidelines for exercise and training to optimize motor skill. Elsevier Science limited, 2003
12. Conradi E: In: Seidel EJ, Conradi E, Hübscher J, Scholle HC: Konzepte der Bewegungstherapie nach Schlaganfall – Beiträge zum Symposium Bewegungstherapie. Weimar 22.-23.09.1995 GFBB, Bad Kösen 1995, 65-67
13. Dean CM, Richards CL, Malouin F: Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: a randomized, controlled pilot trial. *Arch Phys Med Rehabil (United States)* 2000; 81 (4): 409-417
14. Duncan P, Studenski S, Richards L, et al.: Randomized clinical trial of therapeutic exercise in subacute stroke. *Stroke* 2003; 34: 2173-2180
15. Ellert U, Bellbach BM: Der SF-36 im Bundesgesundheits-Survey – Beschreibung einer aktuellen Normstichprobe. *Gesundheitswesen* 1999; 61: S184-S190
16. Eng JJ, Chu KS, Dawson AS et al.: Functional walk tests in individuals with stroke: relation to perceived exertion and myocardial exertion. *Stroke* 2002; 33 (3): 756-761
17. Enright PL, Sherrill DL: Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158: 1384-1387
18. Erlanger Schlaganfallregister: Schlaganfall in Deutschland. Gesundheitsberichterstattung (GBE) des Bundes. *Neurol Rehabil* 2004; 12: 322

19. Esmonde T, McGinley J, Wittwer J, Goldie P, Martin C: Stroke rehabilitation: Patient activity during non-therapy time. *Austral J Physiother* 1997; 43 (1): 43-51
20. Forster A, Young J: Incidence and consequences of falls due to stroke: a systematic inquiry. *BMJ* 1995; 311: 83-86
21. Gordon NF, Gulanic M, Costa F, Fletcher G, Barry A, Franklin BA, Roth EJ, Shephard T: Physical Activity and exercise recommendations for stroke survivors. An American Heart Association Scientific Statement from the council on clinical cardiology, subcommittee in exercise, cardiac rehabilitation and prevention; the council in cardiovascular nursing; the council on nutrition, physical activity, and metabolism; and the stroke council. *Stroke* 2004; 35: 1230-1240
22. Guyatt GH, Sullivan MJ, Thompson PJ et al.: The 6-minute walk: A new measurement of exercise capacity in patients with chronic heart-failure. *Can Med Assoc J* 1985; 132: 919-923
23. Haaf HG: Literaturübersicht zur Effektivität der medizinischen Rehabilitation bei chronischen Rückenschmerzen. Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium auf Norderney. DRV Schriften Band 12, 1999: 424-425
24. Hesse S, Bertelt C, Jahnke MT, Schaffrin A, Baake P, Malezic M, Mauritz KH: Treadmill training with partial body weight support as compared to physiotherapy in non-ambulatory hemiparetic patients. *Stroke* 1995; 26: 976-981
25. Hill K, Ellis P, Bernhardt J, Maggs P, Hull S: Balance and mobility outcomes for stroke patients: a comprehensive audit. *Aust J Physiother* 1997; 43: 173-180
26. Hoxie RE, Rubenstein H, Gallagher BR: The older pedestrian. *J Am Geriatr Soc* 1994; 42:444-450
27. Hummelsheim H, Freivogel S: Qualitätskriterien und Leitlinien für die motorische Rehabilitation von Patienten mit Hemiparesen – Leitlinien 2003 der DGKN. *Neurol Rehabil* 2003; 9 (5): 237-241
28. Ilarraza H, Myers J, Kottman W, Rickli H, Dubach P: An evaluation of training responses using self-regulation in a residential rehabilitation program. *J Cardiopulm Rehabil* 2004; 24 (1): 27-33
29. Ivey FM, Macko RF, Ryan AS, Hafer-Macko CE: Cardiovascular health and fitness after stroke. *Top Stroke Rehabil* 2005; 12 (1): 1-16
30. Isaacs B: Clinical and laboratory studies of falls in old people. *Clin Geriatr Med* 1985; 1: 513-524
31. Jorgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Vive-Larsen J, Stoier M, Olsen T: Outcome and time course of recovery in stroke. Part II: Time course of recovery. The Copenhagen Stroke study. *Arch Phys Med Rehabil* 1995; 76: 406-412
32. Kwakkel G, Wagenaar RC, Koelman TW, Lankhorst GJ, Koetsier JC: Effects of intensity of rehabilitation after stroke: a research synthesis. *Stroke* 1997; 28 (8): 1550-1556
33. Kwakkel G, Wagenaar R, Twisk J, Lankhorst G, Koetsier J: Intensity of leg and arm training after primary middle-cerebral-artery stroke: a randomised trial. *Lancet* 1999; 354: 1642-1643
34. Löllgen H, Ulmer HV: Das »Gespräch« während der Ergometrie: Die Borg-Skala. *Dtsch Arztebl* 2004; 101: A1014-1015
35. Macko RF, DeSouza CA, Tretter LD, Silver KH, Smith GV, Anderson JL et al.: Treadmill aerobic exercise training reduces the energy expenditure and cardiovascular demands of hemiparetic gait in chronic stroke patients. A preliminary report. *Stroke* 1997; 28: 326-330
36. Macko RF, Smith GV, Dobrovolsky CL, Sorkin JD, Goldberg AP, Silver KH: Treadmill training improves fitness reserve in chronic stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82 (7): 879-884
37. Macko RF, Ivey FM, Forrester LW: Task-oriented aerobic exercise in chronic hemiparetic stroke: Training protocols and treatment effects. *Top Stroke Rehabil* 2005; 12 (1): 45-57
38. Martinsen EW: Benefits of exercise in the treatment of depression. *Sports Med* 1990; 9: 380-389
39. Menhard-Rothe K, Sobush DC, Bousamra M, Haasler GB, Lipchik RJ: Self-selected walking velocity for functional ambulation in patients with end-stage emphysema. *J Cardiopulm Rehabil* 1997; 17: 85-91
40. Mol VJ, Baker CA: Activity intolerance in the geriatric stroke patient. *Rehabil Nurs* 1991; 16 (6): 337-343
41. Nugent JA, Schurr KA, Adams RA: A dose-response relationship between the amount of weight bearing exercise and walking outcome following cerebrovascular accident. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; 75 (4): 399-402
42. Olney SJ, Griffin JP, Monga TN, McBride ID: Work and power in gait of stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1991; 72: 309-314
43. Olney S, Richards CL: Hemiparetic gait following stroke: Part I: Characteristics. *Gait & Posture* 1996; 4: 136-148
44. Payne A, Greig C, Young A et al.: Views of stroke patients on physical fitness training. *Age Ageing* 2001; 30 (5): 429
45. Perry J, Garrett M, Gronley JK, Mulroy SJ: Classification of walking handicap in the stroke population. *Stroke* 1995; 26 (6): 982-989
46. Peurala SH, Pitkänen K, Sivenius J, Tarkka IM: How much exercise does the enhanced gait-oriented physiotherapy provide for chronic patients? *J Neurol* 2004; 251: 449-453
47. Potempa K, Lopez M, Braun LT, Szidon JP, Fogg L, Tinckell T: Physiological Outcomes of aerobic exercise training in hemiparetic stroke patients. *Stroke* 1995; 26: 101-105
48. 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
49. Richards JS, WT Jackson, TN Novack: In: Fuhrer MJ (ed): *Assessing Medical Rehabilitation Practices: The Promise of Outcomes Research*. Paul H Brookes, Baltimore 1997, 319-346
50. Richards CL, Malouin F, Dumas F et al.: In: Craik RL, Oatis CA (ed): *Gait analysis: Theory and applications*. Mosby, St Louis 1995, 355
51. Richards CL, Malouin F, Dean C: Gait in stroke: Assessment and rehabilitation. *Clin Geriatr Med* 1999; 15 (4): 833-855
52. Rimmer JH, Wang E: Aerobic exercise training in stroke survivors. *Top Stroke Rehabil* 2005; 12 (1): 17-30
53. Rimmer Jh, Riley B, Creviston T, Nicola T: Exercise training in a predominantly african-american group of stroke survivors. *Med Sci sports Exerc* 2000; 32 (12): 1990-1996
54. Roth EJ: Heart disease in patients with stroke: incidence, impact and implications for rehabilitation. Part I: classification and prevalence. *Arch Phys Med Rehabil* 1993; 74: 752-760
55. Sacco RL, Wolf PA, Kannell WB, McNamara PM: Survival and recurrence following stroke: The Framingham Study. *Stroke* 1982; 13: 290-295
56. Stevenson TJ: Detecting change in patients with stroke using the Berg Balance Scale. *Aust J Physiother* 2001; 47 (1): 29-38
57. Tangeman P, Banaitis D, Williams A: Rehabilitation for chronic stroke patients: Changes in functional performance. *Arch phys Med Rehabil* 1990; 71: 876-880
58. Tinetti ME: Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *JAGS* 1986; 34: 119-126
59. Wade DT, Wood VA, Heller A et al.: Walking after stroke: Measurement and recovery over the first 3 months. *Scand J Rehabil Med* 1987; 19: 25-30
60. Wolf PA, Claggett GP, Easton JD et al.: Preventing ischemic stroke in patients with prior stroke and transient ischemic attack: a statement for healthcare professionals from the Stroke Council of the American Heart Association. *Stroke* 1999; 30: 1991-1994
61. Wolman RL, Cornall C: Aerobic training in brain-injured patients. *Clin Rehabil* 1994; 8: 253-257
62. www.schlaganfallhilfe.de

Korrespondenzadresse:

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