

# Computergestützter Armtrainer als Ergänzung der motorischen Rehabilitation schwer betroffener Patienten nach Schlaganfall

C. Werner<sup>1</sup>, G. Schulte-Tigges<sup>2</sup>, A. Bardeleben<sup>1</sup>, S. Hesse<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Klinik Berlin, Abtlg. Neurologische Rehabilitation, Freie Universität Berlin, <sup>2</sup>Olioid GmbH, Berlin

## Zusammenfassung

**Zielsetzung** der offenen Studie war es, den Effekt einer zusätzlichen tagtäglichen Therapie mit dem computergestützten Armtrainer »Bi-Manu-Track« auf die motorischen Funktionen und den Faustschluss schwer betroffener, chronischer hemiparetischer Patienten zu untersuchen.

**Patienten:** 15 chronische hemiparetische Patienten, minimales Schlaganfallintervall von 3 Monaten, hochgradige Armparese ohne erkennbare Willküraktivität der Hand- und Fingerstrecker und keine oder nur geringgradige Beugespastik der oberen Extremität.

**Intervention:** Zusätzliches tägliches Training von 25 min auf dem Armtrainer für vier Wochen. Das Gerät erlaubte das passive und aktive bilaterale Üben einer Unterarmpro- und -supination sowie eine Dorsal- und Volarflexion des Handgelenks. Die Patienten übten 800-900 Repetitionen pro Sitzung.

**Abhängige Variablen:** Fugl-Meyer Score der oberen Extremität (FM, 0–66) und die Faustschlusskraft der paretischen Seite, jeweils von einem unabhängigen Untersucher vor und nach Therapie erhoben, sowie die subjektive Einschätzung der Patienten.

**Resultate:** Alle Patienten beurteilten die Therapie positiv, unmittelbare Nebenwirkungen oder eine anhaltende Spastikzunahme wurden nicht beobachtet. Zehn der 15 Patienten steigerten ihren FM um wenigstens 5 Punkte, der Median FM Score stieg von 9,0 auf 13, die Faustschlusskraft verbesserte sich im Mittel von 6,9 ( $\pm 5,8$ ) auf 21,8 ( $\pm 17,2$ ) N während der vierwöchigen Therapie mit dem Armtrainer. Drei Patienten konnten ihre Hand erstmals für grobe Haltefunktionen einsetzen.

**Zusammenfassung:** Der computergestützte Armtrainer »Bi-Manu-Track« bietet die Möglichkeit einer zusätzlichen intensiven Therapie für Patienten nach Schlaganfall mit einer hochgradigen Parese der oberen Extremität. Die Ergebnisse der vorliegenden Pilotstudie rechtfertigen eine kontrollierte Untersuchung als nächsten Schritt.

**Schlüsselwörter:** Schlaganfall, Hemiparese, Rehabilitation, Armtrainer

## Computerized armtraining in rehabilitation of severely affected chronic hemiparetic patients after stroke

C. Werner, G. Schulte-Tigges, A. Bardeleben, S. Hesse

### Abstract

**Objective:** to investigate the effect of an additionally applied daily therapy with the computerized arm trainer »Bi-Manu-Track« on upper limb motor function and grip strength in severely affected chronic hemiparetic patients after stroke.

**Patients:** Consecutive sample of 15 chronic hemiparetic patients; minimal stroke interval 3 months, highly paretic with no volitional hand and finger extension, no or little flexor spasticity.

**Intervention:** Additional daily therapy of 25 min with the arm trainer for 4 weeks; the 1-degree of freedom trainer enabled the bilateral passive and active practice of a forearm pro-, -supination and wrist dorsi-, volarflexion; patients practiced 800–900 repetitions per session.

**Main Outcome Measures:** Fugl-Meyer Score upper extremity (FM, 0–66), grip strength of the paretic side (N), independently assessed before and after therapy, and patients' subjective impression.

**Results:** All patients rated the therapy positive, immediate side effects or a muscle tone increase were not observed. 10 out of 15 patients could improve their FM score for at least 5 points, the median FM was 9 before and 13 after therapy, three patients could then use their hand for simple holding tasks. Mean grip strength improved from 6,9 ( $\pm 5,8$ ) to 21,8 ( $\pm 17,2$ ) N during the 4 weeks of arm trainer therapy.

**Conclusions:** The computerized arm trainer »Bi-Manu-Track« allowed an additional intensive therapy for severely affected stroke patients. The results of the present open study justify a controlled study in a next step.

**Key words:** stroke, hemiparesis, rehabilitation, arm trainer

Neurol Rehabil 2003; 9 (3-4): 143-148

## Einleitung

Jedes Jahr erleiden ca. 300.000 Menschen einen Schlaganfall in Deutschland, wovon 80% unter einer bleibenden Beeinträchtigung ihrer Arm-Handfunktion leiden. In der Hälfte der Fälle wiederum ist die Parese so hochgradig, dass die Patienten funktionell einhändig sind [12].

Einem modernen Konzept gemäßes aufgabenspezifisch repetitives Üben ist für diese Patientengruppe schwierig umzusetzen, die sog. Taubsche Therapie [16] mit erzwungenem Gebrauch der betroffenen Hand kommt noch nicht in Frage und ein intensives, therapeutisches Beüben in einer 1:1 Situation ist personal- und kostenintensiv.

Es liegt daher nahe, im Rahmen des Konzeptes der automatisierten motorischen Rehabilitation [5] intelligente Maschinen zur Steigerung der Intensität einer individuell abgestimmten Therapie für schwer betroffene Patienten einzusetzen.

Hogan und Mitarbeiter waren die ersten, die einen robotergestützten Armtrainer, den sog. »MIT-Manus«, entwickelten [7]. Das Gerät erlaubte das Üben einer ungehinderten Schulter-Ellenbogenbewegung in der Horizontalen, eine Impedanzkontrolle diente der Simulation der erfahrenen Therapeutenhand hin zu einer weichen und ruckfreien Bewegungsausführung. Zwei kontrollierte Studien mit insgesamt 78 Patienten konnten einen größeren Zugewinn für die Schulter- und Ellenbogenkraft in der Robotergruppe belegen, motorische Funktionen unterschieden sich dagegen nicht wesentlich [8, 16].

Burgar und Mitarbeiter stellten den »MIME« Roboter vor, der zwecks Fazilitation der betroffenen Seite via intercallosaler Fasern das bilaterale Üben einer Schulter-Ellenbogenbewegung in der Horizontalen erlaubte [3]. Die Steuerung erfolgte nach dem »master and slave« Prinzip, d.h. die paretische Seite folgte der nicht-paretischen spiegelbildlich. Eine Studie mit 30 chronischen Patienten zeigte, dass eine 20-malige Therapie mit dem Gerät einer krankengymnastischen Behandlung vor allem hinsichtlich der Kraftsteigerung der oberen Extremität und weniger hinsichtlich der Verbesserung der Arm- und Handfunktionen überlegen war [9].

Unsere Arbeitsgruppe entwickelte den computergesteuerten Armtrainer »Bi-Manu-Track«, der das bilaterale Üben zweier distaler Bewegungen, einer Pro-/Supination des Unterarms und einer Flexion/Extension des Handgelenks, erlaubte [6]. Entweder erfolgte die Bewegung beidseits passiv, oder die nicht-betroffene bewegte die betroffene Hand, die wiederum je nach Fähigkeiten die Bewegung unterstützen konnte.

Eine erste offene Studie zeigte eine anhaltende Tonusminderung des Handgelenks und der Finger bei schwer betroffenen, chronischen Patienten mit einer mäßig bis schwer ausgeprägten Beugespastik der oberen Extremität [6]. Die vorliegende Arbeit wollte klären, inwieweit schwer betroffene Patienten mit einer hochgradigen Parese ohne oder mit nur geringer Tonussteigerung von einer zusätzlichen Therapie mit dem Armtrainer profitieren konnten.

Annahme war, dass das repetitive bilaterale Üben mit Fazilitation der betroffenen Seite, unterstützt durch den wiederholten aktiven Einsatz der betroffenen Hand, zu einer Verbesserung motorischer Funktionen führen könnte. Um den Einfluss der Spontanerholung zu verringern, sollte der Schlaganfall mindestens 3 Monate zurückliegen.

## Funktionsweise des Gerätes

Das Gerät erlaubte das bilaterale, spiegelbildliche Üben zweier Bewegungen: eine Pro- und Supination des Unterarms sowie die Flexion und Extension des Handgelenks. Folgende Therapiemodi waren möglich: a) passiver Modus mit individuell einstellbarer Amplitude und Geschwindigkeit, b) aktiv-passiver Modus, d.h. die nicht-betroffene Seite bewegte die betroffene gegen einen individuell einstellbaren, über die gesamte Wegstrecke wirksamen Widerstand, und c) aktiv-aktiver Modus, d.h. die betroffene Hand musste zusätzlich einen initialen isometrischen Widerstand gemäß den Möglichkeiten überwinden, um die bilaterale Bewegung zu erlauben. Eine serielle Schnittstelle ermöglichte eine elektronische Patientenverwaltung, eine Therapiedokumentation und eine Erfolgskontrolle anhand der seitengetrenten isometrischen Kräfte in alle Richtungen. Das repetitive bilaterale Üben zielte auf eine Fazilitation der betroffenen Seite via intercallosaler Fasern (bilaterales Üben), unterstützt durch den wiederholten, aktiven Einsatz der betroffenen Seite soweit möglich in Modus 3 [2, 10, 14]. Die ruckfreie passive Bewegung mit individuell einstellbarer Amplitude zielte auf eine Mobilisation der Weichteile sowie auf eine Förderung afferenter, propriozeptiver Informationen. Nelles und Mitarbeiter konnten zeigen, dass wiederholte passive Bewegungen hoch paretischer Extremitäten im Vergleich zu einer konventionellen Therapie zu einer stärkeren Förderung der kortikalen Plastizität sowohl im ipsi- als auch kontralateralen sensomotorischen Rindenfeld geführt hatten [13]. Der distale Ansatz greift die beschriebene Konkurrenz von Rindenfeldern distaler und proximaler Extremitätenabschnitte um plastische Strukturen auf [11]. Entsprechend ist bei angestrebter Wiederherstellung der Handfunktion eine distale Therapie angezeigt.

## Beschreibung des Gerätes

Der Patient saß mit rechtwinklig gebeugtem Ellenbogen an einem höhenverstellbaren Tisch, die Unterarme waren in Neutralstellung in verschiebbaren Armpolstern gelagert. Jede Hand umfasste einen gepolsterten, sich nach oben verjüngenden Griff mit einem Durchmesser von ca. 3 cm. Ein ca. 4 cm Klettband hielt die Hand in Position (Abb. 1, 2). Die Griffe waren mittels einer Achse mit dem jeweiligen Elektromotor (max. Drehmoment 5 Nm) verbunden. Zwei Griffsets standen zur Verfügung, mit einer horizontalen Achse für die Drehbewegung des Unterarms und mit einer vertikalen Achse für die Bewegung des Handgelenks. Um die Bewegungsrichtung zu wechseln,



**Abb. 1:** computergestützter Armtrainer, ein links-hemiparetischer Patient übt eine repetitive bilaterale Pro- und Supination des Unterarms auf dem Armtrainer

wurde das Gerät um 90° gekippt und die Griffe gewechselt. Eine Nachgiebigkeitsregelung bei fortwährender Registrierung von Positions- und Kraftdaten erlaubte eine möglichst gleichmäßige und ruckfreie Bewegungsausführung. Eine digitale Anzeige informierte über die Bewegungszyklen und diente der Auswahl des jeweiligen Therapieprogramms und der Behandlungsparameter wie Amplitude, Geschwindigkeit und Widerstände. Das Display und ein universeller Drehknopf (Funktion in Abhängigkeit von dem jeweiligen Programm) waren mittig in Griffweite des Patienten angeordnet und konnten somit einhändig bedient werden.

### Patienten und Methoden

15 hemiparetische Patienten nahmen an der offenen Studie teil. Sie waren sieben Männer und acht Frauen, das mittlere Alter war 61,8 (Bereich 41–77) Jahre. Sechs Patienten waren rechts- und neun Patienten linkshemiparetisch betroffen. Der Schlaganfall lag vor Studienbeginn im Mittel 20,3 (Bereich 3–84) Monate zurück.

Sie erfüllten u. a. die folgenden Einschlusskriterien:

- erstmaliger supratentorieller Schlaganfall mit einem Intervall vor Studienbeginn von mindestens 12 Wochen nach Insult;
- hochgradige Armlähmung ohne erkennbare Willkürbewegung der Hand- und Fingerstrecker [motor. Fugl-Meyer Arm Score obere Extremität < 15 (0–66)];



**Abb. 2:** computergestützter Armtrainer, ein links-hemiparetischer Patient übt eine repetitive bilaterale Dorsal- und Volarflexion des Handgelenks auf dem Armtrainer

- keine oder nur geringgradige Beugespastik des Handgelenks und der Finger [modifizierter Ashworth Score < 2 (0–5)];
- keine schwerwiegenden Störungen der Kommunikation oder Kognition, die ein Verständnis der Studie ausschlossen.

Die Patienten übten jeden Werktag 25 min mit dem Armtrainer über vier Wochen, d. h. an 20 Terminen. In jeder Sitzung übten die Patienten die passive Bewegung (Modus 1) 200 mal je Bewegungsrichtung, nachfolgend 200 mal den Modus 2, was gesamt 800 Repetitionen entsprach. Nach drei bis 10 Sitzungen konnten acht Patienten dann auch im Modus 3 bis zu 50 mal zu üben. Ein Therapeut leitete die Therapie. Seine Aufgaben waren: die Instruktion des Patienten in die einhändige Handhabung des Gerätes, während der Therapie die Positionierung der Patienten, die Befestigung der Hand, die Festlegung der Bewegungsamplitude, das Starten des Programmes, nach ca. 10 min der Wechsel des Griffsets mit erneuter Initiierung der Therapie und die Beendigung der Therapie. Der Zeitaufwand für diese Schritte betrug wenige Minuten. Die Patienten waren instruiert, die verschiedenen Therapiemodi und die Parameter Geschwindigkeit und Widerstände während der Therapie selbst zu wählen. Ein Spiegel sollte helfen, kompensatorische Bewegungen mit der Schulter und dem Rumpf zu vermeiden. Der Therapeut stand als Ansprechpartner

während der Behandlung im Raum zur Verfügung, falls z. B. die paretischen Finger abrutschen oder die Patienten die Programme nicht selbstständig auswählen konnten. Zusätzlich nahmen die Patienten an der Standardtherapie in der Klinik teil, diese umfasste u. a. 45 min Ergotherapie an 4 Werktagen pro Woche. Inhalte waren u. a. ein Einhändertraining mit der nicht-betroffenen Seite sowie eine funktionelle Therapie des betroffenen Armes mit Anteilen aus dem Perfetti- (geführte Bewegungen zur Förderung der Wahrnehmung) und Bobathkonzept (Tonusinhibition, proximale Therapie mittels bilateralem Stütz und geführten Bewegungen).

### Untersuchung

Zum einen beurteilten die Patienten die Therapie subjektiv. Zum anderen untersuchte eine unabhängige Person den Fugl-Meyer Arm Score [4] und die beidseitige Faustschlusskraft vor und nach Therapie.

Der valide und reliable Fugl-Meyer Arm Score ist in Form einer Ordinalskala aufgebaut und orientiert sich an der Rückbildung motorischer Funktionen, d. h. ausgehend von der initial schlaffen Parese über Reflexaktivität mit synergistischen Bewegungsmustern proximaler und distaler Abschnitte hin zu selektiven Bewegungen auch der Hand und der Finger. Im Motorikteil (0–66) werden entsprechend Muskeldehnungsreflexe (max. 4), proximale Willkürbewegungen a) innerhalb der Flexor- und Extensorsynergie (max. 18), b) in einer Kombination aus den dynamischen Synergien (max. 6) oder in geringer oder ohne Abhängigkeit von Synergien (max. 8) untersucht. Abschließend werden die Funktion des Handgelenks (max. 10), der Hand (max. 14) und der Finger-Naseversuch (max. 6) bewertet. Der Sensibilitätsteil (max. 12) beinhaltet die Prüfung der Oberflächenberührung und des Lagesinns.

Zur Kraftmessung der betroffenen und nicht-betroffenen Hand wurde ein Dynamometer (Medical Research LTD) eingesetzt, der Patient saß mit rechtwinklig gebeugtem Ellenbogen an einem Tisch, die Unterarme waren in

Neutralstellung in einem Polster gelagert und der Patient umfasste zwei 18 cm lange, innen abgeflachte Messstäbe, deren Abstand je nach Handgröße variiert werden kann. Anschließend wurde der Patient aufgefordert, die Stäbe so fest wie möglich zu drücken, das Gerät zeigte eine Kraft von 0–200 N an.

Ein Wilcoxon-test verglich die Werte vor und nach Therapie ( $p < .05$ ).

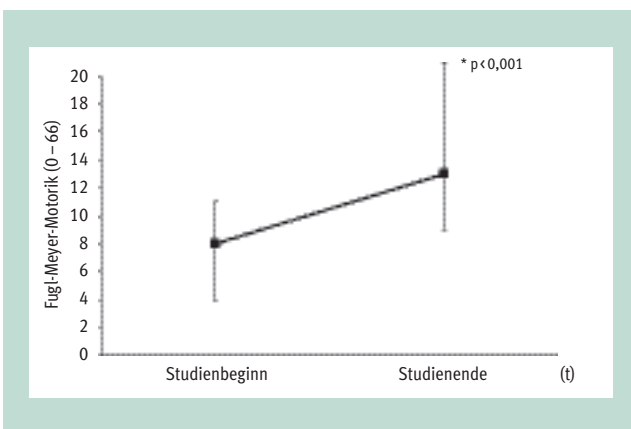
### Ergebnisse

Alle Patienten beurteilten die Therapie positiv: es geschähe etwas mit ihrer betroffenen oberen Extremität, sie fühle sich lebhafter an und sie rücke wieder mehr in ihr Bewusstsein. Vier Patienten wünschten sich mehr Abwechslung während der Therapie, wie z. B. eine Visualisierung der Griffbewegung am Bildschirm. Die selbstständige Bedienung des Gerätes während der Therapie erlernten nur vier Patienten, in den übrigen Fällen übernahmen die Therapeuten auch den Wechsel der Therapiemodi mittels des Displays und die Einstellung der Geschwindigkeit und Widerstände mittels des universellen Drehknopfes.

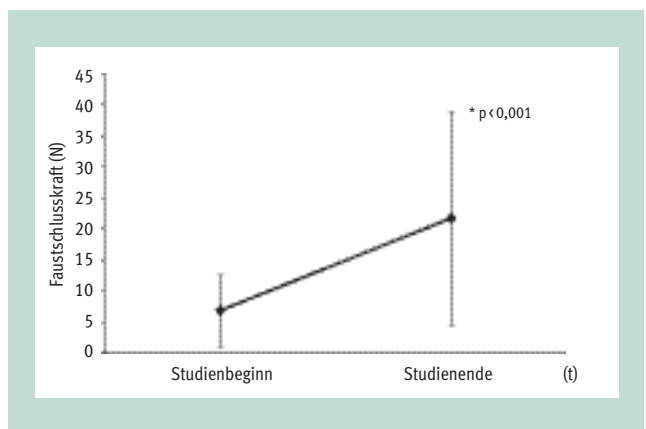
Zehn Patienten erlebten eine Verbesserung ihrer motorischen Funktionen, drei Patienten berichteten, dass sie die Hand als Haltehand (z. B. beim Frühstück) gegen Studienende einsetzen konnten.

Unmittelbare Nebenwirkungen wurden nicht beobachtet, noch berichteten die Patienten über eine anhaltende Zunahme des Muskeltonus. Zwei Patienten berichteten über vorübergehende Schulterschmerzen mit Ausbildung einer distalen Flexorspastik während der Therapie. Ein unmittelbarer Zusammenhang mit der Armtrainertherapie wurde von den Patienten verneint.

Der Median des Motorikscores des FM verbesserte sich von 9,0 vor auf 13,0 nach Therapie ( $p < .001$ ) (Abb. 3). Die drei Patienten (Nr. 7, 10, 12), die eine erstmalige Greiffunktion berichteten, erzielten die größten Zugewinne, nämlich +15 (Nr. 7), +10 (Nr. 10), +11 (Nr. 12). Deren Insultintervalle vor Therapiebeginn waren 4, 3, und 90 Monate.



**Abb. 3:** Median (Interquartiler Bereich) des Fugl-Meyer Motorikteils (0–66) der betroffenen Extremität von 15 hemiparetischen Patienten vor und nach der 20tägigen Therapie auf dem Armtrainer



**Abb. 4:** Mittlere (Standardabweichung) Faustschlusskraftwerte (N) der betroffenen Hand von 15 hemiparetischen Patienten vor und nach der 20tägigen Therapie auf dem Armtrainer

Patient	Alter	Diagnose	Hemiseite	Intervall (in Monaten)	Hemineglect	Sensorik	Fugl-Meyer/Motorik [0-66]		Faustschlusskraft [N]	
							Studienbeginn	Studienende	Studienbeginn	Studienende
1	41	Ischämie	rechts	3	nein	0	4	5	0	0
2	64	Ischämie	rechts	3	nein	2	4	11	0	14
3	76	Ischämie	links	84	nein	2	9	10	7	41
4	56	Blutung	links	4	ja	0	10	13	5	9
5	77	Blutung	rechts	3	nein	1	3	8	0	0
6	42	Ischämie	links	16	ja	0	13	18	11	15
7*	71	Ischämie	rechts	4	nein	0	9	24	7	19
8	68	Ischämie	rechts	28	nein	1	14	20	10	20
9	64	Blutung	links	21	ja	1	5	5	0	0
10*	68	Blutung	links	3	nein	2	9	19	0	9
11	68	Ischämie	links	4	nein	2	2	4	0	0
12*	61	Ischämie	links	90	nein	1	11	22	43	62
13	65	Ischämie	links	18	nein	2	5	11	0	11
14	58	Blutung	rechts	23	nein	2	8	16	8	21
15	48	Ischämie	links	4	ja	2	14	23	12	30
MW (±SD)	61,8 (±11,1)	-	-	20,3 (±28,5)	-	-	8,0 (±4,0)	13,9 (±6,9)	6,9 (±5,8)	21,8 (±17,2)
Median (IB)							9,0 (4-11)	13 (8-20)	-	-

Legende: \* = paretische Hand konnte bei diesen Patienten zur Haltefunktion eingesetzt werden. Sensorik bezieht sich auf den Fugl-Meyer Sensorikteil [0-12] 0=0-4 Punkte, 1=5-8 Punkte, 2=9-12 Punkte; MW = Mittelwert, SD ± = Standardabweichung, IB = Interquartiler Bereich

Tab. 1: Klinische Daten und Ergebnisse

Die Kraftwerte der nicht-betroffenen Hand blieben konstant, die der betroffenen steigerten sich von 6,9 auf 21,8 N ( $p < .001$ ) im Verlauf der Behandlung. Vor Therapie konnten sieben Patienten keine Kraft mit der betroffenen Hand aufbringen, von denen drei nach Therapie eine messbare Kraft zeigten (Abb. 4).

## Diskussion

Die schwer betroffenen, chronischen Patienten übten 20 min jeden Werktag über 4 Wochen mit dem Armtrainer zusätzlich, die Gesamtanzahl der Repetitionen pro Sitzung reichte von 800 bis 900. Während der Therapie verbesserten sich die motorischen Funktionen (ermittelt anhand des FM-Scores) bei 10 der 15 Patienten um wenigstens 5 Punkte, wovon drei dann erstmalig in der Lage waren, die Hand als Haltehand mit einzusetzen. Der Faustschluss der betroffenen Hand kräftigte sich bzw. wurde erstmalig möglich bei drei Patienten. Subjektiv beurteilten alle Patienten die Therapie positiv, vier der Patienten wünschten sich mehr Abwechslung während der Therapie wie z. B. eine Visualisierung der Griffbewegungen. Der Personalaufwand betrug ca. 4 Minuten/Sitzung, die Anwesenheit eines Therapeuten war durchgehend erforderlich. Der Muskeltonus nahm nicht relevant zu.

Die Nachteile einer Pilotstudie (z. B. fehlende Kontrollgruppe) sind offensichtlich, zumal die Therapie mit dem Armtrainer zusätzlich erfolgte. Andererseits sind die Ergebnisse vor dem Hintergrund der anerkannt ungünstigen Prognose für diese Patientengruppe zu werten, zumal der Einfluss der Spontanerholung bei einem mittleren Schlaganfallintervall von 19 Monaten vor Studienbeginn als gering eingeschätzt werden konnte. Auch spiegelt der

Einsatz des Gerätes als ergänzende Therapiemaßnahme wohl die zukünftigen klinischen Bedingungen wider.

Wie liest sich das Ergebnis im Vergleich zu anderen Studien, die gleichfalls über die bevorzugt gerätegestützte Rehabilitation der schwer betroffenen oberen Extremität nach Schlaganfall unter Verwendung des Fugl-Meyer Scores berichtet hatten?

Lum und Mitarbeiter untersuchten in der Experimentalgruppe 13 chronische hemiparetische Patienten, deren Insult im Mittel 30,6 Monate zurücklag [9]. Eine einstündige Therapie mit dem »MIME«-Roboter an 24 Tagen über 2 Monate führte zu einer vergleichbaren Steigerung des FM um im Mittel 4,7 Punkte. Das mittlere Schlaganfallintervall vor Studienbeginn war jedoch länger als in der vorliegenden Untersuchung, andererseits war die Therapieintensität höher. Auch schienen die Patienten weniger schwer betroffen, bei fehlenden Rohwerten gaben die Autoren an, dass sieben der 13 Patienten einen initialen FM < 20 aufwiesen, der mittlere initiale Wert in dieser Arbeit war 8,0 Punkte.

Die kontrollierten Studien mit dem MIT-Manus schlossen ausschließlich akute hemiparetische Patienten ein. In einer Übersichtsarbeit geben die Autoren Verbesserungen des FM von im Mittel 9 Punkten in der Robotergruppe an [16]. Rohwerte finden sich lediglich in Tabelle 2 (Seite 445) der Arbeit von Aisen und Mitarbeiter [1], 12 Patienten der Robotergruppe übten mit dem MIT-Manus zusätzlich vier Stunden/Woche über 6 Wochen. Fünf Patienten wiesen einen initialen FM < 20 vor Therapie auf, sie verbesserten sich im Mittel 9,1 FM-Punkte. Dieses Ergebnis ist besser als in der vorliegenden Studie, dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Autoren ausschließlich akute Patienten nach Schlaganfall einschlossen.

Whitall und Mitarbeiter untersuchten im Rahmen einer offenen Studie 14 chronische hemiparetische Patienten, deren Insult mindestens 6 Monate zurücklag. Die Patienten übten mit einem mechanischen Gerät (»Batrac«) bilaterale Schieb- und Ziehbewegungen in der Ebene. Nach 24 20minütigen Therapieeinheiten hatte sich der mittlere FM von initial 15,0 auf lediglich 17,5 verbessert [17].

Somit zeigten die chronischen Patienten der vorliegenden Untersuchung eine zumindest vergleichbare Verbesserung ihrer motorischen Funktionen wie in den Arbeiten zum MIME und zu Batrac Geräten, an denen ebenfalls chronische Patienten teilnahmen. Ein Vergleich mit den Studien zum MIT-Manus ist auf Grund der unterschiedlichen Schlaganfallintervalle schwierig.

Im Gegensatz zu den US-amerikanischen Geräten (»MIME« und »MIT-Manus«) greift der »Bi-Manu-Track« distal an, was angesichts der nachgewiesenen Konkurrenz distaler und proximaler Extremitätenabschnitte um plastische Hirnstrukturen nach Schlaganfall [11] hinsichtlich einer Verbesserung der Unterarm- und Handfunktionen ggf. vielversprechender ist. Das »Batrac« Gerät ist rein mechanisch, erlaubt lediglich eine 1-DOF-Bewegung und ist somit nur bedingt mit den computergestützten Geräten vergleichbar.

Zusammenfassend bietet der computergestützte Armtrainer »Bi-Manu-Track« die Möglichkeit einer zusätzlichen intensiven, im Alltag praktikablen Therapie für Patienten nach Schlaganfall mit einer hochgradigen Parese der oberen Extremität. Die chronischen Patienten dieser Studie schätzten die Therapie positiv ein, und 10 von 16 Patienten konnten ihre motorischen Funktionen verbessern, drei Patienten erfuhren sogar einen alltagsrelevanten funktionellen Gewinn. Die Ergebnisse der vorliegenden Pilotstudie rechtfertigen eine kontrollierte Untersuchung als nächsten Schritt.

## Literatur

1. Aisen ML, Krebs HI, Hogan N, McDowell F, Volpe BT: The effect of robot-assisted therapy and rehabilitative training on motor recovery following stroke. *Arch Neurol* 1997; 54: 443-446
2. Bütefisch C, Hummelsheim H, Denzler P, Mauritz KH: Repetitive training of isolated movements improves the outcome of motor rehabilitation of the centrally paretic hand. *J Neurol Sci* 1995; 130: 59-68
3. Burgar CG, Lum PS, Shor PC, Van der Loos, HFM: Development of robots for rehabilitation therapy: The Palo Alto VA/Stanford experience. *J Rehab Res Develop* 2000; 37 (6): 376-388
4. Fugl-Meyer AR, Jasko L, Leyman I, Olsson S, Steglind S: The post-stroke patient. 1. A method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehab Med* 1975; 7: 13-31
5. Hesse S, Schmidt H, Sorowka D, Werner C, Konrad M, Bardeleben A: Automatisierte motorische Rehabilitation: ein neuer Trend? *Neurol Rehabil* 2002; 8: 80-83
6. Hesse S, Schulte-Tiggas G, Konrad M, Bardeleben A, Werner C: Robot-assisted arm trainer for the passive and active practice of bilateral forearm and wrist movement in hemiparetic subjects. *Arch Phys Med Rehabil* 2003; 84: 915-920
7. Hogan N, Krebs HI, Charnarong J, Sharon A: Interactive robotics therapist. Massachusetts Institute of Technology: US Patent No. 5466213, Cambridge 1995
8. Krebs HI, Hogan N, Volpe BT, Aisen ML, Edelstein L, Diels C: Overview of clinical trials with MIT-MANUS: a roboter-aided neuro-rehabilitation facility. *Technol Health Care* 1999; 7 (6): 419-423

9. Lum PS, Burgar CG, Shor PC, Majmundar M, van der Loos M: Robot-assisted movement training compared with conventional therapy techniques for the rehabilitation of upper-limb motor function after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83: 952-959
10. Mudie MH, Matyas TA. Upper extremity retraining following stroke: effects of bilateral practice. *J Neurol Rehabil* 1996; 10: 167-184
11. Muelbacher W, Richards C, Ziermann U, Wittenberg G, Weltz D, Borrojerdi B, Cohen L, Hallett M: Improving hand function in chronic stroke. *Arch Neurol* 2002; 59: 1278-1282
12. Nakayama H, Jorgensen HS, Raaschou HO, Olsen TS: Recovery of upper extremity function in stroke patients: the Copenhagen study. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; 75: 852-857
13. Nelles G, Jentzen W, Jueptner M, Müller S, Diener HC: Arm training induced brain plasticity in stroke studied with serial Positron Emission Tomography. *Neuro Image* 2001; 13: 1146-1154
14. Staines WR, McIlroy WE, Graham SJ, Black SE: Bilateral movement enhances ipsilesional cortical activity in acute stroke: a pilot functional MRI study. *Neurology* 2001; 56: 401-404
15. Taub E, Miller NE, Novak TA, Cook EW, Fleming WC, Nepomuceno CS, Connell JS, Crago JE. Technique to improve chronic motor deficit after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 1993; 74: 347-354
16. Volpe BT, Krebs HI, Hogan N, Edelstein OTR L, Diels C, Aisen M: A novel approach to stroke rehabilitation: robot-aided sensorimotor stimulation. *Neurology* 2000; 54 (10): 1938-1944
17. Whitall J, McCombe Waller S, Silver KHC, Macko RF: Repetitive bilateral arm training with rhythmic auditory cueing improves motor function in chronic hemiparetic stroke. *Stroke* 2000; 31: 2390-2395

## Korrespondenzadresse:

PD Dr. Stefan Hesse  
Klinik Berlin  
Kladower Damm 223  
14089 Berlin  
E-Mail: bhesse@zedat.fu-berlin.de

Die Arbeit wurde von der Firma Reha-Stim, Dr. Beate Brandl-Hesse, und der Olioid GmbH unterstützt.