

# Armfähigkeits-Training für Schlaganfall-Patienten und Schädel-Hirn-Trauma-Patienten mit leicht- bis mittelgradiger Armparese

T. Platz, T. Winter, M. Müller, C. Pinkowski, C. Eickhof, K.-H. Mauritz  
*Klinik Berlin, Abteilung für Neurologische Rehabilitation am UKBF der FU Berlin*

## Zusammenfassung

In der motorischen Rehabilitation gibt es bislang nur für wenige spezifische therapeutische Ansätze einen Wirksamkeitsnachweis, der den üblichen internationalen Standards entspricht (z. B. randomisierte kontrollierte Studie). Vorgestellt werden die Ergebnisse einer randomisierten kontrollierten Studie für das sogenannte Armfähigkeits-Training bei Patienten mit leicht- bis mittelgradigen zentralen Armparesen nach Schlaganfall oder Schädel-Hirn-Trauma. Die Entwicklung des Therapiekonzeptes beruht auf theoretischen Überlegungen zum motorischen Lernen sowie Voruntersuchungen bezüglich der spezifischen Störungen der motorischen Kontrolle bei der genannten Patientengruppe. Obwohl die genannte Patientengruppe viele verschiedene motorische Anforderungen bewältigen kann, zeigt sie dabei noch eine Leistungsminderung. Dies ist auf eine Beeinträchtigung verschiedener, voneinander unabhängiger sensomotorischer Armfähigkeiten zurückzuführen. Entsprechend liegt es nahe, alle diese beeinträchtigten Armfähigkeiten zu trainieren und dabei neben der Bewegungsqualität auch die Verbesserung der quantitativen Leistungen als explizites Therapieziel zu verfolgen. Im Rahmen der klinischen Studie wurde das Studienkollektiv von 60 Patienten randomisiert verteilt auf drei Gruppen: 1. kein Armfähigkeits-Training, 2. Armfähigkeits-Training und 3. Armfähigkeits-Training und intermittierende Ergebnisrückmeldung. Vor und nach einem Beobachtungszeitraum von drei Wochen wurden die Armfunktionen standardisiert erfaßt, einerseits mit dem TEMPA, der alltagsähnliche Bewegungen mißt (»Focal Disability«), andererseits mittels kinematischer Analyse einer Zielbewegung. Patienten, die das Armfähigkeits-Training erhielten (n=40), zeigten eine deutlich stärkere Verbesserung als die Patienten, die kein solches Training erhielten (n=20) (Reduktion des Zeitbedarfes für TEMPA-Aufgaben: Armfähigkeits-Training 41,4 s, kein Armfähigkeits-Training 12,8 s, p=0,0012). Ein signifikanter Einfluß einer zusätzlichen intermittierenden Ergebnisrückmeldung konnte nicht dokumentiert werden. Die kinematische Analyse erbrachte Hinweise darauf, daß das Armfähigkeits-Training differentiell das mehr ballistische Bewegungsverhalten förderte. Es wird geschlußfolgert, daß das Armfähigkeits-Training bei der o. g. Patientengruppe wirksam ist und die Armfunktionen in alltagsrelevanter Weise verbessern kann.

**Schlüsselwörter:** Armrehabilitation, Wirksamkeit, Fähigkeitsstörung

## »Arm Ability Training« for stroke and traumatic brain injury patients with mild to moderately severe arm paresis

T. Platz, T. Winter, M. Müller, C. Pinkowski, C. Eickhof, K.-H. Mauritz

### Abstract

The »Arm Ability Training« has been developed for stroke and traumatic brain injury patients with mild to moderately severe arm paresis. The term »abilities« usually refers to independent sensorimotor capabilities such as dexterity, steadiness, precision, goal orientation, and speed of finger/hand movements that support a wide range of activities. With the Arm Ability Training patients receive a set of training tasks thought to address a number of different motor abilities. Structuring training in such a way that different abilities are addressed has the advantage that improved abilities would translate to improved motor performance in many different circumstances. Emphasis within the structured repetitive training is put on both speed and accuracy of execution, and continuously on improvement. The effects of training over a three week period and at follow-up one year later were measured at the disability level with a test measuring arm motor behaviour with ADL-like activities (TEMPA) and at the level of motor performance with a kinematic analysis of aimed movements. This randomised, controlled trial (RCT) investigated 1. the efficacy of the Ability Training (AT) on arm motor function, and 2. the effect of additional augmented feedback (average knowledge of result intermittently provided during training sessions). The primary outcome variable (summary time score of the »TEMPA«) indicated a superior improvement for those subjects receiving the Ability Training (41.4 sec vs. 12.8 sec improvement, p=.0012). The kinematic analysis revealed a specific effect of the Arm Ability Training on the first, more ballistic component of aiming movements. Intermittent knowledge of result did not further enhance training effects. In conclusion, the Arm Ability Training's efficacy could be demonstrated; it improves arm function among mildly affected hemiparetic TBI and stroke patients.

**Key words:** arm rehabilitation, efficacy, disability

Neurol Rehabil 2000; 6 (5): 245-250

## Einleitung

In einer Metaanalyse, in die mehr als 3.000 Patienten nach Schlaganfall Eingang fanden, konnte zweifelsfrei gezeigt werden, daß stationäre neurologische Rehabilitationsbehandlung wirksam ist, wenn es darum geht, daß die Patienten wieder alltagskompetent werden und in die häusliche Umgebung zurückkehren können [18]. Während auf dieser »globalen Ebene« die Wirksamkeit neurologischer Rehabilitationsbehandlung also ohne Zweifel nachgewiesen ist, liegt für die einzelnen therapeutischen Verfahren, die üblicherweise zur Anwendung kommen, ein Wirksamkeitsnachweis gemäß den international üblichen Standards leider bislang nicht vor [12]. Erste Wirksamkeitsnachweise gibt es in den letzten Jahren für neuere therapeutische Ansätze. Diesen in ersten klinischen Studien erfolgreichen Ansätzen ist gemeinsam, daß sie für spezifische funktionelle Schädigungen (»Impairment«) spezifische therapeutische Interventionen entwickelten und dann an einem Studienkollektiv prüften, das diese spezielle Problematik aufwies. Patienten mit mittelschwerer bis schwerer zentraler Armparese z. B. haben eine Beeinträchtigung bezüglich der selektiven Innervationsfähigkeit. Trainingsverfahren, die selektive Innervation repetitiv beüben, können bei diesen Patienten zu einer Minderung der Beeinträchtigung führen, so das repetitive Handtraining [1] oder die EMG-getriggerte Elektrostimulation [8] bzw. eine sensomotorische Stimulationstechnik [4]. Als weiteres sei genannt, daß Schlaganfall-Patienten im chronischen Stadium, die einen sogenannten »erlernten Nicht-Gebrauch« aufweisen bei gleichzeitiger Funktionalität des Armes, erlernen können, ihren Arm im Alltag wieder entsprechend ihrer Fähigkeiten einzusetzen [9, 10, 19]. Bislang gibt es keine Therapie mit gesicherter Wirksamkeit für Patienten, die leicht- bis mittelgradige zentrale Armparesen aufweisen. Diese Patientengruppe ist im Alltag selbstständig, kann den betroffenen Arm für viele motorische Anforderungen einsetzen, ist dabei aber noch verlangsamt und ungeschickt. Da diese eher leicht betroffene Patientengruppe in ihren Alltag und ggf. ihr Berufsleben zurückkehrt, wird sie wieder mit den üblichen, aber für diese Patientengruppe noch sehr hohen Anforderungen an die sensomotorische Armkontrolle zurechtkommen müssen. Entsprechend stellen für diese Patientengruppe klinisch als leichtgradig imponierende Defizite der motorischen Kontrolle oftmals ein gravierendes Handicap dar.

In mehreren empirischen Untersuchungen wurden die motorischen Beeinträchtigungen dieser Patientengruppe genauer untersucht. Die Kenntnis der spezifischen Problemstellung bezüglich der motorischen Kontrolle bei diesen Patienten stellte dann die Basis für die Entwicklung einer gezielten therapeutischen Intervention dar. Da bei dieser Patientengruppe eine zumindest leichtgradige Schädigung der motorischen Efferenzen (Pyramidenbahn) vorliegt, ist es nicht verwunderlich, daß sehr viele verschiedene sensomotorische Leistungen aufgrund der reduzierten Effizienz der Efferenz Beeinträchtigungen aufweisen. Entsprechend konnte gezeigt werden, daß Patienten mit leichtgradiger

Hemiparese bzw. funktionell auch weitgehend wiederhergestellte hemiparetische Patienten mit verschiedenen motorischen Aufgaben noch quantitative Defizite aufwiesen [13, 14]. Diese Patientengruppe hat einen erhöhten Zeitbedarf und/oder führt Armbewegungen weniger präzise aus bzw. zeigt eine erhöhte Variabilität bei Bewegungswiederholung. Daß dies nicht auf einer reduzierten Automtizität der Bewegungskontrolle im Sinne der erhöhten Aufmerksamkeitsanforderung beruhen muß, sondern auch durch eine reduzierte Effizienz im motorischen System selbst begründet sein kann, konnte kürzlich nachgewiesen werden [15]. Das Konzept der Armfähigkeiten ist ein empirisch begründetes, faktorenanalytisch validiertes Konzept, das besagt, daß unsere motorischen Leistungen bei vielen motorischen Aufgaben durch eine begrenzte Anzahl von einander unabhängiger Armfähigkeiten erklärbar sind. Zu diesen Armfähigkeiten gehört die Fähigkeit, die Hand ruhig zu halten (»Steadiness«), die Fähigkeit, kleine Objekte geschickt zu manipulieren (»Dexterity«), die Fähigkeit, Finger und Hand schnell zu bewegen (»Speed«), die Fähigkeit, den Arm präzise geführt zu bewegen sowie die Fähigkeit, den Arm schnell zielgerichtet zu bewegen (»Aiming«) [5, 6, 7]. Leichtgradig betroffene hemiparetische Patienten weisen eine Beeinträchtigung aller dieser Armfähigkeiten auf [14]. Entsprechend liegt es nahe, bei einem Training alle diese Armfähigkeiten gezielt zu fördern, da nur so eine maximale motorische Kompetenzzunahme für den Alltag erreichbar scheint. Dies ist ein Hauptanliegen des Armfähigkeits-Trainings. Da die genannte Patientengruppe eine quantitative Leistungseinschränkung aufweist, wird es zudem für notwendig erachtet, daß im Training eine (quantitative) Verbesserung der Leistung explizites Therapieziel ist. Wenngleich die Repetition von Übungsaufgaben für das Lernen erforderlich gehalten wird, wird die alleinige Repetition nicht als hinreichend erachtet. Vielmehr soll der Patient versuchen, bei den Übungswiederholungen seine Leistungen jeweils zu verbessern, um so – vergleichbar einem Sportler – sein Leistungsniveau anzuheben. Weitere konzeptuelle Überlegungen, die in das Armfähigkeits-Training integriert wurden, kommen aus der Theorie zum motorischen Lernen. Diese Elemente dienen ebenfalls dazu, den Transfer vom Geübten in den Alltag zu optimieren. Dazu gehört einerseits die Variabilität der Aufgabenschwierigkeit des trainierten Aufgabentyps und andererseits die intermittierende Ergebnisrückmeldung während des Trainings [16, 17]. Die intermittierende Ergebnisrückmeldung wird derart gewährt, daß der Patient während des Trainings mittels Balkendiagrammen für den jeweiligen Aufgabentyp gespiegelt bekommt, ob und wie stark er sich innerhalb der Trainingssitzung bzw. im Verlauf der Trainingstage verbessert hat.

Die hier vorgestellte einfach blinde randomisierte kontrollierte Studie untersuchte

1. die Wirksamkeit des Armfähigkeits-Trainings auf die Armfunktion und
2. eine evtl. zusätzliche Wirksamkeit einer intermittierenden Ergebnisrückmeldung.

## Patienten und Methoden

### Patienten

60 Patienten mit leicht- bis mittelgradigen zentralen Armparesen haben die Studie abgeschlossen, 45 Schlaganfall-Patienten und 15 Schädel-Hirn-Trauma-Patienten. Ein- schlußkriterien waren: Erster unilateraler supratentorieller Schlaganfall (lokalisierte intrazerebrale Blutung oder ischämischer Insult) im subakuten Stadium zwischen drei Wochen und sechs Monate nach dem Ereignis oder ein Schädel-Hirn-Trauma in der subakuten bis frühen chronischen Phase von drei Wochen bis 24 Monate nach dem Schädel-Hirn-Trauma, das Vorliegen einer leicht- bis mittelgradigen zentralen Armparese mit einem Motricity-Arm-Score <100, wobei Schulterabduktion und Ellenbogenflexion gegen mäßigen Widerstand (MRC-Kraftgrad 4) und die Finger-Daumen-Opposition zumindest gegen Eigenschwere (MRC-Kraftgrad 3) möglich sein mußten und selektive Fingerbewegungen und Präzisionsgriff schon vorhanden sein sollten. Alter über 80 Jahre und schwergradige Sensibilitätsstörungen (einschließlich Lagesinnstörung) waren ebenso wie schwerstgradige kognitive und Verhaltensauffälligkeiten, die nicht mit dem standardisierten Training vereinbar gewesen wären, Ausschlußkriterien.

### Studiendesign

Die randomisierte kontrollierte Studie war als einfach blind mit randomisiertem Blockdesign konzipiert. Die Patienten wurden geblockt entsprechend ihrer Diagnose (Schlaganfall oder Schädel-Hirn-Trauma) zufällig einem von drei Behandlungsströmen zugeteilt: kein Armfähigkeits-Training (n=20), Armfähigkeits-Training (n=20), Armfähigkeits-Training und intermittierende Ergebnisrückmeldung (n=20).

### Behandlung

Die Patienten, die zusätzlich zu der üblichen Therapie der stationären neurologischen Rehabilitationsbehandlung das Armfähigkeits-Training absolvierten, erhielten 15 experimentelle Trainingseinheiten, eine pro Werktag über drei aufeinander folgende Wochen. Das Training umfaßte acht verschiedene Aufgabentypen, die verschiedene Armfähigkeiten in unterschiedlicher Konstellation ansprechen. Bei der ersten Übung »Zielbewegungen« muß der Patient unterschiedlich große Kreise von einem Startpunkt aus gezielt mit einem Bleistift berühren; trainiert wird hier vor allem die schnelle und präzise Zielbewegungsfähigkeit des Arms. Bei der zweiten Aufgabe »Tippen« werden die schnellen reziproken Bewegungen der Finger trainiert. Die dritte Aufgabe »Durchstreichen« erfordert vor allem präzise Hand- und Unterarmbewegung bei gleichzeitiger Stabilisierung des Oberarms. Anschließend wird »Münzen umdrehen« geübt; hierbei wird die Geschicklichkeit bei der Manipulation kleiner, flacher Gegenstände trainiert. Präzise, visuell geführte Bewegungen der Hand und des Arms

exakt auf einer Spur werden bei der fünften Aufgabe »Labyrinth« geübt. Beim »Schrauben« ist Geschicklichkeit der Finger- und Handbewegungen in Verbindung mit Zielgenauigkeit und Arm- und Handstabilität nötig. Die siebte Aufgabe »Kleine Objekte plazieren« erfordert geschicktes Hantieren mit verschiedenen kleinen Gegenständen bei gleichzeitiger Stabilisierung des Arms. Das Verbessern der muskulären Kraft und Ausdauer der Griffbildung und des Armtransportes steht im Vordergrund der letzten Übung »Schwere Objekte plazieren«.

Innerhalb jedes Aufgabentyps wurde die Aufgabenschwierigkeit variiert. Die Leistungserfordernisse des Trainings wurden jeweils in der ersten Trainingssitzung an das Leistungsniveau des Patienten angepaßt. Das Trainingsvolumen wurde dabei so festgelegt, daß pro Aufgabentyp die Aufgabenmenge eruiert wurde, die in einer Minute Nettotrainingzeit absolviert werden konnte. Pro Tag wurden von jedem der acht Aufgabentypen jeweils vier Trainingsblöcke wiederholt, entsprechend einer anfänglichen Nettotrainingzeit von 32 Minuten. Die Patienten waren aufgefordert, während des Trainings die ihnen gestellten standardisierten Trainingsblöcke in immer kürzerer Zeit zu absolvieren, ohne ihre aufgabenspezifische Präzision zu mindern. Von der Therapeutin wurde zudem darauf geachtet, daß sich keine ungünstigen Bewegungsmuster ausbildeten.

Die Patienten, die zusätzlich eine intermittierende Ergebnisrückmeldung erhielten, erhielten nach jedem der vier Blöcke pro Aufgabentyp mittels eines Balkendiagrammes die Entwicklung während der Trainingssitzung sowie auch mittels entsprechender Mittelwerte pro Aufgabentyp und Trainingstag die Entwicklung während der letzten Trainingstage auf einem Bildschirm zur eigenen Orientierung bezüglich der Leistungsentwicklung gezeigt.

### Assessment

Die Patienten wurden zweimal – mit einem Intervall von drei Wochen – vor und nach Training untersucht. Bei 37 der 60 Studienpatienten konnte auch eine Einjahresnachuntersuchung durchgeführt werden.

Die alltagsrelevante Armfunktionskompetenz wurde mittels des TEMPA ermittelt. Der TEMPA ist ein Armfunktionstest, der neun alltagsähnliche Handlungen in standardisierter Weise mißt, so z. B. das Öffnen eines Kabinetts und die Herausnahme von Kapseln aus einem Pillendöschen, das Zubereiten eines Instant-Kaffees, die Beschriftung eines Briefumschlages oder das Anziehen eines Schals. Eine hohe Test-Retest- und Interraterreliabilität sowie Validität wurden nachgewiesen [2, 3, 11]. Primäre Zielvariable der Studie war die Dauer der für die TEMPA-Aufgaben benötigten Zeit sowie die Dauer der für die unilateralen TEMPA-Aufgaben benötigten Zeit, wenn sie mit der betroffenen Hand durchgeführt wurden. Die Erhebung der Zeitparameter für den TEMPA wurde von zwei unabhängigen Ratern aufgrund einer Videodokumentation des Testes erhoben. Der Haupt-Rater war bezüglich des Status Prä- oder Posttest und der Untergruppenzugehörigkeit ver-

blindet. Die Interraterreliabilität zwischen den beiden Ratern war sehr hoch (ICC=0,997).

Zudem erfolgte eine kinematische Analyse einer standardisierten Zielbewegung (Distanz 200 mm, Zieldurchmesser 12,5 mm, Registrierung mittels digitalisierendem Tablett, Abtastrate 100 Hz, automatische Analyse mittels selbst entwickelter Software). Als primäre Zielgröße für die Studie waren definiert die Gesamtdauer und Präzision der Bewegungen sowie die Dauer einer ersten, mehr ballistischen Bewegungsphase und die Dauer für die zweite, mehr »Feedback«-gesteuerte Phase in der Nähe des Zieles, die für die Endpräzision verantwortlich ist. Test-Retestreliabilität, Sensitivität gegenüber trainingsbedingten Veränderungen sowie eine hohe Diskriminationsfähigkeit zwischen gesunden Personen und nur leichtgradig betroffenen hemiparetischen Patienten sind nachgewiesen [14].

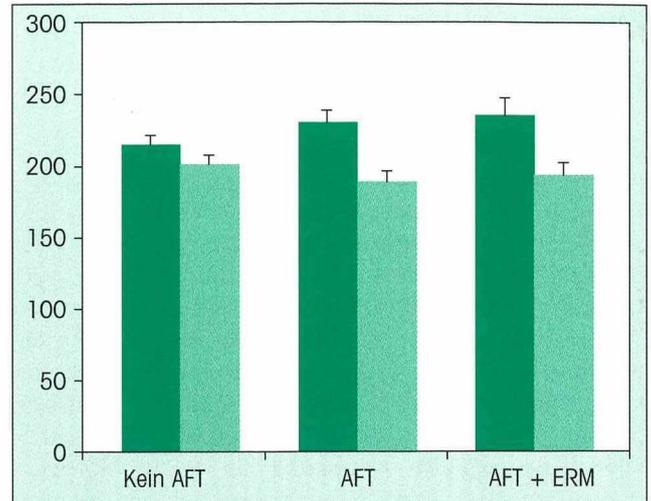
### Statistische Analyse

Der Effekt des Armfähigkeits-Trainings bzw. der intermittierenden Ergebnissrückmeldung wurde getestet mit varianzanalytischen Methoden für Daten mit Meßwiederholungen. Die abhängigen Variablen waren die Meßwiederholungen des TEMPA bzw. der kinematischen Analyse vor und nach dem Training (Faktor Zeit). Als unabhängige Variablen waren die experimentellen Faktoren (Armfähigkeits-Training oder kein Armfähigkeits-Training, Faktor »Armfähigkeits-Training«; bzw. Ergebnissrückmeldung versus keine Ergebnissrückmeldung, Faktor »Ergebnissrückmeldung«) und der Faktor »Diagnose« (Schlaganfall oder Schädel-Hirn-Trauma) definiert.

### Ergebnisse

#### Randomisierte Gruppen

Die Gruppen waren vergleichbar bezüglich Alter, Geschlecht, Diagnose, Häufigkeit eines betroffenen rechten oder linken Armes, Grad der Parese, nach soziodemographischen Variablen geschätztem prämorbidem Intelligenzquotienten und der Anzahl der zusätzlich erhaltenen, nicht experimentellen physiotherapeutischen und ergotherapeutischen Behandlung.



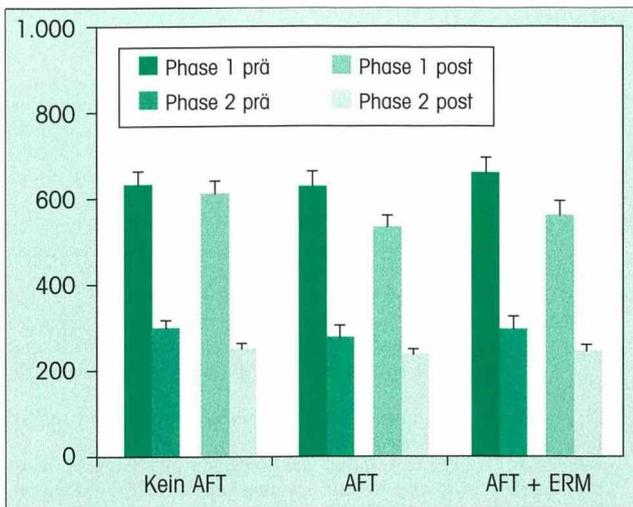
**Abb. 1:** Gruppenmittelwerte für den Zeitbedarf für alle TEMPA-Aufgaben (in Sekunden) vor dem dreiwöchigen Beobachtungszeitraum (dunkelgrüne Balken) sowie nach dem dreiwöchigen Beobachtungszeitraum (hellgrüne Balken) für Patienten, die entweder kein Armfähigkeits-Training erhielten (kein AFT), oder Patienten, die das Armfähigkeits-Training erhielten (AFT), oder Patienten, die das Armfähigkeits-Training und zusätzlich intermittierende Ergebnissrückmeldung erhielten (AFT + ERM). Die Balken stellen jeweils Gruppenmittelwerte mit ihren Standardfehlern dar. Das Armfähigkeits-Training führt im Vergleich zur Kontrollbedingung zu einer wesentlich deutlicheren Verbesserung der Armfunktion; der Effekt ist unabhängig davon, ob intermittierende Ergebnissrückmeldung gewährleistet wurde oder nicht

#### Wirksamkeit des Fähigkeitstrainings

Die Ergebnisse sind in Abbildungen 1 und 2 summarisch graphisch dargestellt. Für die Werte des TEMPA oder der kinematischen Analyse gab es keine statistisch signifikanten globalen Unterschiede bei dem Vergleich der Gruppen mit Armfähigkeits-Training versus kein Armfähigkeits-Training bzw. Armfähigkeits-Training mit versus Armfähigkeits-Training ohne intermittierende Ergebnissrückmeldung. Trainingsinduzierte Verbesserungen waren jedoch signifikant unterschiedlich zwischen den Gruppen. Im Mittel verbesserten sich die Summen-Zeitscores für die TEMPA-Aufgaben bei den Patienten, die das Fähigkeitstraining erhielten, bei der Nachuntersuchung und bei der

Charakteristika	Experimentalgruppen		Kontrollgruppe kein AFT	p
	AFT	AFT+ERM		
Alter(MW/SD)	49 / 17,9	54 / 18,0	58 / 15,3	0,473 (F)
Geschlecht (männl./weibl.)	11 / 9,0	14 / 6,0	11 / 9,0	0,535 (Chi)
Diagnose (Schlaganf./SHT)	16 / 4,0	14 / 6,0	15 / 5,0	0,666 (Chi)
Paretische Seite (links/rechts)	12 / 8,0	14 / 6,0	11 / 9,0	0,610 (Chi)
Motricity Index (MW/SD)	87 / 6,3	83 / 8,2	86 / 7,2	0,146 (F)

**Tab. 1:** Patienten-Charakteristika der Kontrollgruppe (n=20) und zweier Experimentalgruppen (jeweils n=20) AFT Arm-Fähigkeits-Training, ERM intermittierende Ergebnissrückmeldung, Chi Chi Quadrat Test, F F Test



**Abb. 2:** Gruppenmittelwerte (und Standardfehler) (in Millisekunden) für die erste, mehr ballistische Bewegungsphase einer standardisierten Zielbewegung (Phase 1) und die zweite, mehr »Feedback«-gesteuerte zielnahe Phase einer standardisierten Zielbewegung (Phase 2) für die Gruppe der Patienten, die kein Armfähigkeits-Training erhielten (kein AFT), die Gruppe, die Armfähigkeits-Training erhielt (AFT) und die Gruppe, die Armfähigkeits-Training und zusätzlich intermittierende Ergebnisrückmeldung erhielt (AFT + ERM). Gruppieren sind jeweils die Gruppenmittelwerte für Phase 1 und Phase 2 der Bewegungen für den Voruntersuchungszeitpunkt (dunklere Balken) sowie für Phase 1 und Phase 2 der Zielbewegungen für den Nachuntersuchungszeitpunkt (hellere Balken). Das Armfähigkeits-Training führt differentiell zu einer Verbesserung der ersten Bewegungsphase

Einjahresnachuntersuchung im Vergleich zur ersten Untersuchung um 41,4 bzw. 51,3 s, aber nur um 16,5 bzw. 26,3 s bei den Patienten, die das Fähigkeitstraining nicht erhielten. Bei den unilateralen TEMPA-Aufgaben betragen in der Armfähigkeits-Trainingsgruppe die Verbesserungen 12,8 und 20,1 s, in der Gruppe, die kein Fähigkeitstraining erhielt, lediglich 4,2 und 10,8 s. Die Varianzanalyse bestätigte die signifikante Wirksamkeit des Fähigkeitstrainings. Patienten, die das Fähigkeitstraining erhielten, hatten im Vergleich zu denen, die kein Fähigkeitstraining erhielten, eine signifikant deutlichere Verbesserung unmittelbar nach dem Training (alle TEMPA-Aufgaben  $p=0,0012$ , unilaterale TEMPA-Aufgaben  $p=0,0036$ ) sowie bei der Einjahresnachuntersuchung (alle TEMPA-Aufgaben  $p=0,0838$ , unilaterale TEMPA-Aufgaben  $p=0,0260$ ).

Bei der kinematischen Bewegungsanalyse ergab sich ein differentieller Effekt des Armfähigkeits-Trainings für die erste, mehr ballistische Bewegungsphase, während für die zweite, mehr »Feedback«-gesteuerte Bewegungsphase kein differentieller Effekt des Armfähigkeits-Trainings nachgewiesen werden konnte. Das Armfähigkeits-Training führte zu einer stärkeren Reduktion des Zeitbedarfs für die erste Phase (durchschnittliche Reduktion der Dauer der ersten Phase: Armfähigkeits-Training 96 ms, kein Armfähigkeits-Training 20 ms,  $p=0,0115$ ).

Die intermittierende Ergebnisrückmeldung konnte die Wirksamkeit des Fähigkeitstrainings nicht weiter fördern. Ob Patienten die intermittierende Ergebnisrückmeldung beim Armfähigkeits-Training erhielten oder nicht, ergab bezüg-

lich der abhängigen Variablen keine statistisch signifikanten Differenzen der erzielten Verbesserungen.

## Diskussion

Das Armfähigkeits-Training wurde entwickelt, um speziell die Armfunktionsstörungen von Schlaganfall- und Schädel-Hirn-Trauma-Patienten mit leicht- bis mittelgradigen Armparesen zu mindern. Basierend auf Voruntersuchungen zu funktionellen Konsequenzen der leichtgradigen zentralen Armparese [13, 14] wurde das Armfähigkeits-Training so konzipiert, daß es verschiedene motorische Fähigkeiten beübt. Gemäß theoretischem Wissen über motorische Kontrolle und motorisches Lernen [16, 17] wurde das Fähigkeitstraining weiterhin so konzipiert, daß der Transfer in den Alltag gefördert wird. Entsprechend der Beeinträchtigung der Patienten und des primären Ziels des Armfähigkeits-Trainings wurde der Zeitbedarf für alltagsähnliche Handlungen mittels eines standardisierten Tests, des TEMPA, vor und nach dem Training eruiert. Die Ergebnisse der Studie zeigen, daß bei Schlaganfall-Patienten und Schädel-Hirn-Trauma-Patienten mit leicht- bis mittelgradigen zentralen Paresen Armfunktionen alltagsrelevant durch das Armfähigkeits-Training verbessert werden können. Während sich nach einem dreiwöchigen Beobachtungszeitraum die Leistungen der Kontrollgruppe um lediglich 8% der Ausgangswerte verbesserten, verbesserten sich die Werte in der Gruppe, die Arbeitsfähigkeitstraining erhielt, um 18% der Ausgangswerte, so daß eine klinisch signifikante Verbesserung von 10% durch das Armfähigkeits-Training erzielt werden konnte. Von den 60 Patienten, die die Studie abschlossen, konnten 37 Patienten ein Jahr später nachuntersucht werden. Wenn man die Einjahresnachuntersuchung zum Ausgangswert in Beziehung setzt, ergab sich zumindest für unilaterale Aufgaben wiederum ein statistisch abgesicherter funktioneller Vorteil für die Patienten, die das Armfähigkeits-Training erhielten. D. h. neben dem unmittelbaren Trainingseffekt konnte auch ein Langzeiteffekt des Armfähigkeits-Trainings gezeigt werden.

Um Veränderungen der motorischen Kontrolle, die durch das Armfähigkeits-Training induziert wurden, weiter zu spezifizieren, wurde auch eine kinematische Analyse von Zielbewegungen durchgeführt. Hierbei zeigte sich, daß das Armfähigkeits-Training differentiell die ballistische Bewegungskomponente von Zielbewegungen, nicht jedoch die mehr »Feedback«-gesteuerte zielnahe Phase verbesserte. Entsprechend kann als ein Mechanismus der Wirksamkeit des Armfähigkeits-Trainings die Verbesserung ballistischen motorischen Verhaltens bei hemiparetischen Patienten angenommen werden.

Intermittierende Ergebnisrückmeldung kann motorisches Lernen steigern [16, 17]. Zu wissen, ob sich das motorische Verhalten während des Trainings verbessert oder nicht, kann die Motivation für die Trainingsziele verstärken und zudem dazu verhelfen, daß das Individuum bewußt oder unbewußt für das Training vorteilhafte Strategien wählt. In

der vorliegenden Studie konnte die gewählte Form der intermittierenden Ergebnisrückmeldung die Wirksamkeit des Armfähigkeits-Trainings nicht weiter steigern. Numerisch ergab sich ein Effekt, daß die Langzeitergebnisse bei intermittierender Ergebnisrückmeldung etwas stärker waren, dies konnte jedoch statistisch nicht abgesichert werden, so daß hier nur ein geringer Effekt zugrunde liegen dürfte. Vielleicht kann das Fehlen einer mehr substanzialen Wirkung der intermittierenden Ergebnisrückmeldung darauf zurückgeführt werden, daß Patienten sehr wohl auch ohne diese Form der externen Rückmeldung ihre Leistung und deren Veränderung im Training wahrnahmen. Bei dem sehr strukturierten und standardisierten Training mit Wiederholung während einzelner Trainingssitzungen und Wiederholung der gesamten Trainingsstruktur von Tag zu Tag wäre dies durchaus möglich.

Zusammenfassend demonstrieren die Studienergebnisse die Wirksamkeit des Armfähigkeits-Trainings bei Patienten mit leicht- bis mittelgradigen Armparesen nach Schlaganfall und Schädel-Hirn-Trauma. Es ist die erste klinisch-therapeutische Studie, die die Verbesserung der Arm-Funktionserholung für diese Patientengruppe spezifisch nachweist. Zusammen mit anderen klinischen Studien bei Schlaganfall-Patienten mit auch schwereren Armlähmungen [1, 4, 8] belegt die Wirksamkeit des Armfähigkeits-Trainings, daß die zentrale Armparese einer spezifisch-therapeutischen Intervention zugänglich ist, wenn das Training die relevanten funktionellen Limitierungen spezifisch behandelt.

### Anmerkung

Die Untersuchung wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert (Förderkennzeichen 01K095168).

### Literatur

1. Bütetisch C, Hummelsheim H, Denzler P, Mauritz K-H: Repetitive training of isolated movements improves the outcome of motor rehabilitation of the centrally paretic hand. *J Neurol Sci* 1995; 130: 59-68
2. Desrosiers J, Hebert R, Dutil E, Bravo G: Development and reliability of an upper extremity function test for the elderly: The TEMPA. *Canadian Journal of Occupational Therapy* 1993; 60: 9-16
3. Desrosiers J, Hebert R, Dutil E, Bravo G, Mercier L: Validity of the TEMPA: a measurement instrument for upper extremity performance. *The Occupational Therapy Journal of Research* 1994; 14: 267-281
4. Feys HM, De Weerd WJ, Selz BE, Cox Steck GA, Spichiger R, Vereeck LE, Putman KD, Van Hoydonck GA: Effect of a therapeutic intervention for the hemiplegic upper limb in the acute phase after stroke. A single-blind, randomized, controlled multicenter trial. *Stroke* 1998; 29: 785-792
5. Fleishman EA: The structure and measurement of physical fitness. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ 1964
6. Fleishman EA: The description and prediction of perceptual-motor skill learning. In: Glasner R (ed): *Training research and education* (p). Wiley, New York 1965, 137-175.
7. Fleishman EA: Individual differences and motor learning. In: Gagne RM (ed): *Learning and individual differences*. Merrill, Columbus, OH 1967, 165-191
8. Kraft GH, Fitts SS, Hammond MC: Techniques to improve function of the arm and hand in chronic hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil* 1992; 73: 220-227
9. Kunkel A, Kopp B, Müller G, Villringer K, Villringer A, Taub E, Flor H: Constraint-induced movement therapy for motor recovery in chronic stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80: 624-628
10. Miltner WHR, Bauder H, Sommer M, Dettmers C, Taub E: Effects of constraint-induced movement therapy on patients with chronic motor deficits after stroke. A replication. *Stroke* 1999; 30: 586-592
11. Pinkowski C, Eickhof C, Müller N, Platz T: Tempa Test: ein valides und reliables Instrument zur Erfassung von alltagsrelevanten Armfunktionsstörungen bei neurologischen Patienten. In: Schuntermann MF und Schliehe F (Hrsg): 9. Rehawissenschaftliches Kolloquium des VDR, Würzburg, 13.-15.3.2000. DRV-Schriften, Band 20. DVR, Frankfurt 2000, 188-190
12. Platz T: Gibt es einen Wirksamkeitsnachweis für physiotherapeutische Verfahren bei zerebralen Insulten? *Krankengymnastik. Zeitschrift für Physiotherapeuten* 1999; 51: 251-260
13. Platz T, Denzler P, Kaden B, Mauritz KH: Motor learning after recovery from hemiparesis. *Neuropsychologia* 1994; 32: 1209-1223
14. Platz T, Prass K, Denzler P, Bock S, Mauritz K-H: Testing a motor performance series and a kinematic motion analysis as measures of performance in high functioning stroke patients: reliability, validity, and responsiveness to therapeutic intervention. *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80: 270-277
15. Platz T, Bock S, Prass K: Behavioural plasticity associated with functional recovery and training after motor stroke in man: Does it affect automaticity or efficiency of control? A kinematic motion analysis study. *Neuropsychologia*, in press
16. Salmoni AW, Schmidt RA, Walter CB: Knowledge of result and motor learning: a review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin* 1984; 95: 355-386
17. Schmidt RA: *Motor Control and Learning. A Behavioural Emphasis* (2nd ed.). Human Kinetics Books, Champaign 1988
18. Stroke Unit Trialists' Collaboration: Collaborative systematic review of the randomized trials of organized inpatient (stroke unit) care after stroke. *BMJ* 1997; 314: 1151-1159
19. Taub E, Miller NE, Novack TA, Cook EW, Fleming WC, Nepomuceno CS, Connell JS, and Crago JE: Technique to improve chronic motor deficit after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 1993; 74: 347-354

### Korrespondenzadresse:

Dr. med. Thomas Platz  
Klinik Berlin  
Kladower Damm 223  
14089 Berlin