

Der nicht-betroffene führt den betroffenen Arm: Vorstellung eines mechanischen Armtrainers für das eigenständige Üben hoch paretischer Patienten nach Schlaganfall

C. Werner, A. Bardeleben, N. Schröer, S. Hesse

Klinik Berlin, Neurologische Rehabilitation, Charité Universitätsmedizin Berlin, Campus Benjamin Franklin

Zusammenfassung

Zielsetzung: Entwicklung eines Armtrainers ohne externen Antrieb mit drei Freiheitsgraden, der nach dem Prinzip »Die nicht-betroffene führt die betroffene Extremität« arbeitet, um so selbst hoch paretischen Patienten ein eigenständiges Üben zu ermöglichen. Das repetitive Üben isolierter Bewegungen und ein bilateraler Ansatz zwecks Fazilitation der betroffenen Seite waren das Konzept.

Das Gerät: der Patient umfasst zwei miteinander verbundene Griffe, die er vor und zurück (Ellenbogenextension, -flexion) und zur Seite (Schulterbewegung) bewegen sowie wie beim Motorrad rotieren (Handgelenkextension, -flexion) kann. Zusätzlich kann die Grundplatte angestellt werden, so dass der Patient die Hände auf Schulterhöhe führt (Schulterelevation).

Klinik: Schlaganfallpatienten mit einer hochgradigen Armparese konnten eigenständig üben, Hilfe war erforderlich, um die plegische Hand mit einer Schlaufe zu befestigen und die Platte anzustellen. Während der Bewegung lag das Schulterblatt dem Thorax an und bewegte sich physiologisch mit. Drei subakute Patienten benutzten das Gerät 25 min jeden Werktag über 4 Wochen zusätzlich, Nebenwirkungen traten nicht auf, die Akzeptanz war hoch und die motorische Kontrolle der oberen Extremität verbesserte sich. Der Fugl-Meyer Score (0–66) nahm folgendermaßen zu: bei Patient I von 8 auf 15 FM-Punkte, Patient II von 6 auf 14 FM-Punkte und Patient III von 13 auf 22 FM-Punkte.

Zusammenfassung: Das mechanische »Nudelholz« erfüllt die Anforderungen des Lastenheftes. Es kann die Therapie der schwer betroffenen oberen Extremität intensivieren, indem der Patient weitestgehend eigenständig übt. Kontrollierte klinische Studien sind abzuwarten.

Schlüsselwörter: Armrehabilitation, repetitives Üben, Schlaganfall

The non-paretic hand moves the paretic limb: presentation of a mechanical arm trainer for independent training of severe affected patients after stroke

C. Werner, A. Bardeleben, N. Schröer, S. Hesse

Abstract

Aim: Development of a mechanical arm trainer without external drive called the »Nudelholz«. The »Nudelholz« allows movements in three dimensions where the non-paretic hand moves the paretic limb. Even severe affected patients can practise on the device independently. The repetitive practise of isolated movements and the bilateral approach aiming at facilitation of the affected side formed the concept.

The device: the patient grasps two connected grips, which can be moved fore- and backwards (elbow flexion and extension), side to side (shoulder movement) and rotated (wrist flexion and extension). Optionally the wooden plate can be skipped to maximally 20°, so that the patient can practise on the level of the shoulder girdle (shoulder elevation).

Clinical data: Severe affected patients after stroke were able to perform the training independently, they just needed help with fixing the hand on the grip. During the movement the scapula remained to the thorax and was following the movement in a physiological manner. Three severe affected subacute patients practised 25 min every workday

for four weeks with »Nudelholz«. They appreciated the device very much – something is happening with the arm – and no side effects occurred. The motor control (Fugl-Meyer-Score, FM, 0–66) improved in all patients after 4 weeks, i.e. patient I: from 8 to 15 pts, patient II: from 6 to 14 pts and patient III: from 13 to 22 pts.

Conclusion: the mechanical »Nudelholz« follows the concept of the repetitive approach. It offers the possibility to intensify the amount of training of the severely affected arm. Clinical studies are pending.

Key Words: arm rehabilitation, repetitive training, stroke

© Hippocampus Verlag 2005

Einleitung

Die gerätegestützte, motorische Rehabilitation von Schlaganfallpatienten ist eine junge Entwicklung, deren Ziel die Steigerung der Therapieintensität ist [6]. Bisher dominieren technisch anspruchsvolle Lösungen mit eigenständigen Antrieben bis hin zur Robotertechnik. Beispiele für die obere Extremität sind der MIT-Manus [13], der MIME [9], der Bi-Manu-Track [14] und Kurbelgeräte mit externen Antrieben [3], die sich allesamt in kontrollierten Studien durchsetzen konnten.

Projektidee war die Entwicklung eines kostengünstigen Gerätes ohne externen Antrieb, mit dem selbst schwer betroffene Patienten eigenständig üben könnten. Deren Arm-Handrehabilitation ist bis dato personalintensiv, in der Wertigkeit nicht selten der Wiederherstellung von Stand und Gang hintangestellt und mit einer ungünstigen Prognose behaftet [7]. Der Prämisse des möglichst eigenständigen Übens folgend ergab sich zwangsläufig die Idee, dass die nicht-betroffene die betroffene Seite führt. Therapeuten nutzen dies, wenn sie z. B. die Patienten mit übereinander gelegten Händen auffordern, mit einem Staubtuch kreisende Bewegungen auf der Tischplatte zu machen. Ziele sind dabei neben der Rumpfstabilisierung u. a. eine vorsichtige Bewegung entgegen der Beugespastik und die Fazilitation der paretischen Seite mittels des bilateralen Ansatzes.

Whitall und Mitarbeiter entwickelten das BATRAC-Gerät [15]. Die Patienten umfassten zwei T-förmige Griffe, die voneinander unabhängig auf Profilen vor und zurück führen (entsprechend einem Freiheitsgrad), so dass die Patienten eine Ellenbogenbeugung und -streckung spiegelbildlich oder alternierend üben konnten. Chronische Patienten konnten in einer offenen Studie ihre Armfunktionen nach einer mehrwöchigen Therapie relevant verbessern.

In Fortsetzung dieses mechanischen Konzeptes forderte das Lastenheft mehr als nur einen Freiheitsgrad. Die vorliegende Arbeit möchte das Gerät und erste klinische Erfahrungen mit schwer betroffenen Schlaganfallpatienten der stationären Rehabilitation vorstellen.

Das Gerät

Der mechanische Armtrainer (AT, das »Nudelholz«) (Abb. 1) erlaubt dem Patienten das simultane bilaterale Üben dreier Freiheitsgrade: der Patient umfasst zwei mit einer Stange verbundene Griffe, die er auf Profilen vor und zurück (Ellenbogenbeugung u. -streckung) und zu beiden

Seite fahren kann (geringe Schulterabduktion und -adduktion). Zusätzlich können die Griffe wie beim Motorradfahren rotiert werden (Handgelenkflexion und -extension). Die Bewegungen können isoliert oder kombiniert ausgeführt werden, was z. B. einer Kreisbewegung im oder gegen den Uhrzeigersinn in der Horizontalen bei gleichzeitiger Handgelenkrotation an den Scheitelpunkten entsprechen kann. Die Grundplatte ist anstellbar (maximal 20°), so dass die Patienten die Griffe bis auf Schulterhöhe führen können, was mit einer zusätzlichen Schulter elevation verbunden ist. Die Anzahl der Bewegungen vor und zurück wird als Feedback im Sichtfeld des Patienten angezeigt. Der Widerstand der Vor- und Zurückbewegung kann mittels einer Mikrometerschraube gemäß den Fähigkeiten des Patienten eingestellt werden.

Erste klinische Evaluation

Die unmittelbare Therapiesituation

Die Abbildung (Abb. 1) zeigt einen beispielhaften Patienten mit einer hochgradigen Armparese links, der lediglich die Schulter minimal anheben, den Ellenbogen im Muster und die Finger gering beugen konnte. Die Hand- und Fingerstrecker dagegen waren plegisch. Der distale Tonus war schlaff bzw. für das Ellenbogengelenk minimal gesteigert entsprechend einem modifizierten Ashworth Score (0–5)



Abb. 1: Mechanischer Armtrainer »Das Nudelholz«, eine Patientin mit Hemiparese links und schwerer Armparese trainiert eine drei-dimensionale Bewegung, der Brustgurt verhindert eine kompensatorische Rumpfbewegung

von 2 [1]. Funktionell war der Patient einhändig, für die Therapie mit dem AT musste die paretische Hand mit einer Schlaufe fixiert werden. So gesichert konnte der Patient die drei Bewegungen repetitiv üben, sei es isoliert oder komplex gemäß der Aufforderung, einen Kreis im oder gegen den Uhrzeigersinn zu malen. Der Patient bevorzugte das Anstellen der Platte, da sonst der paretische Unterarm schmerzhaft an der Tischkante entlang schleifte. Während der Übung lag das Schulterblatt gut an und folgte der Vorwärtsbewegung der Griffe, indem die Scapulaspitze nach außen drehte (Abb. 2). Wichtig war es, den Patienten daran zu erinnern, die Vorwärtsbewegung tatsächlich mit den Armen und nicht durch eine Rumpfbeugung zu bewerkstelligen, d. h. mit dem Rücken an der Rückenlehne des Stuhls zu bleiben. Ggf. musste ein Brustgurt im Sinne des sog. »trunk constraint« [10, 11] angelegt werden. Der Patient empfand die ca. 20-minütige Therapie als sehr angenehm, insbesondere die Ellenbogenextension, die er ca. 100 mal geübt hatte. Schmerzen traten nicht auf, die körperliche Anstrengung war in beiden Armen zu spüren. Der Patient konnte sich sehr gut vorstellen, mit dem Gerät eigenständig, z. B. in den Therapiepausen, zu üben, lediglich für das Befestigen der Schlaufe und das Anstellen des Gerätes benötigte er noch Hilfe.

Kasuistiken

Für eine erste Fallbeobachtung übten drei subakute Patienten (4 bis 8 Wochen post ictum) mit dem Gerät 25 min jeden Werktag für 4 Wochen, zusätzlich zur sonst üblichen multiprofessionellen Therapie. Alle Patienten waren schwer betroffen, funktionell einhändig und wiesen keine oder nur minimale (MRC 0 oder 1) Muskelaktivität für die Hand- und Fingerstrecker auf. Der Tonus der Finger, der Hand und des Ellenbogens war moderat erhöht, der modifizierte Ashworth Score (0–5) reichte von 1 bis maximal 2. Der Fugl-Meyer Score (0–66) als valides und reliables Instrument diente der Erhebung der motorischen Kontrolle der oberen Extremität vor und nach Therapie [4], die Auswertung erfolgte blind mittels eines standardisierten Videos. Zusätzlich wurden die Patienten nach ihrem subjektiven Eindruck befragt.

Im Ergebnis äußerten sich die Patienten sehr zufrieden mit dem Gerät: sie hätten mit Ausnahme der Befestigung der Schlaufe eigenständig üben können, der Muskeltonus der Hand und des Armes hätte nachgelassen und motorische Funktionen der Schulter, des Ellenbogens und sogar der Hand in einem Fall seien besser geworden. Funktionelle Vorteile waren ein besseres Hineinschlüpfen in einen Pullover (3 mal), das eigenständige Ablegen des Armes auf dem Therapietisch des Rollstuhls (1 mal) sowie eine Haltefunktion für grobe Gegenstände in einem Fall. Der FM spiegelte diese Angaben wider, er verbesserte sich von 8 auf 15 FM-Punkte bei Patient I, von 6 auf 14 FM-Punkte bei Patient II und von 13 auf 22 FM-Punkte bei Patient III. Nebenwirkungen waren nicht aufgetreten. Alle drei Patienten konnten sich sehr gut vorstellen, die Therapie zu Hause fortzuführen.

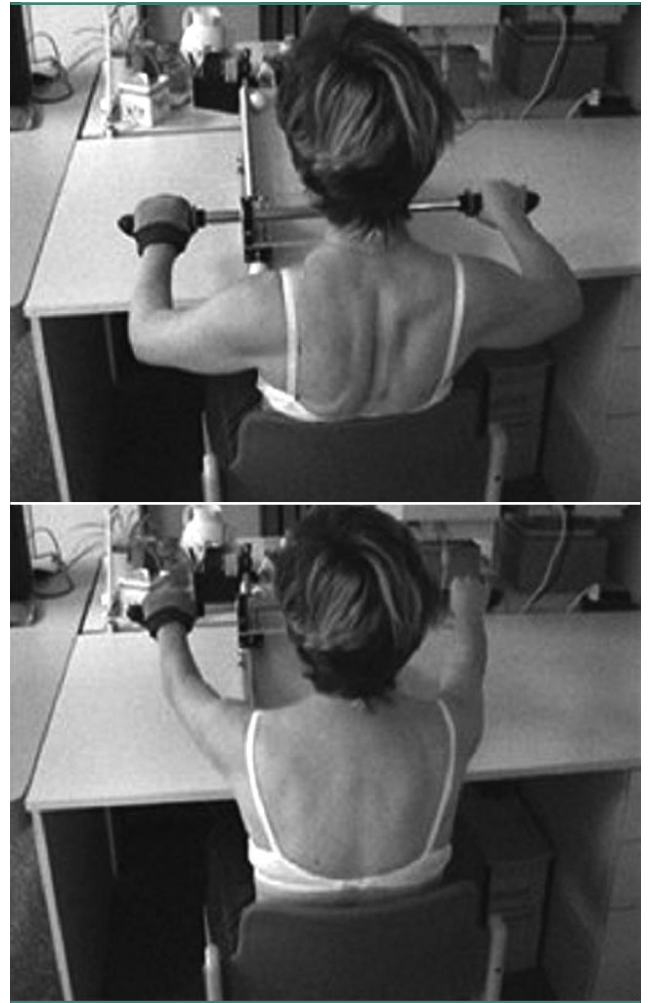


Abb. 2: Patientin mit Hemiparese links während des Trainings mit dem »Nudelholz«. Das Schulterblatt liegt gut an und folgt der Vorwärtsbewegung der Griffe, indem die Scapulaspitze nach außen dreht.

Diskussion

Gemäß dem Lastenheft erlaubte das »Nudelholz« schwer betroffenen Patienten das Üben dreier Freiheitsgrade, einer Flexion/Extension des Ellenbogens und des Handgelenks sowie einer geringen Schulterabduktion/-adduktion. Das Anstellen der Platte brachte zusätzlich eine Schultererelevation mit sich, indem die Patienten die Griffstange auf Schulterhöhe führten. Die nicht-betroffene führte die betroffene Extremität, es konnte somit auf einen externen Antrieb verzichtet werden, was günstige Kosten und eine Zulassung als Gerät der Klasse 1 gemäß Medizinproduktegesetz mit sich brachte.

Die ersten klinischen Anwendungen zeigten keine Nebenwirkungen, aus Furcht vor einer Überbelastung der Gelenke und Sehnen war die Übungsintensität auf maximal 25 min jeden Tag beschränkt. Auch trat kein im Vorfeld befürchtetes Schulter-Hand-Syndrom auf, auch eher unwahrscheinlich angesichts der physiologischen Mitbewegung der am Thorax anliegenden Scapula der betroffenen Seite. Praktisches Problem war ein schmerzhaftes Schleifen des

paretischen Unterarms an der Tischkante, das Anstellen der Platte verhinderte dies jedoch. Ein Brustgurt war im Sinne des sog. »trunk constraint« ggf. erforderlich, um eine kompensatorische Rumpfbewegung zu vermeiden.

Die Akzeptanz des Gerätes war hoch, die stationären Patienten übten eigenständig, externe Hilfe war lediglich beim Anlegen der Handschlaufe und beim Anstellen der Grundplatte erforderlich. Die Patienten empfanden die Therapie als nicht zu eintönig, das Gefühl, selbst etwas für den Arm tun zu können, die Anstrengung der Bewegung, die Tonusminderung vor allem des Ellenbogen und die Freude am Fortschritt wurden als Motivationsgründe angegeben.

Die Verbesserung des FM-Scores um im Mittel 11 (± 2) Punkte liegt im Bereich der Literatur für schwer betroffene Patienten [7], das Ergebnis ist natürlich angesichts der geringen Fallzahl sowie der parallel durchgeführten konventionellen Behandlung mit größter Vorsicht zu betrachten. Kontrollierte Studien werden weitere Klärung bringen. Die offene Studie mit dem BATRAC-Gerät, auf das das vorgestellte Gerät aufbaute, schloss chronische Patienten mit einem initialen FM-Wert von 15 Punkten ein, die sich im Median um 10 FM-Punkte verbesserten [15]. Die beiden Griffe des BATRAC waren nicht verbunden, was die Therapie hoch paretischer Patienten ausschloss.

Konzeptionell liegt dem Gerät neben der Repetition isolierter Bewegungen [2, 8] ein bilateraler Ansatz zwecks Fazilitation der paretischen Seite zu Grunde, was *O. Förster* in der Rehabilitation des hoch-paretischen Armes bereits in den 30er Jahren empfohlen hatte [5]. Im Sinn des sog. »shaping« kann der Widerstand der Vor- und Rückwärtsbewegung individuell eingestellt werden [12].

Zusammenfassend ist das mechanische »Nudelholz« eine interessante und preiswerte Alternative für die eigenständige Rehabilitation des schwer betroffenen Armes nach Schlaganfall. Es kann in Ergänzung zur konventionellen Behandlung somit helfen, die Therapieintensität in Übereinstimmung mit modernen Konzepten des motorischen Lernens zu steigern. Zukünftige kontrollierte Studien müssen die klinische Wertigkeit klären.

Hinweis: Reha-Stim unterstützte maßgeblich die Entwicklung des Gerätes, Inhaberin ist Dr. Beate Brandl-Hesse, die Ehefrau des Autors SH.

Literatur

1. Bohannon RW, Smith MB: Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Physical Therapy* 1987; 67: 206-207
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. Disserens K, Herrmann F, Perret N, Chatelain N, Filipovic P, Vuadens P, Bogousslavsky J, Vingerhoets F: Quantitative evaluation of the effect of post-stroke spasticity and motor control of repetitive training with an arm trainer. *Neurologie & Rehabilitation (Abstractband)* 2004; 10: 40
4. Duncan PW, Propst M, Nelson SG: Reliability of the Fugl-Meyer assessment of sensorimotor recovery following cerebrovascular accident. *Phys Ther* 1983; 63: 1607-1610
5. Foerster O: Übungstherapie. In: Bumke O, Foerster O (Hrsg.): *Handbuch der Neurologie*. Band 8. Springer, Berlin 1936, 316-414
6. Hesse S, Schmidt H, Werner C, Bardeleben A: Upper and lower extremity robotic devices for rehabilitation and for studying motor control. *Curr Opin Neurol* 2003; 16: 705-10
7. Hesse S, Werner C, Bardeleben A: Der schwer betroffene Arm ohne distale Willküraktivität – ein »Sorgenkind« der Rehabilitation nach Schlaganfall?! *Neurol Rehabil* 2004; 10: 123-130
8. Hummelsheim H: Rationales for improving motor function. *Curr Opin Neurol* 1999; 12 (6): 697-701
9. Lum PS, Burgar CG, Shor PC et al: 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. Michaelsen SM, Levin MF: Short-term effects of practice with trunk restraint on reaching movements in patients with chronic stroke. *Stroke* 2004; 35: 1914-1919
11. Roby-Brami A, Fuchs S, Mokhtari M et al: Reaching and grasping strategies in hemiparetic patients. *Motor Control* 1997; 1: 72-91
12. Sterr A, Freivogel S: Motor improvement following intensive training in low-functioning chronic hemiparesis. *Neurology* 2003; 61: 842-844
13. Volpe BT, Krebs HI, Hogan N et al: A novel approach to stroke rehabilitation. Robot-aided sensorimotor stimulation. *Neurology* 2000; 54: 1938-44
14. Werner C, Bardeleben A, Pohl M, Mehrholz J, Hesse S: Armtrainer Bi-Manu-Track vs. EMG-getriggerte Elektrostimulation in der Rehabilitation der schwer betroffenen oberen Extremität nach Schlaganfall. *Neurologie & Rehabilitation (Abstractband)* 2004; 10: 45
15. Whitall J, McCombe Waller S, Silver KH et al: Repetitive bilateral arm training with rhythmic auditory cueing improves motor function in chronic hemiparetic stroke. *Stroke* 2000; 31: 2390-2396

Korrespondenzadresse:

Cordula Werner
Klinik Berlin
Kladower Damm 223
D-14089 Berlin
e-mail: cowerner@zedat.fu-berlin.de