

Laufbandtherapie mit partieller Körpergewichts-entlastung zur Wiederherstellung der Gehfähigkeit hemiparetischer Patienten

S. Hesse

Klinik Berlin, Abteilung Neurologische Rehabilitation, Freie Universität Berlin

Zusammenfassung

Das Laufbandtraining mit partieller Körpergewichtsentslastung setzt sich zunehmend in der Gangrehabilitation hemiparetischer Patienten durch. Die vorliegende Übersichtsarbeit möchte Voraussetzungen, Behandlungstechnik, ausgewählte klinische Studien und neuere Entwicklungen darstellen. Es wird ausgeführt, daß das Laufbandtraining dem zumindest an der Bettkante frei sitzenden Patienten die Möglichkeit bietet, komplexe Gangzyklen repetitiv zu üben. Klinische Studien zeigten eine Überlegenheit der Methode hinsichtlich der Wiederherstellung der Gehfähigkeit und der Verbesserung der Ganggeschwindigkeit in der Ebene für chronisch hemiparetische Patienten. Vergleichende Untersuchungen zwischen dem Gehen auf dem Laufband und in der Ebene wiesen nach, daß die Patienten auf dem Laufband symmetrischer gehen, die relative Einbeinstandphase länger ist und daß mit zunehmender Gewichtsentslastung die Aktivität der gewichtstragenden Muskulatur abnimmt sowie das Gangmuster weniger spastisch ist. Eine technische Neuentwicklung ist der maschinengestützte Gangtrainer, womit die Patienten eine gangähnliche Bewegung ohne Überforderung der Therapeuten, z.B. für das Setzen des paretischen Fußes, üben können.

Schlüsselwörter: Laufbandtherapie mit partieller Körpergewichtsentslastung, Hemiparese, Gang

Treadmill training with partial body weight support for the restoration of gait of hemiparetic subjects

S. Hesse

Abstract

Treadmill training with partial body weight support is getting more and more common in the gait rehabilitation of hemiparetic subjects. The present article is on prerequisites, technical aspects, selected clinical studies and new developments. Treadmill training enables hemiparetic subjects, who can sit at least, to train complex gait cycles repetitively. In clinical studies the treadmill training proved superior with regard to the restoration of gait and improvement of gait velocity on the floor in chronic hemiparetic subjects. Further comparative studies showed that the patients walk more symmetrically, with a longer single-stance period of the affected lower limb and with less spasticity on the treadmill than during ground level walking. The body weight support resulted in a decreased activity of the antigravity muscles of the affected side. A recently developed machine-supported gait trainer provides the possibility to entrain a gait-like movement with less physical assistance by the therapists.

Key words: treadmill training, hemiparesis, gait

Neurol Rehabil 1998; 4 (3-4): 113-118

Einleitung

Ein Drittel aller hemiparetischen Patienten sind drei Monate nach Insult noch auf den Rollstuhl angewiesen [20]. Nach ihren Zielen während der Rehabilitation befragt, besitzt die Wiederherstellung der Gehfähigkeit für die Patienten die höchste Priorität. Um dieses Ziel zu erreichen, werden unterschiedliche krankengymnastische Techniken eingesetzt, von denen sich keine in Vergleichsuntersuchungen als überlegen erwies (Übersicht siehe [16]). In Deutschland wird am häufigsten die Bobath-Technik eingesetzt [4], für die jedoch eine Gangverlaufsuntersuchung an 156 hemiparetischen Patienten keine wesentliche Gangverbesserung

während einer vierwöchigen stationären Rehabilitation nachweisen konnte [11]. Eine mögliche Erklärung war die Tatsache, daß in dieser Technik tonusinhibierende Maßnahmen und das Gehen vorbereitende Übungen dominieren, wohingegen das Gehen an sich nur wenig geübt wird. Moderne neurophysiologische Konzepte zum motorischen Lernen fordern jedoch ein repetitives aufgabenspezifisches Üben, d. h. wer gehen lernen möchte, muß gehen [2]. Um dieses dem Patienten zu ermöglichen, verwenden wir seit Ende 1992 das Laufbandtraining (LBT) mit partieller Körpergewichtsentslastung, das zuerst in der Rehabilitation paraparetischer Patienten [3, 5, 21] erfolgreich eingesetzt wurde. Das Training erlaubt dem in einem modifizierten

Fallschirmgurt gesicherten und partiell körperrgewichtsentlasteten Patienten, komplexe Gangzyklen wiederholt zum frühest möglichen Zeitpunkt zu üben. Theoretisch wird eine Anregung spinaler und supraspinaler Gangzentren diskutiert [7, 14]. Die vorliegende Übersichtsarbeit möchte Voraussetzungen, Technik, Ergebnisse ausgewählter klinischer Studien sowie neue Entwicklungen darstellen.

Voraussetzungen

Voraussetzung für das LBT ist nach unserer Erfahrung, daß die Patienten an der Bettkante frei sitzen können, weiter erforderlich sind eine ausreichende kardiovaskuläre Belastbarkeit und der Ausschluß von schweren Kontrakturen. Nicht erforderlich ist, daß die Patienten selbst stehen können, auch sind Störungen der Kognition, Kommunikation oder Wahrnehmung wie ein Neglect-Syndrom mit Pusher-Symptomatik keine Ausschlußkriterien.

Technik

Notwendig sind ein motorgetriebenes Laufband, ein Gurt und eine Gewichtsentlastung (Abb. 1). Das Laufband sollte auch bei geringen Geschwindigkeiten (z. B. 0,15–0,25 m/s) ruckfrei laufen, die Lauffläche sollte mindestens 1,50 m lang und 45 cm breit sein, eine zu breite Lauffläche kann gegebenenfalls die therapeutische Arbeit für das Setzen des Fußes erschweren.



Abb. 1: Laufbandtraining mit partieller Körpergewichtsentlastung

Zur Sicherung verwenden wir einen modifizierten Fallschirmgurt: Gepolsterte Gurte werden um die Beine geführt und im Hüftbereich über Karabinerhaken fixiert, zusätzlich sind die Patienten mit einem Becken- und Brustgurt gesichert. Zu beachten sind eine ausreichende Bewegungsfreiheit der Beine (Druckstellen oder eine Thrombose wurden bis dato nicht beobachtet) und eine nicht behinderte Atmung. Zwei weitere Gurte gehen von den Schulterstücken aus und sind an beiden Enden eines Stahlkleiderbügels aufgehängt.

An die Spitze des Kleiderbügels schließt sich das zentrale Aufhängesystem an. Dieses kann ein einfacher Flaschenzug mit integrierter Feder (an der Decke oder einer Rahmenkonstruktion montiert) oder ein über Rollen laufendes System mit einem Gegengewicht sein. Das letztere bietet abgesehen von dem Rollwiderstand der Seile sowie der Massenträgheit des Gegengewichts eine annähernd konstante, d. h. von den zyklusphasenabhängigen Vertikalbewegungen des Körperschwerpunktes unabhängige Gewichtsentlastung. Bei einer Feder hingegen wird in Abhängigkeit von der Federkennlinie eine größere Kraft entlastet, wenn der Körperschwerpunkt während der Doppelstandbeinphasen am tiefsten ist. Die umgekehrte Situation mit einer geringen Entlastung gilt, wenn der Körperschwerpunkt in der Einbeinstandphase ansteigt.

Modifikationen sind pneumatisch oder elektronisch geregelte Systeme, die gleichfalls eine konstante Gewichtsentlastung gewähren. Auch können statt einer zentralen zwei getrennte, an den Schultergurten angreifende Aufhängesysteme verwendet werden. Vorteil ist, daß z. B. für paraparetische Patienten je nach Schweregrad eine seitengetrennte Gewichtsentlastung eingestellt werden kann, nachteilig ist die geringere Rumpfbeweglichkeit. Auch benötigt der hemiparetische Patient keine Gewichtsentlastung für das nicht betroffene Bein, im Gegenteil, entsprechende Registrierungen mit einer zentralen Aufhängung zeigen, daß der hemiparetische Patient die Gewichtsentlastung nur in der Standbeinphase des betroffenen Beines in Anspruch nimmt.

Die Bandgeschwindigkeit sollte anfangs 0,15–0,20 m/s betragen und kann rasch auf Werte von 0,25 bis 0,30 m/s gesteigert werden. Die Gewichtsentlastung sollte 30 % nicht überschreiten (siehe unten). Um eine optimale Gewichtsbelastung zu ermöglichen, sollte sie so rasch als möglich reduziert werden. Klinisches Kriterium ist die Fähigkeit der Patienten, das Körpergewicht in der Standbeinphase des betroffenen Beines ohne Kniekollaps oder ohne sich in den Gurt zu setzen zu tragen.

Damit die Patienten das Gehen nicht nur wiederholt, sondern auch möglichst korrekt üben, ist anfangs die Hilfe von zwei Therapeuten erforderlich. Unten sitzend wird das Schwingen des paretischen Beines unterstützt, darauf geachtet, daß der initiale Kontakt mit der Ferse und nicht dem Vorfuß erfolgt, auf eine symmetrische Schrittlänge geachtet und ein pathologisches Durchschlagen des Kniegelenkes verhindert. Der Therapeut, der hinter dem Patienten steht, unterstützt die Gewichtsverlagerung auf das

jeweilige Standbein und die Hüftextension in der Standbeinphase, beides wesentliche Elemente der peripheren Anregung der spinalen Lokomotionszentren nach tierexperimentellen Befunden [1, 6] und wesentliche Prinzipien der Gangfazilitation in der Ebene. Eine weitere Aufgabe ist die Rumpf- und Kopfaufrichtung. Zum Festhalten hat sich ein vorne montierter, höhenverstellbarer Lenker bewährt, auch kann der paretische Arm daran mit protrahierter Schulter befestigt werden. Eine seitliche Abstützung mit dem nicht betroffenen Arm auf dem Rahmen dagegen würde die Gewichtsverlagerung beeinträchtigen.

Die körperlich anstrengende Arbeit der Therapeuten kann durch die FES unterstützt werden. Als praktikabel erwies sich die zyklusphasengerechte Stimulation mit Oberflächenelektroden des N. peroneus, um das Setzen des paretischen Fußes zu erleichtern [12]. Die Steuerung erfolgt mittels Fußkontaktschalter.

Eine Therapieeinheit dauert ca. eine halbe Stunde, darin enthalten sind eine Rüstzeit von 5 min und zwei 10minütige Trainingsperioden mit 5minütiger Pause dazwischen. Auch sollte, wenn möglich, das Gehen in der Ebene im Anschluß geübt werden. Ziel ist nämlich die Wiederherstellung der Gehfähigkeit in der Ebene und nicht auf dem Laufband.

Klinische Studien

Eine erste Arbeit berichtete über einen chronischen, gehfähigen Patienten, der während des LBT ohne Gewichtsentlastung seine Gangsymmetrie verbessern konnte [19]. Die Arbeitsgruppe von C. Richards aus Montreal konnte zeigen, daß Patienten im akuten Stadium nach dem Insult das LBT bis zu 45 min tolerierten und daß eine mit diesem spezifischen Training behandelte Gruppe im Vergleich zu einer konventionell behandelten eine höhere Ganggeschwindigkeit nach 6 Wochen erzielte [15, 17]. In unseren Untersuchungen konzentrierten wir uns auf die Wiederherstellung der Gehfähigkeit von Patienten, deren Insult mindestens drei Monate zurücklag, wodurch der Einfluß des Spontanverlaufs minimiert werden konnte. Denn nach einer dänischen Studie ist die Rückbildung der Gehfähigkeit unter optimalen Therapiebedingungen zu 95 % innerhalb der ersten 11 Wochen abgeschlossen [13].

Zwei Studien wurden durchgeführt: Die erste war eine »baseline treatment« Studie mit 12 Patienten. Sie erhielten nach einer dreiwöchigen krankengymnastischen Behandlung das LBT mit partieller Gewichtsentlastung über 5 Wochen zusätzlich. Es zeigte sich, daß die Patienten ihre Gehfähigkeit während der dreiwöchigen Baseline nicht entscheidend verbessern konnten, wohingegen sich eine deutliche Zunahme während des zusätzlich eingesetzten LBT einstellte. Nach Studienende konnten alle Patienten zumindest mit verbaler Hilfe gehen. Es profitierten vor allem schwerbetroffene Patienten, die in der überwiegenden Mehrzahl unter einem chronischen Pusher-Syndrom litten [9].

Nachteil der Studie war, daß sie keine Aussage zum alleinigen Effekt der Laufbandtherapie zuließ, weswegen sich

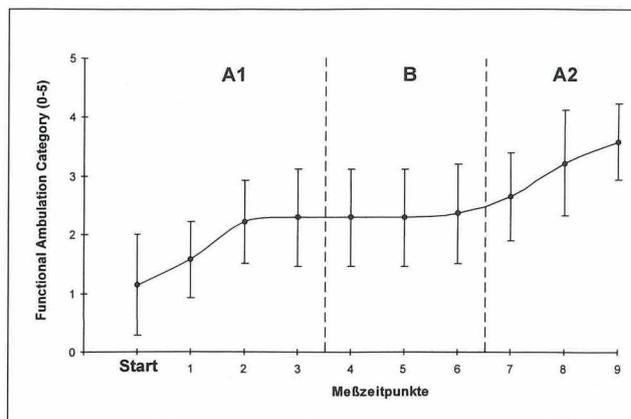


Abb. 2: Werte der Functional Ambulation Category (FAC 0-5, Skala zur Beurteilung der beim Gehen noch erforderlichen Hilfe) aller an der Einzelfallstudie teilnehmenden Patienten (n=14, Mittelwert +/- Bereich).

A1, 2 Laufbandtraining, bei sieben Patienten kombiniert mit der Funktionellen Elektrostimulation, B Krankengymnastik. Jede Phase dauerte drei Wochen

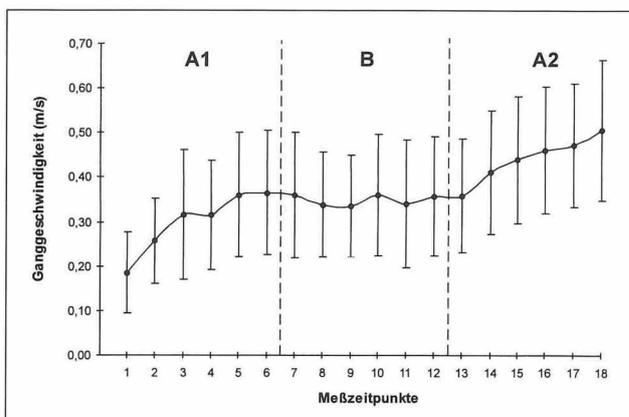


Abb. 3: Ganggeschwindigkeit in der Ebene aller an der Einzelfallstudie teilnehmenden Patienten (n=14, Mittelwert +/- SD).

A1, 2 Laufbandtraining, bei sieben Patienten kombiniert mit der Funktionellen Elektrostimulation, B Krankengymnastik. Jede Phase dauerte drei Wochen

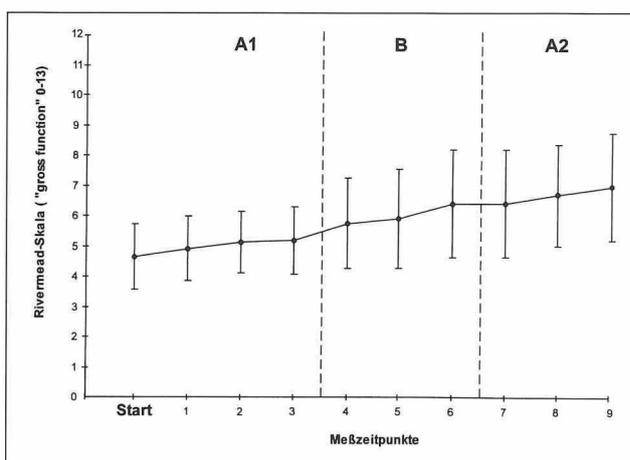


Abb. 4: Werte der Rivermead-Skala (»gross function« 0-13) aller an der Einzelfallstudie teilnehmenden Patienten (n=14, Mittelwert +/- Bereich).

A1, 2 Laufbandtraining, bei sieben Patienten kombiniert mit der Funktionellen Elektrostimulation, B Krankengymnastik. Jede Phase dauerte drei Wochen

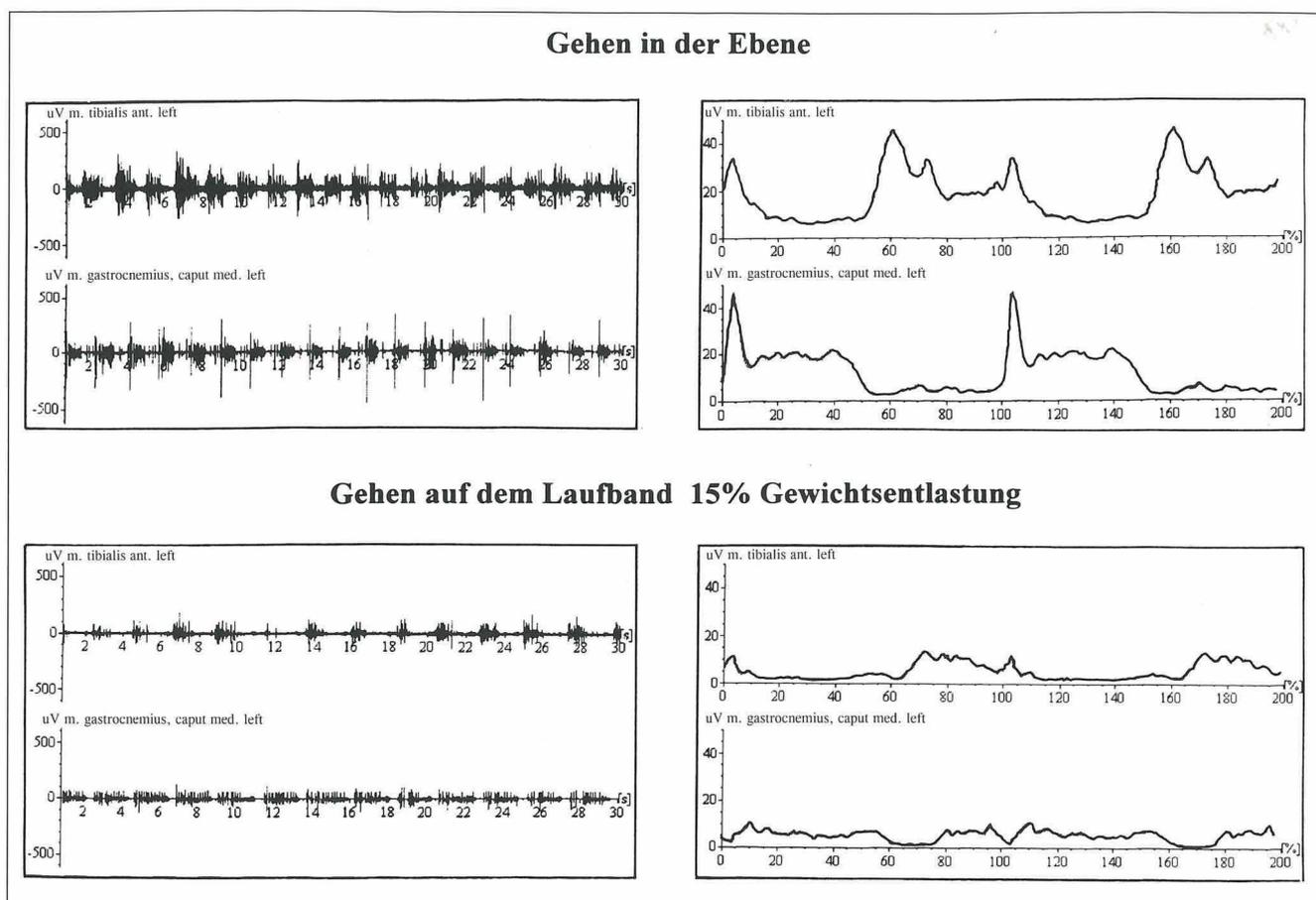


Abb. 5: Kinesiologisches EMG (Roh-EMG und Hüllkurve nach Mittelung über 10 Schritte und Zyklusnormalisierung) des M. tibialis anterior und des M. gastrocnemius der betroffenen Seite eines Patienten mit Hemiparese links auf dem Laufband mit 15 % Körpergewichtsentslastung (unten) und in der Ebene (oben)

eine Einzelfallstudie mit 14 Patienten nach dem A-B-A-Schema anschloß. Jede Phase dauerte drei Wochen, in der ersten A-Phase erhielten die Patienten das spezifische Training ausschließlich, anschließend erfolgte eine konventionelle krankengymnastische Behandlung und abschließend in der zweiten Phase nochmals das LBT. Bei der Hälfte der Patienten wurde das LBT mit der Funktionellen Elektrostimulation auf dem Laufband in den beiden A-Phasen zwecks Erleichterung der therapeutischen Arbeit kombiniert [8, 12].

Im Effizienzvergleich erwies sich das LBT (alleine oder in Kombination mit der FES) in Bezug auf die Wiedererlangung der Gehfähigkeit und der Ganggeschwindigkeit in der Ebene als der physiotherapeutischen Maßnahme überlegen. Die zusätzliche Elektrostimulation auf dem Laufband erleichterte die körperliche Arbeit der Therapeuten, führte aber zu keiner weiteren Steigerung des Therapieeffektes auf dem Laufband. Im Kurvenverlauf beider Größen zeigte sich eine initiale Verbesserung, in der B-Phase flachte das Profil ab, um abschließend nochmals anzusteigen. Andere motorische Funktionen, überprüft mit Hilfe der Rivermead-Skala, hatten sich stetig verbessert, wohingegen die im Liegen geprüfte Beinmuskulatur (Motricity Index) und der Muskeltonus (modifizierter Ashworth Score) keine wesentlichen Veränderungen aufwiesen (Abb. 2, 3 u. 4).

Die Studie belegt, daß das LBT eine sehr effektive Methode zur raschen Wiederherstellung der Gehfähigkeit ist. Aus dem Kurvenprofil sollte jedoch nicht geschlossen werden, daß die Physiotherapie als Behandlungsmethode obsolet ist. Die herkömmliche Physiotherapie dauerte nur drei Wochen (eine zweite B-Phase konnte aufgrund der beschränkten Aufenthaltsdauer nicht realisiert werden), auch spiegelt der flache Kurvenverlauf des FAC in der B-Phase die Intention der Therapeuten wider, den Patienten aus der u. E. unbegründeten Furcht vor falschen Bewegungsmustern nicht zu rasch selbständig gehen zu lassen. Wir erachten das LBT derzeit als sehr effektive Methode, um eine selbständige Gehfähigkeit möglichst rasch wiederherzustellen. Die Methode hat jedoch nicht den Anspruch, die herkömmliche Krankengymnastik zu ersetzen. Größter Vorteil der LBT ist die Möglichkeit für den schwerbetroffenen Patienten, während einer Therapieeinheit ca. 1000 Schritte zu üben. In der Krankengymnastik werden allein aufgrund der hohen Kraftanforderung an die Therapeuten selten mehr als 100 Schritte geübt.

Weitere Studien verglichen das Gehen auf dem Laufband mit dem in der Ebene und untersuchten den Einfluß der Gewichtsentslastung [10]. Auf dem Laufband gehen die Patienten bei vergleichbarer therapeutischer Unterstützung symmetrischer, und die Einbeinstandphase des betroffenen

Beines ist länger. Das Üben dieser Phase jedoch, in der das Körpergewicht ausschließlich von dem betroffenen Bein getragen wird, gilt als wesentlich für die Wiedererlangung der Gehfähigkeit. Mit zunehmender Gewichtsbelastung nimmt erwartungsgemäß die Aktivität der gewichtstragenden Muskulatur ab. Dies trifft besonders ab 30 % BWS zu, weswegen diese Schwelle nicht überschritten werden sollte. Das kinesiologische EMG zeigt weiterhin, daß auf dem Laufband die Plantarflexorspastik geringer und die EMG-Aktivität des antagonistischen M. tibialis anterior geordneter ist (Abb. 5). Zusammenfassend belegen diese Untersuchungen, daß der hemiparetische Patient auf dem Laufband ein symmetrisches und weniger spastisches Gangmuster repetitiv üben kann.

Neue Entwicklungen

Erste positive Erfahrungen sprechen (neben der Indikation Paraparese) auch für einen möglichen Einsatz bei SHT-Patienten, sowohl bei Vorliegen einer hochgradigen Parese als auch bei einer Ataxie. Der ataktische Patient kann gurtgesichert eine hohe Laufleistung zurücklegen, was sich wiederum positiv auf ein begleitendes hirnrorganisches Psychosyndrom auswirken kann.

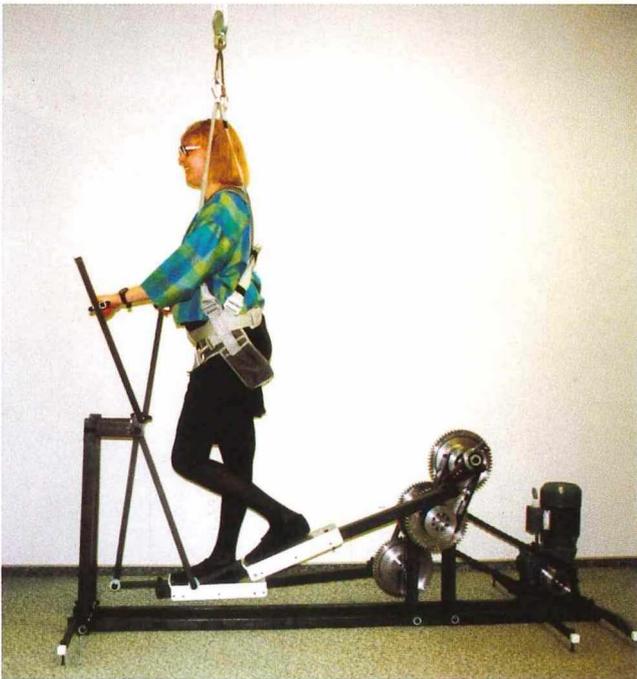


Abb. 6: Neuentwickelter Gangtrainer mit besserer Simulation der Schwungbeinphase und Möglichkeit, das Verhältnis Stand- zu Schwungbeinphase zu variieren

Zur Erleichterung der gerade zu Beginn aufwendigen therapeutischen Arbeit auf dem Laufband wurde ein maschinengestützter Gangtrainer entwickelt [18]. Er besteht aus einem kommerziellen Fitnessgerät mit zwei Fußplatten, die auf einer Kreisbahn alternierend nach vorne und hinten fahren. Fährt die Platte nach hinten, so wird die Standbein-

und bei Vorwärtsbewegung die Spielbeinphase simuliert. Die Plattenbewegung wird von einem Motor unterstützt, entweder vollständig zu Beginn der Rehabilitation (passiver Modus) oder unterstützend je nach Mithilfe des Patienten. Zum Ausgleich noch unzureichender Gleichgewichtsreaktionen ist der Patient in einem modifizierten Fallschirmgurt, ähnlich dem auf dem Laufband, gesichert. Erste ganganalytische Vergleichsuntersuchungen einschließlich des kinesiologischen EMG zeigten, daß noch nicht selbständig gehfähige hemiparetische Patienten ein gangähnliches Muster auf dem Gangtrainer üben konnten bei weniger Mithilfe durch die Therapeutin. Nachteilig sind noch die unzureichende Simulation der Schwungbeinphase sowie das nicht natürliche Verhältnis von 50:50 zwischen Stand- und Spielbeinphase. Diese Nachteile erforderten die Konstruktion und den Bau eines neuen Prototypen (Abb. 6). Zusammenfassend ist die Laufbandtherapie mit partieller Körpergewichtsentlastung eine vielversprechende Methode zur Wiederherstellung der Gehfähigkeit hemiparetischer Patienten. Es zeichnet sich eine zunehmende Verbreitung in neurologischen Rehabilitationskliniken vor allem des deutschsprachigen Raums ab. In diesem Zusammenhang wäre eine Multicenter-Studie zu überlegen, um die Effektivität der Methode weiter zu stützen.

Literatur

1. Andersson O, Grillner S: Peripheral control of the cat's step cycle. II. Entrainment of the central pattern generators by sinusoidal hip movements during »fictive locomotion«. *Acta Physiol Scand* 1983; 118: 229-239
2. Asanuma H, Keller A: Neurobiological basis of motor learning and memory. *Concepts Neurosci* 1991; 2: 1-30
3. Barbeau H, Wainberg W, Finch L: Description and application of a system for locomotor rehabilitation. *Med Biol Eng Comput* 1987; 25: 341-344
4. Bobath B: Adult hemiplegia: evaluation and treatment. London, Heinemann 1970
5. Dietz V, Colombo G, Jensen L: Locomotor activity in spinal man. *Lancet* 1994; 344: 1260-1263
6. Duysen J, Pearson KG: Inhibition of flexor burst generation by loading ankle extensor muscles in walking cats. *Brain Res* 1980; 187: 321-332
7. Eidelberg E, Walden JG, Nguyen LH: Locomotor control in macaque monkeys. *Brain* 1981; 104: 47-663
8. 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
9. Hesse S, Bertelt C, Schaffrin A, Malezic M, Mauritz KH: Restoration of gait in non-ambulatory hemiparetic patients by treadmill training with partial body weight support. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; 75: 1087-93
10. Hesse S, Helm B, Krajnik J, Gregoric M, Mauritz KH: Treadmill training with partial body weight support: influence of body weight release on the gait of hemiparetic patients. *J Neurol Rehabil* 1997; 11: 15-20
11. Hesse S, Jahnke MT, Bertelt C, Schreiner C, Lücke D, Mauritz KH: Gait outcome in ambulatory hemiparetic patients after a 4-week comprehensive rehabilitation program and prognostic factors. *Stroke* 1994; 25: 1999-2004

12. Hesse S, Malezic M, Schaffrin A, Mauritz KH: Restoration of gait by a combined treadmill training and multichannel electrical stimulation in non-ambulatory hemiparetic patients. *Scand J Rehab Med*, 1995; 27: 199-205
13. Jorgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Olsen TS: Recovery of walking function in stroke patients: the Copenhagen stroke study. *Arch Phys Med Rehabil* 1995; 76: 27-32
14. Lovely RG, Gregor RJ, Roy RR, Edgerton VR: Effects of training on the recovery of full weight-bearing stepping in the adult spinal cat. *Exp Neurol* 1986; 92: 421-435
15. Malouin F, Potvin M, Prevost J, Richards CL, Wood-Dauphinee S: Use of an intensive task-oriented gait training program in a series of patients with acute cerebrovascular accidents. *Phys Ther* 1992; 72: 781-793
16. Mauritz KH: General Rehabilitation. *Curr Opin Neurol* 1990; 3: 714-718
17. Richards CL, Malouin F, Wood-Dauphinee S, Williams JI, Bouchard JP, Brunet D: Task-specific physical therapy for optimization of gait recovery in acute stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1993; 74: 612-620
18. Uhlenbrock D, Sarkodie-Gyan T, Reiter F, Konrad M, Hesse S: Entwicklung eines Gangtrainers mit geregeltm Servoantrieb zur Rehabilitation gehunfähiger Patienten. *Biomed Tech* 1997; 42: 196-202
19. Waagfjörd J, Levangle PK, Certo CME: Effects of treadmill training on gait in a hemiparetic patient. *Phys Ther* 1990; 70: 549-560
20. Wade DT, Wood VA, Heller A, Maggs J, Langton-Hewer R: Walking after stroke: measurement and recovery over the first three months. *Scand J Rehab Med* 1987; 19: 25-30
21. Wernig A, Müller S: Laufband locomotion with body weight support improved walking in persons with severe spinal cord injuries. *Paraplegia* 1992; 30: 229-238

Korrespondenzadresse:

PD Dr. med. S. Hesse
Klinik Berlin
Fachbereich Neurologie
Kladower Damm 223
14089 Berlin