

Zeitschrift:	Physiotherapie = Fisioterapia
Herausgeber:	Schweizerischer Physiotherapeuten-Verband
Band:	35 (1999)
Heft:	5
Artikel:	Lokomotionstherapie auf dem Laufband mit Körpergewichtsentlastung bei neurologisch geschädigten Patienten : Erfahrungen über die praktische Anwendung der Laufbandtherapie
Autor:	Marks, Detlef / Pfeffer-Eichhübl, Adrian
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-929385

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Lokomotionstherapie auf dem Laufband mit Körpergewichtsentlastung bei neurologisch geschädigten Patienten

Erfahrungen über die praktische Anwendung der Laufbandtherapie

Detlef Marks und Adrian Pfeffer-Eichhübl, Physiotherapeuten, HUMAINE Klinik Zihlschlacht, Neurorehabilitation, Hauptstrasse, 8588 Zihlschlacht, E-Mail: inforkz@humaine.ch

Seit längerer Zeit wird bei inkompletten und kompletten Querschnittspatienten die Lokomotionstherapie auf dem Laufband zum Wiedererlernen des Gehens mit Erfolg angewandt. Über die Lokomotionstherapie bei Patienten mit anderen neurologischen Störungsbildern gibt es bisher wenig Literatur. Ziel dieser Arbeit ist es, die Erfahrungen der Lokomotionstherapie mit Körpergewichtsentlastung am Laufband, das seit über einem Jahr in der HUMAINE Klinik Zihlschlacht Patienten mit diversen neurologischen Störungsbildern angeboten wird, vorzustellen. Die praktischen Aspekte der Therapie am Laufband werden erörtert, da in der Literatur in der Regel Resultate diskutiert werden, aber methodische Hinweise und Grundprinzipien der Therapie seltener erwähnt werden. Nach Auswertung der Patientendaten, die 1997 auf dem Laufband erfasst wurden, schliessen wir, dass bei ausgewählten Patienten gute Resultate mit dem Gehtraining auf dem Laufband erzielt werden können.

Einleitung

Die eingeschränkte Gehfähigkeit bei Patienten mit Hemiplegie stellt ein grosses Problem dar. In der Folge ist eines der wichtigsten Ziele der Rehabilitation dieser Patienten eine selbständige Fortbewegung beziehungsweise das Ermöglichen eines sicheren Gehens. Aus der Literatur geht hervor, dass 25 Prozent der Überlebenden eines Schlaganfalles innerhalb der ersten drei Monate nach Insult nicht gehfähig sind. Bei gehfähigen Patienten werden vor allem eine

verminderte Gewichtsübernahme sowie eine langsamere Gehgeschwindigkeit festgestellt (1).

Die Komplexität der Lokomotion, verbunden mit einer posturalen Instabilität und abnormaler Reflexaktivität, erschweren die Aufgabe einer universellen Strategie zur Wiedererlangung der Gehfähigkeit. Deshalb stellt die Entwicklung der Therapie auf dem Laufband eine zusätzliche Strategie beim Gehtraining dar, welche basierend auf dem «adult spinal animal model», als Laufbandtherapie mit Körpergewichtsentlastungssystem für zentral neurologisch geschädigte Patienten entwickelt wurde (2, 3).

Ziel der Untersuchungen war es, durch Verlaufsbeobachtungen im Rahmen des Gehtrainings auf dem Laufband bei Patienten mit verschiedenen neurologischen Krankheitsbildern Rückschlüsse auf das therapeutische Vorgehen machen zu können.

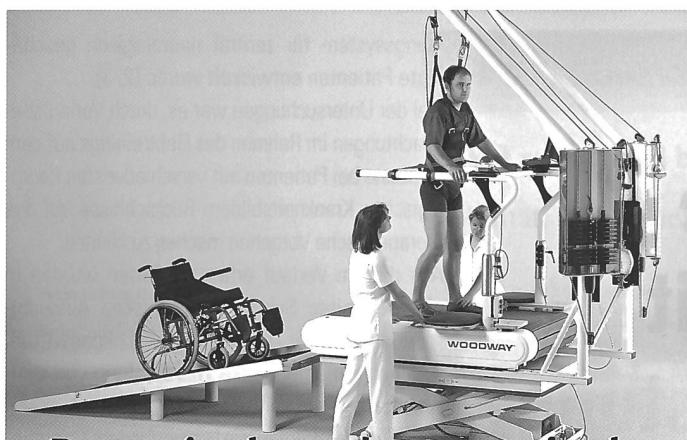
Aus den im Verlauf erfassten Daten wurden in einem zweiten Schritt hypothetische Auswahlkriterien gesucht, um festlegen zu können, bei welchen Patienten diese Therapieform von klinischem Interesse sein könnte. Diese in der Pilotstudie gewonnenen Erfahrungen stellen eine Grundlage für weitere Arbeiten und Interpretationen dar.

Physiologische Grundlagen

Die Existenz spinaler Lokomotionsgeneratoren sowie die daraus resultierende Fähigkeit querschnittsgelähmter Säugetiere, Bewegungsmuster auszuführen, ist seit anfangs dieses Jahrhunderts bekannt (4). Die «Central Pattern Generators» (CPG) sind spinal angelegte neuronale Verknüpfungen, die auch in Abwesenheit von zentralem Input rhythmisch wiederkehrende Bewegungsmuster erzeugen können. Sie werden von absteigenden Bahnen aus dem Mittelhirn, Cerebellum und anderen Regionen reguliert beziehungsweise beeinflusst. Es könnte sich dabei um interneurale, segmental kreuzende und intersegmentale Verbindungen handeln (5, 6).

Normales Gehen besteht aus modifizierbaren, automatischen Bewegungsabläufen, die innerhalb dieser genannten Netzwerke generiert werden. Im Sinne einer Plastizität des ZNS soll den neuronalen Netzwerken zur Ausführung eines normalen Gangs der richtige Input für allfällige Adaptationsmechanismen vermittelt werden. Es sollte ein frühzeitiges «Gehen» unter möglichst physiologischen Bedingungen mit Armpendel, symmetrischer Stand- und Spielbeinphase, Abrollen des Fusses usw. angestrebt werden, um dem Zentralen Nervensystem das Gehen wieder erfahren zu lassen. Die Modulation von angebotenen Gangautomatismen stellt eine Voraussetzung dar für den kognitiven und bewussten Einsatz entsprechender Muskelgruppen in komplexe Bewegungsmuster wie beim Treppensteigen, wechselnder Untergrund, Veränderung der Geschwindigkeit usw. Im weiteren ist die automatische Nutzung dieser Automatismen Voraussetzung, um «Multi Task»-Aufgaben lösen zu können (7).

Ziel der frühzeitigen Lokomotionstherapie ist es, automatische Zentren auf Rückenmarks- und Hirnstammebene günstig zu stimulieren. Somit werden die Central Pattern Generators respektive neuronale Netzwerke dazu benutzt, eine Reorganisation des ZNS mit:



Das spinale und supraspinale Nervensystem ist lernfähig.

Laufen als Selbstverständnis? Für ca. 35.000 Querschnittsgelähmte ist schon das Stehen auf eigenen Beinen ein bewegender Moment. Jetzt belegen jüngste Studien voneinander unabhängiger Forschungsgruppen (S. Müller und A. Wernig, Langensteinbach; V. Dietz, Balgrist/Schweiz) eine signifikant bessere Gehfähigkeit bei inkomplett- sowie erfolgversprechende EMG-Aktivität bei komplett-paraplegischen Patienten, die einem Lokomotionstraining auf dem LOKO SYSTEM® von WOODWAY unterzogen wurden.

Mehr Info? Telefon 01/7873940

MTR

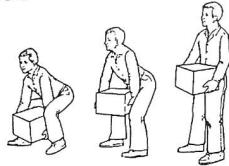
MTR • Medizin Therapie Rehab
Roosstraße 23
CH-8832 Wollerau
Telefon 01/787 39 40
Fax 01/787 39 41
Natel 077 93 16 36

schneller fit mit

GYMplus

Neu: **Körperhaltung, Bewegungslehre, Ergonomie.**
159 Übungen und Tipps für eine bessere Körperhaltung bei täglichen Arbeiten und im Beruf.

SOFTplus Entwicklungen GmbH
Spezialsoftware für Physiotherapien und Trainingscenter
Löttichstrasse 8, 6340 Baar
Tel: 041/763 32 32, Fax: 041/763 30 90
Internet: <http://www.softplus.net>



Katalog und Demoversion erhalten Sie unverbindlich und gratis.

Anzeige- schluss

heisst nicht, dass Sie Ihr Kursinserat nicht auch früher aufgeben dürfen!

Neues therapeutisch-medizinisches Bewegungs- und Trainings-System

Mit wenig Platz eine Atmosphäre schaffen, die Bisheriges übertrifft. Den Tarifvertrag wertschöpfend anwenden. Sich von Routine entlasten. Den eigenen Körper schonen.

Zeit gewinnen für individuelle Beratung und Behandlung.

Keine drastischen Eingriffe. Eigene Behandlungskonzepte, Praxisfläche und Bisheriges behalten. Qualitätsbewusst wissenschaftlich und ganzheitlich therapiieren • Automatisch aufzeichnen • Überzeugendes System • Ab mtl. Fr. 270.-.

Rufen Sie jetzt an: **Telefon 041 - 741 11 42**

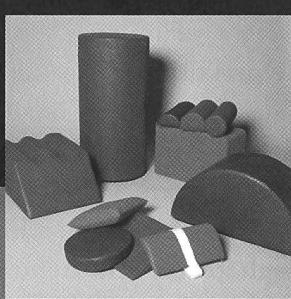
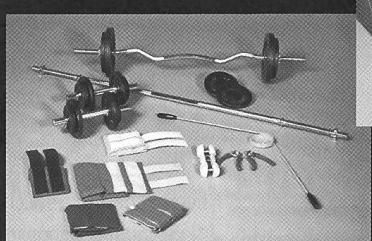
Physiotherapie Thomas und Domenica Nyffeler
Bahnhofstrasse 1, 6312 Steinhausen

PHYSIOLINE

Matthias Roth - 5507 Mellingen

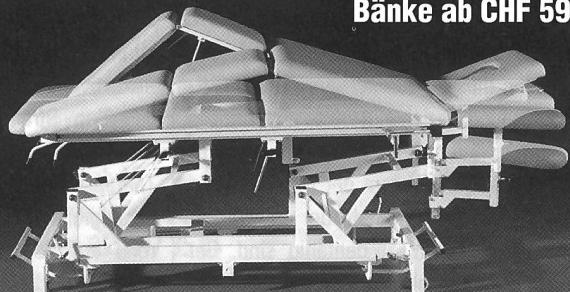
*«neu in der
Schweiz»*

Med. Praxiseinrichtungen



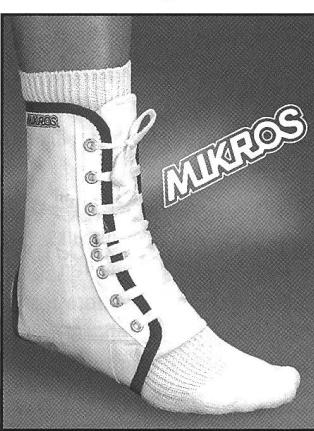
**zu supergünstigen
Konditionen**

Bänke ab CHF 590.-



Tel. 079 438 86 55 · Fax 062 291 16 85

MIKROS-Fussgelenkstützen



- schützen wirksam vor Gelenkverletzungen
- erhöhen die Stabilität des Fusses
- ersetzen tapen und bandagieren
- sind erprobte und bewährte

medExim

Sportmedizin & Rehabilitation

Solothurnstrasse 180
2540 Grenchen
Tel. 032 645 22 37
Fax 032 645 27 08

- a) fehlender Kontrolle motorischer Einheiten,
- b) unzureichender elektromyographischer Aktivität der Muskeln und
- c) falscher zeitlicher Benützung dieser motorischen Programme zu vermeiden (8).

Die Vorteile der Lokomotionstherapie am Laufband ergeben sich einerseits aus der kontinuierlichen und konstanten Vorwärtsbewegung, andererseits aus dem Körpergewichtsentlastungs- und Sicherheitssystem. Diese Kombination ermöglicht es, einen kontinuierlichen, rhythmischen peripheren Input auf die neuronalen Netzwerke im Rückenmark und Hirnstamm zu geben, um die dort gespeicherten Grundprogramme abzurufen und somit eine Modulation supraspinaler Strukturen zu erleichtern. Zum anderen ist es möglich, bei Patienten, die einen geringen posturalen Tonus aufweisen (z.B. relativ kurzfristig nach schädigendem Ereignis), frühzeitig mit «Gehbewegung in der Schwerkraft», im Sinne eines «task specific training», zu beginnen (9). Auf diese Weise können die Nachteile einer längeren Immobilisation und plastischen Anpassung der Rückenmarkstrukturen wie Kontrakturen, assoziierte Reaktionen, Spastizität («Wernicke-Mann-Gangmuster») und sinkende Motivation durch Fehl- bzw. Nichtgebrauch vermieden werden.

Die Lokomotionstherapie auf dem Laufband gilt bei Querschnittslähmung seit längerer Zeit als sinnvolle Ergänzung zur konventionellen Physiotherapie, um die Gehfähigkeit und die Selbständigkeit der Patienten zu verbessern und die Therapiedauer zu verkürzen (10, 11, 12, 13). Da beim hemiplegischen Patienten das Rückenmark und eine Hälfte des Gehirns nicht beschädigt wurden und trotzdem unzählige Verbindungen zwischen den beiden Hirnhälften bestehen, die für die Reorganisation des geschädigten Gehirns notwendig sind, erscheint es als sinnvoll, analog zu Patienten mit Querschnittsläsionen mit der Modulation von ZNS-Abschnitten zu beginnen, die weniger unter dem Einfluss der Schädigung leiden (14).

Methodik

Beschreibung der Apparatur

Die Vorrichtung besteht aus folgenden Komponenten: Laufband, Barren, Aufhängegurt, Sicherheits- und Gewichtsentlastungssystem, Steuerungseinheit (siehe Abb. 1).

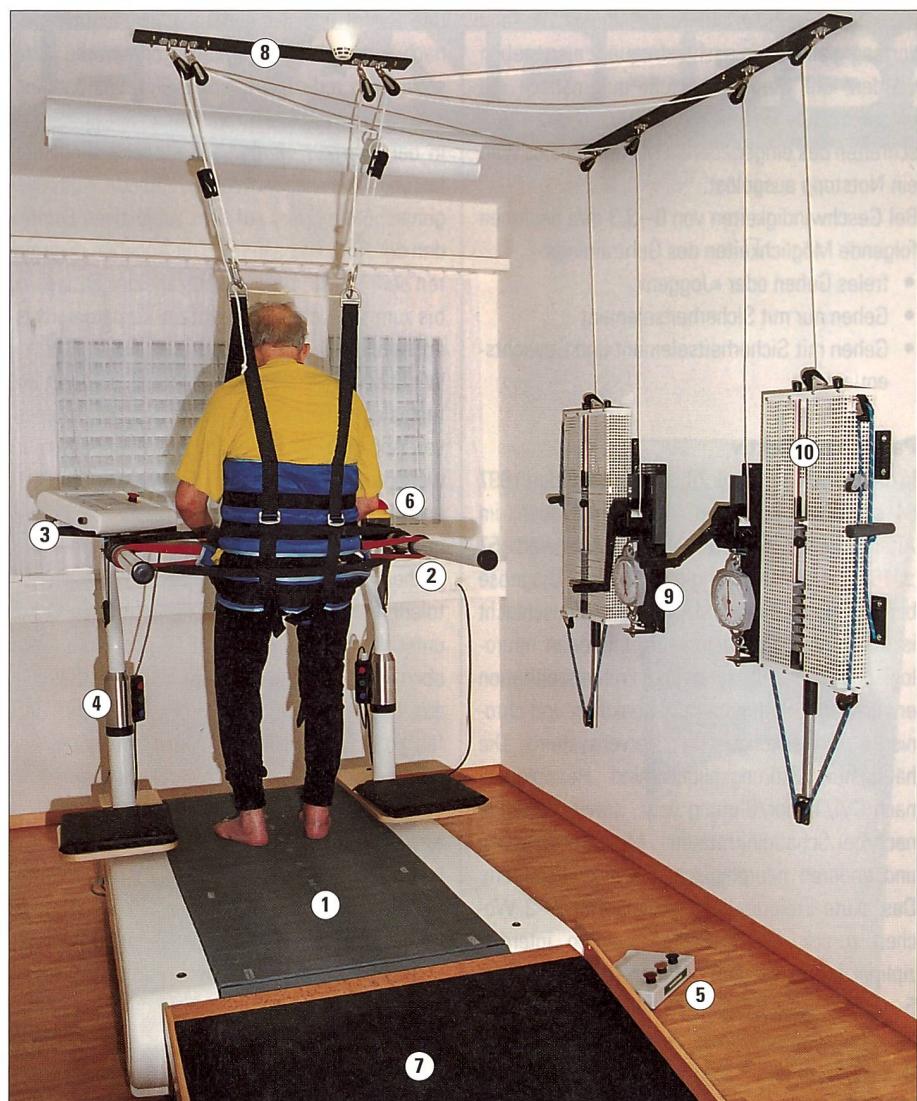


Abb. 1: 1 = Laufband, 2 = Barren, 3 = Touchscreen-Steuereinheit, 4 = Bedientastatur, 5 = Fussschalter, 6 = Notstoppsschalter, 7 = Rampe, 8 = Umlenkeinheit, 9 = Sicherheitssystem, 10 = Gewichtsentlastungssystem.

Das Lamellenband weist eine Lauffläche von 70 cm Breite und 160 cm Länge auf. Die Geschwindigkeit kann stufenlos zwischen 0 – 3,3 m/s (0 – 12 km/h) variiert werden.

Das Laufband kann über eine Rampe mit dem Rollstuhl erreicht werden. Der Barren und eine Querstange sind in der Höhe stufenlos verstellbar; es können Gurte zur Stabilisierung des Patienten angebracht werden (Abb. 1).

Es stehen zwei Aufhängegurte unterschiedlicher Grösse zur Verfügung, die beide am Tuber ischadicum das Körpergewicht entlasten. Die Gurte sind mittels Klettverschlüssen individuell anpassbar. Durch jeweils zwei parallele Seilzüge

sind diese über Umlenkrollen an der Decke mit dem Sicherheitssystem, das den Patienten im Falle eines Sturzes auffängt und dem Körpergewichtsentlastungssystem, das über jeweils 4 kg schwere Gewichte variabel von 0 – 80 kg eingestellt werden kann, verbunden.

Die Steuerung der Laufgeschwindigkeit kann über eine Touchscreen-Steuereinheit mit Display oder einer Bedientastatur auf Kniehöhe des Patienten oder eines Fusschalters erfolgen. Dem Patienten steht ein Not-Schalter zum raschen Anhalten des Bandes zur Verfügung.

Beim cardio-pulmonalen Ausdauertraining (15) kann die Steuerung des Laufbandes direkt über

ANZEIGE

Muskeldehnung

warum und wie?

Olaf Ejenth und Jern Hamberg

Eine erfolgreiche Behandlungsmethode bei Schmerzen und beschränkter Beweglichkeit

Teil I Die Extremitäten, 178 Seiten mit mehr als 260 Bildern, Muskelregister und 16 Tabellen mit Schema über die bewegungshindernde Funktion verschiedener Muskeln. SFr. 60.–

Teil II Die Wirbelsäule, 132 Seiten mit mehr als 190 Bildern, Muskelregister und 15 Tabellen mit Schema über die bewegungshindernde Funktion verschiedener Muskeln. SFr. 50.–

Beide Teile zusammen SFr. 90.–

Bück dich nicht!

Ärztliche Anleitung für die richtige Haltung und Bewegung der Wirbelsäule

Dr. Peter Schleuter

Broschüre mit 40 Seiten Inhalt.

In dieser Broschüre wird deutlich gemacht, dass vor allem Belastungen des Alltags und banale Alltagsbewegungen in ihrer Summation zu Rückenbeschwerden führen.

Anhand von Beispielen werden falsche Bewegungen erklärt und die richtigen Bewegungen aufgezeigt. SFr. 18.50

Einsenden an:
Remed Verlags AG, Postfach 2017, CH-6302 Zug/CH

Anzahl Teil I, SFr. 60.– (+ Verpackung und Versandspesen)

Anzahl Teil II, SFr. 50.– (+ Verpackung und Versandspesen)

Anzahl Teil I und II, SFr. 90.– (+ Verpackung und Versandspesen)

Anzahl Bück dich nicht! SFr. 18.50 (+ Verpackung und Versandspesen)

Name: _____

Strasse: _____ Nr.: _____

PLZ/Ort: _____

Land: _____ PH-5/99

die Pulskontrolle erfolgen, das heisst es kann vorrangig eine Trainingsherzfrequenz eingegeben werden; die Steuerung stellt automatisch die entsprechende Geschwindigkeit ein. Beim Überschreiten des eingegebenen Maximalpulses wird ein Notstopp ausgelöst.

Bei Geschwindigkeiten von 0–3,3 m/s bestehen folgende Möglichkeiten des Gehtrainings:

- freies Gehen oder «Joggen»
- Gehen nur mit Sicherheitselement
- Gehen mit Sicherheitselement und Gewichtsentlastung

Patientenkollektiv

In der HUMAINE Klinik Zihlschlacht wurden 1997 84 stationäre Patienten, davon 34 Frauen, im Alter von 18 bis 86 Jahren (Mittelwert 57 ± 15 Jahre) unabhängig von der Diagnose berücksichtigt. Die HUMAINE Klinik Zihlschlacht ist eine Institution der weiterführenden neurologischen Rehabilitation und Frührehabilitation erwachsener Patienten mit subakuten und chronischen Erkrankungen des Nervensystems. Die häufigsten Störungsbilder sind Hemiplegien nach CVI/Tumor/Blutung usw., sowie Zustände nach/bei Schädelhirntrauma, Multipler Sklerose und anderen neurologischen Krankheitsbildern. Das akute Ereignis liegt oftmals erst 2–3 Wochen zurück. Die Patienten werden interdisziplinär behandelt und erhalten in der Regel an 5–6 Tagen pro Woche Physiotherapie. Die Behandlungsdauer richtet sich individuell nach den Bedürfnissen des Patienten und definierten Rehabilitationszielen. Die Laufbandtherapie wurde ergänzend zur konventionellen Physiotherapie zirka 2–3 Mal wöchentlich angewendet.

Das Ziel der Therapie auf dem Laufband war die Verbesserung respektive das Wiedererreichen der Gehfähigkeit. Indikation für die Teilnahme am Laufbandtraining waren in der Pilotphase sämtliche Einschränkungen der Gehfähigkeit: Abhängigkeit von Hilfspersonen oder Hilfsmitteln, Sturzgefahr, verminderte Balance, fehlende Gewichtsübernahme auf einer Körperseite sowie Hinkmechanismen.

Vom Gehtraining ausgeschlossen wurden Patienten nach frischen Beinvenenthrombosen, mit instabilen Kreislaufverhältnissen (Angina Pectoris, dekompensierte Herzinsuffizienz usw.) sowie nicht konsolidierte Frakturen des Rumpfes und der unteren Extremitäten.

Vorgehen

In Abhängigkeit des Patienten und des zugrunde liegenden Störungsbildes waren bis zu zwei Therapeuten zur Behandlung notwendig. Bei schwerer betroffenen Patienten konnte es sein, dass beide Therapeuten die Beine führen (siehe Abb. 2) beziehungsweise ein Therapeut

den Rumpf und der andere ein Bein führte. Je nach Fähigkeit des Patienten konnten die Hilfestellungen reduziert werden. Eine Laufbandeinheit dauerte jeweils 30 Minuten.

In der Literatur werden zur Körpergewichtsentlastung überwiegend zurückhaltende Aussagen gemacht, die meist auf dem subjektiven Empfinden der Autoren basieren. Die Angaben divergieren sehr stark, von fast vollständiger Entlastung bis zum Versuch mit 40 Prozent Körpergewichtsentlastung (2, 9, 13, 16).

Wir haben die Entlastung individuell evaluiert und festgelegt. Diese richtet sich nach den subjektiven Angaben der Patienten und Therapeuten. Im weiteren übernahmen wir die Vorgabe, die Patienten initial mit maximal 40 Prozent des Körpergewichtes zu entlasten, da auch bei internen Versuchen an gesunden Probanden dies die höchste tolerierbare Entlastung darstellte, die ein Gehen unter weitgehend normalen Bedingungen (siehe oben) noch erlaubte. Da das Ziel des Gehtrainings das Erreichen oder die Verbesserung der Gehfähigkeit war, stellte die Verringerung der Gewichtsentlastung das vordringlichste Therapieziel dar. In jeder Sitzung wurde ermittelt, ob eine weitere Gewichtsreduktion noch möglich wäre.

In einigen publizierten Studien wurden relativ tiefe Geschwindigkeiten benutzt (9, 17). Unserer Meinung nach sollte die Laufbandgeschwindigkeit so gewählt werden, dass ein rhythmisches Gangbild entsteht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Patienten mit Hemiplegie, deren Gehfähigkeit reduziert ist, auch eine verminderte Gehgeschwindigkeit aufweisen. Eine Erhöhung der Geschwindigkeit schien eine untergeordnete Rolle zu spielen, da sie mit der Gehfähigkeit als solches korreliert (1, 18).

Die Gehdauer und damit auch die Gehstrecke sollte im Sinne der Trainingstherapie submaximal sein, individuelle Pausen sind möglich. Erst bei fast aufgehobener Gewichtsentlastung wurde eine Verlängerung der Gehstrecke angestrebt. Auf einem Protokoll wurden in jeder Sitzung die Laufband-Parameter: Entlastung, Gehstrecke, Geschwindigkeit und die Abbruchkriterien erfasst.

Resultate

Die Resultate werden in zwei Teilen vorgestellt. Der erste zeigt die patientenspezifischen Daten wie Alter, Geschlecht und Einweisungsdiagnose sowie alle Laufbanddaten, die initial und am Ende der Behandlung auf dem Laufband erfasst wurden (siehe Tabelle 1).

Im zweiten Teil liessen sich die Patienten anhand dieser Resultate mittels des Parameters der Körpergewichtsentlastung in drei Gruppen zusammenfassen. Wie oben bereits erwähnt, war das Ziel des Gehtrainings die Verbesserung der allgemeinen Gehfähigkeit und somit die Verringerung der Körpergewichtsentlastung. Eine vierte Gruppe bildeten die Patienten, die weniger als drei Therapieeinheiten auf dem Laufband absolvierten (siehe Tabellen 2 und 3).

Gruppeneinteilung anhand der Körpergewichtsentlastung:

- Gruppe 1 – über den ganzen Verlauf ohne Entlastung
- Gruppe 2 – initial mit Entlastung, am Schluss ohne Entlastung
- Gruppe 3 – über den ganzen Verlauf mit Entlastung
- Gruppe 4 – weniger als 3 Therapieeinheiten auf dem Laufband



Abb. 2: Patient mit Körpergewichtsentlastung, der von den Therapeuten an den Beinen geführt wird.

WAS MACHEN DIE ITALIENER ANDERS?



Fastum®gel

Ketoprofenum

für schnelle Schmerzbefreiung
und starke Entzündungshemmung

Das erste topische Ketoprofen der Schweiz • kassenzulässig

Zusammensetzung: Ketoprofen 2.5%. **Eigenschaften/Wirkungen:** Nichtsteroidaler Entzündungshemmer aus der Gruppe der Propionide zur topischen Anwendung mit antiphlogistischer und analgetischer Wirkung. **Indikationen/Anwendungsmöglichkeiten:** Schmerzhafte entzündliche oder traumatische Affektionen der Gelenke, Sehnen, Bänder und Muskeln (Arthritis, Periarthritis, Synovitis, Tendinitis, Tenosynovitis, Bursitis, Prellungen, Zerrungen, Luxationen, Tortikollis, Lumbago). **Dosierung/Anwendung:** Täglich 1–2x 3–5 cm auf die Haut auftragen und zur Verbesserung der Absorption leicht einreiben. **Anwendungseinschränkungen:** Überempfindlichkeit gegenüber dem Präparat. Nicht auf die Schleimhäute, offene Wunden und Hautläsionen aufzutragen. **Packungen:** Tuben zu 50g Gel. **Liste B. Kassenzulässig.** Ausführliche Angaben entnehmen Sie bitte dem Arzneimittel-Kompendium der Schweiz. A. MENARINI AG, Eggibühlstrasse 14, 8052 Zürich.



A. MENARINI AG

Anfangs- und Endlaufbanddaten aller berücksichtigten Patienten

Patientenspezifische Daten				Laufbanddaten						
ID	Sex	Alter	Einweisungsdiagnose	Anzahl	v1 [m/s]	v2 [m/s]	s1 [m]	s2 [m]	m1 [kg]	m2 [kg]
1	m	75	vaskuläre Encephalopathie	5	0.5	0.3	170	164	16	0
2	w	58	Hirninfarkt links	15	0.5	0.5	228	297	32	0
3	w	59	Hirnstamm-Insult	5	0.5	0.8	150	90	16	8
4	m	58	Hirnblutung rechts	4	0.2	0.3	88	134	0	0
5	w	33	MS, Encephalitis	6	0.3	0.4	116	388	0	0
6	w	50	Hirninfarkt links	16	1.2	1.4	659	2460	0	0
7	m	56	Hirninfarkt links	1	0.3	—	26	—	32	—
8	m	78	Hirninfarkt rechts	1	0.3	—	121	—	24	—
9	m	19	Polytrauma (Schädelfraktur, Kontusionsblutung)	6	0.4	0.6	134	722	0	0
10	m	45	Hirninfarkt links	12	0.7	0.4	100	207	12	0
11	w	73	Hirninfarkt rechts	4	0.5	0.5	87	116	20	20
12	m	69	Hirninfarkt rechts	4	0.4	0.3	155	221	16	16
13	m	82	Hirninfarkt rechts	9	0.5	0.5	164	301	24	0
14	m	75	Generalisierte deg. Arteriopathie	8	0.7	0.8	200	750	0	0
15	m	59	Hirninfarkt rechts	14	0.5	0.7	200	754	16	0
16	m	68	Hirninfarkt links	16	0.2	0.3	140	200	40	8
17	m	65	Hirninfarkt links	5	0.7	0.7	500	807	0	0
18	m	53	Subarachnoidalblutung	2	0.9	0.9	554	500	0	0
19	w	48	Spina bifida occulta	2	0.4	0.4	181	359	0	0
20	w	83	vaskuläre Encephalopathie	1	0.3	—	106	—	0	—
21	m	70	Hirninfarkt rechts	4	0.6	0.4	395	336	0	0
22	m	65	Frühsummermeningoenzephalitis	13	0.7	1.1	275	1663	24	0
23	m	64	Multiple Sklerose	14	0.4	0.3	75	85	52	48
24	m	55	Ponscavernom	10	0.4	0.3	40	73	32	24
25	m	34	Multifokales zentral-entzündliches Geschehen	3	0.8	0.8	250	623	0	0
26	m	20	SHT	10	0.3	0.3	78	175	16	24
27	m	56	Subarachnoidalblutung rechts	7	0.3	0.2	122	236	24	16
28	w	39	Hirninfarkt links	3	0.2	0.2	103	93	0	0
29	m	64	Multinfarktsyndrom rechts mit Hirninfarkten links	20	0.4	0.5	116	176	28	20
30	w	18	M. Recklinghausen	2	0.5	0.5	163	355	0	0
31	m	68	Hirnblutung links	13	0.2	0.4	80	350	0	0
32	w	45	Hirninfarkt rechts	7	0.8	0.5	20	187	56	32
33	m	67	Hirninfarkt rechts	7	0.4	0.6	58	133	32	24
34	m	67	Hirninfarkte links	11	0.6	0.7	405	400	0	0
35	m	49	SHT mit Epidurallämatom links	12	0.8	1.2	580	1500	0	0
36	m	51	Querschnitt-Syndrom	16	0.6	0.9	144	1500	40	0
37	w	43	Multiple Sklerose	12	0.3	0.5	69	222	24	0
38	m	68	Hirninfarkt links	10	0.8	0.8	727	681	40	0
39	m	65	Hirnatrophie	10	0.3	0.6	153	262	24	0
40	w	51	Multiple Sklerose	12	0.3	0.7	100	298	32	28
41	w	61	Guillain-Barré-Syndrom	29	0.6	0.6	62	160	72	56
42	m	61	Neurologische Systemerkrankung	13	0.5	0.6	130	65	40	40
43	m	56	Hirninfarkt links	13	0.9	1.0	352	1011	0	0
44	w	66	Hirninfarkt rechts	13	0.5	0.5	89	152	32	28
45	w	45	Hirninfarkt links	2	0.5	0.5	140	59	48	32
46	w	78	Hirninfarkt rechts	1	0.4	—	83	—	36	—
47	m	79	St. n. Poliomyelitis, Multiinfarktsyndrom	2	0.4	0.6	227	375	56	56
48	w	40	Subarachnoidalblutung	1	0.7	—	455	—	0	—
49	w	53	Polytrauma	2	—	—	15	21	64	64
50	w	67	Hirninfarkt links	21	0.2	0.2	73	36	40	8
51	m	86	Hirninfarkt links	13	0.3	0.5	40	186	32	16
52	m	39	Nutritiv-toxische Schädigung	3	0.7	1.4	363	1200	0	0
53	m	19	Subarachnoidalblutung rechts	5	0.4	0.3	35	35	16	8
54	m	49	SHT mit Epidurallämatom links	7	1.4	1.8	1000	1500	0	0
55	w	67	Hirnblutung rechts	7	0.4	0.4	78	189	32	24
56	w	65	Hirninfarkt links	5	0.2	0.2	71	79	8	8
57	w	51	Multiple Sklerose	5	0.3	0.3	38	167	8	8
58	m	64	SHT	6	0.7	0.6	407	326	0	0
59	m	60	Inkomplette Tetraplegie n. Densfraktur	14	0.3	0.6	160	310	24	16
60	m	74	Hirninfarkt links	4	0.2	0.3	41	169	0	0
61	m	59	Hirnblutung rechts	29	0.4	0.3	152	222	24	0
62	w	63	SHT	4	0.6	0.7	645	960	0	0
63	w	73	Multiple Sklerose	2	0.3	0.3	100	160	40	40
64	w	44	HWS-Trauma	9	0.4	0.5	184	686	0	0
65	w	33	SHT	19	0.2	0.2	54	115	16	0
66	m	56	Guillain-Barré-Syndrom	17	0.2	1.0	266	1816	0	0
67	w	54	Multiple Sklerose	22	0.2	0.4	48	627	16	0
68	m	75	Generalisierte deg. Arteriopathie	8	0.5	0.5	434	259	0	0
69	m	59	Hirninfarkt links	18	0.5	0.5	167	215	16	0
70	w	31	Multiple Sklerose	4	0.2	0.2	63	52	16	0
71	m	38	Querschnittsmyelitis	14	0.1	0.2	78	147	40	32
72	w	55	Hirnstamm-Syndrom	18	0.2	0.3	79	416	8	0
73	w	48	Multiple Sklerose	6	0.2	0.2	24	60	16	0
74	m	76	Hirninfarkt links	1	0.5	—	526	—	0	—
75	w	79	Hirninfarkt rechts	2	0.3	0.4	101	157	0	0
76	m	63	Hirninfarkt links	2	0.3	—	56	—	16	—
77	m	55	perinatale Hirnblutung	3	0.3	0.2	34	51	8	8
78	w	30	Entzündliche Prozesse	12	0.2	0.4	132	296	16	0
79	w	62	Subarachnoidalblutung	2	0.7	—	374	—	0	—
80	m	53	Hirnblutung rechts	1	0.4	0.5	217	260	0	0
81	m	75	Hirninfarkt links und rechts, Poliomyelitis	10	0.4	0.5	119	206	24	8
82	w	71	Hirninfarkt rechts und links	5	0.1	0.5	33	390	16	8
83	m	44	Subarachnoidalblutung links	12	0.5	0.6	142	640	0	0
84	m	45	Hirninfarkt links	28	0.3	0.3	129	187	48	0

Tab. 1: Anzahl der Therapien auf dem Laufband, v1 = initiale Durchschnittsgeschwindigkeit, v2 = durchschnittliche Endgeschwindigkeit, s1 = initiale Gehstrecke, s2 = Endgehstrecke, m1 = initiale Körpergewichtsentlastung, m2 = Endkörpergewichtsentlastung.

Diskussion

Alle Patienten der Gruppe 1 konnten initial ohne Entlastung auf dem Laufband trainieren. Bei Betrachtung der Parameter Gehstrecke und Geschwindigkeit fällt auf, dass diese deutlich höher als in den Vergleichsgruppen sind, aber eine grosse Streuung aufweisen. Diese Gruppe beinhaltet einerseits Patienten, bei denen deutlich eingeschränkte Gehfähigkeit vorhanden war, was sich an den kurzen initialen Gehstrecken zeigte. Andererseits sind in dieser Gruppe auch Patienten mit guter Gehfähigkeit enthalten, bei denen die Vergrösserung der Gehstrecke oder der Gehgeschwindigkeit im Vordergrund standen. Die durchschnittliche Veränderung der Laufbandparameter lassen vermuten, dass bei Patienten, die ohne Entlastung laufen, über ein spezifisches Herz-Kreislauf-Training eine Verbesserung der Gehfähigkeit erzielt werden kann (15). Im weiteren ist es möglich, dass durch das rhythmische Training eine Optimierung der neuronalen Netzwerke auf Rückenmarkebene eine Verbesserung der Gehfähigkeit zur Folge hat (19). Ein Teil der Patienten führte nach Einführung durch einen Physiotherapeuten das Training selbstständig durch, der andere Teil der Patienten benötigte die Kontrolle oder Anweisungen eines Physiotherapeuten.

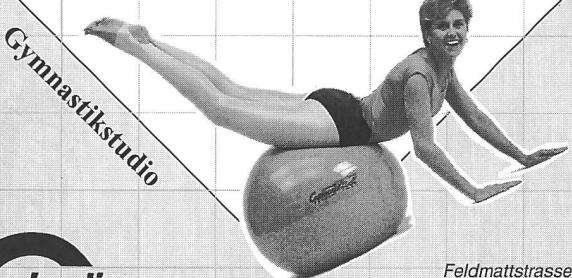
In der Gruppe 2 konnte die Körpergewichtsentlastung auf Null reduziert werden, was unserer Zielsetzung entsprach. Auffällig war, dass die Gehstrecke erst mit sinkender Gewichtsentlastung gesteigert werden konnte, das heisst trotz Verminderung der Körpergewichtsentlastung war es möglich, die Gehstrecke zu verlängern, was einer Verbesserung der Gehfähigkeit entspricht (siehe Grafik 1). In diesem Fall wurde die durchschnittliche Laufgeschwindigkeit nicht wesentlich erhöht.

In der Gruppe 3 konnte die Körpergewichtsentlastung nicht wie gewünscht auf Null reduziert werden. Eine Verminderung der Körpergewichtsentlastung war jedoch auch in dieser Gruppe möglich. Die erreichte Gehstrecke bei Abschluss der Therapie auf dem Laufband war im Durchschnitt länger als initial, im Vergleich zu den Gruppen 1 und 2 zeigten diese Patienten jedoch die geringste Streckenzunahme (siehe Grafik 2). Die Geschwindigkeit blieb annähernd gleich, war aber im Vergleich zu den beiden erstgenannten Gruppen tiefer. In dieser Gruppe wurden einige der Patienten dank zusätzlicher Versorgung mit Hilfsmitteln zu selbstständigen Fussgängern. Hierbei handelte es sich vor allem um die Patienten, die bei Austritt nur noch eine geringe Entlastung auf dem Laufband benötigten. Der Grund einer Laufbandtherapie bei diesen Patienten lag in einer qualitativen Verbesserung der Gehfähigkeit, die subjektiv durch die erwähnten Gewichtsent-

Die individuelle Einrichtung

Sauna und Solarium
 Gymnastik-Training
 Therapie- und Massageliege
 Lagerungshilfen • Polster • Wäsche
 Reinigungs-, Desinfektions-Pflegeprodukte
 Thermo-Therapie – kalt/warm • Massagematerial
 Vorhänge • Mobiliar • Stühle • Extension-Manipulation
 Infrarot-Solarien • Sauna • Dampfbadprodukte • Hydro-Therapie
 Badezusätze • Elektro-Therapie • Geräte-Zubehör • US-HF-Therapie
 Puls-, Blutdruck-Messgeräte • Anatomisches Lehrmaterial

Innovativ
 in
Planung • Verkauf • Service



Jardin
 Medizintechnik ag

Feldmattstrasse 10
 CH-6032 Emmen
 Tel. 041-260 11 80
 Fax 041-260 11 89

LASER-THERAPIE
 Der LASER für schwierige Fälle

Neu

Kurse für
 Laser-Anwender.
 Verlangen
 Sie unseren
 Kursprospekt.



Tel 041 768 00 33
 Fax 041 768 00 30

E-Mail: lasotronic@lasotronic.ch
<http://www.lasotronic.ch>

Weitere Modelle
 von 10 - 50mW
 rot und infrarot
 Pocket-Therapy-
 Laser
 Akupunktur-Laser
 Komplett-Systeme
 mit Scanner
 bis 400mW
 Dental-Laser
 60-300mW

Analgesie
Regeneration
Immuno-Stimulation
Entzündungshemmung

LASOTRONIC®
 LASOTRONIC AG Blegistrasse 13 CH-6340 Baar-Zug

Gute Therapie-Liegen haben einen Namen...



Praktiko

Made in Switzerland by **HESS**
 CH-Dübendorf

- Elektrische Höhenverstellung mit Fussbügel von ca. 42 - 102 cm
- Polstervarianten: 2-/3-/4-/5-/6-/7-/8teilig
- Polsterteile beidseitig mit Gasdruckfeder stufenlos verstellbar
- Fahrgestell mit Rollen Dm 80 mm, Gummi grau und Zentral-Total-Blockierung
- Alle Liegen können mit Armteilen, Gesichtsteil, Seitenschienen und Fixationsrolle ausgerüstet werden

HESS-Dübendorf: Für perfekte Therapie-Liegen

Senden Sie uns bitte eine Gesamtdokumentation

Physikalische Therapie

Unterlagen **Praktiko**-Liegen

5/99

Bitte rufen Sie uns an

Name: _____

Strasse: _____

PLZ/Ort: _____

Tel: _____

HESS-Dübendorf

Im Schossacher 15

CH-8600 Dübendorf

Tel: 01 821 64 35

Fax: 01 821 64 33

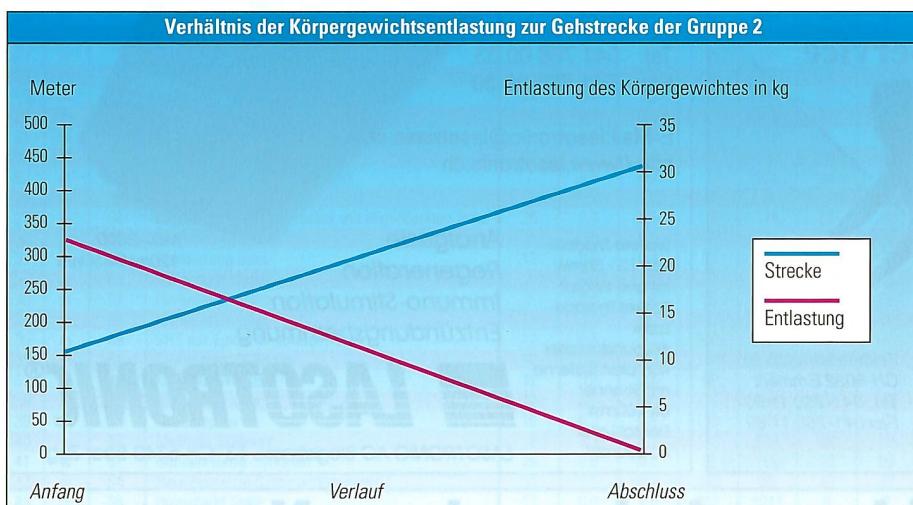
50 Jahre
HESS
 CH-Dübendorf
1946 - 1996

Gruppe	1	2	3	4	Gesamt
Anzahl Patienten	19	19	25	21	84
Anzahl Sitzungen	9 \pm 4,1	14 \pm 6,7	11 \pm 6,1	1,86 \pm 0,7	9 \pm 6,7

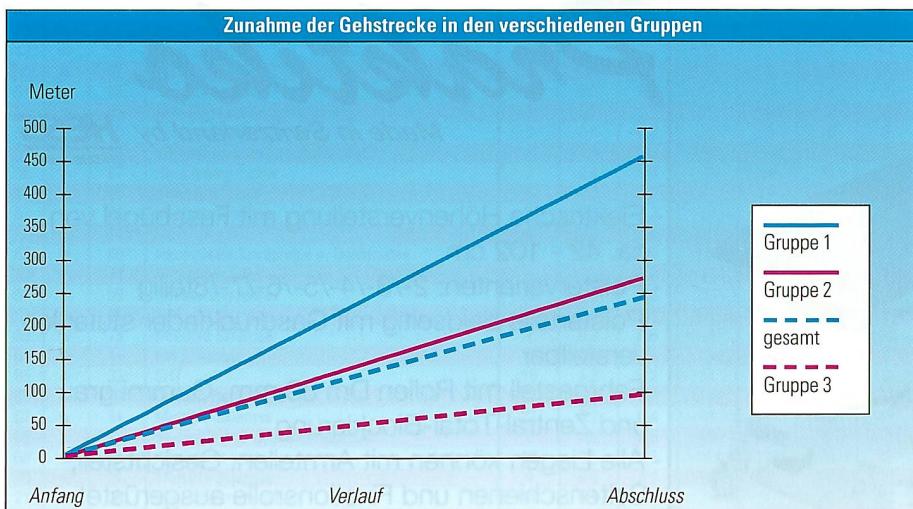
Tab. 2: Gruppeneinteilung, Anzahl der Patienten, Anzahl der Sitzungen. Mittelwerte \pm SD.

Gruppe	1		2		3	
	Anfang	Abschluss	Anfang	Abschluss	Anfang	Abschluss
Geschwindigkeit [m/s]	0,6 \pm 0,33	0,7 \pm 0,38	0,4 \pm 0,20	0,5 \pm 0,25	0,4 \pm 0,15	0,4 \pm 0,17
Gehstrecke [m]	349 \pm 244	801 \pm 607	162 \pm 147	434 \pm 438	86 \pm 40	173 \pm 87
Entlastung [kg]	0	0	23 \pm 10	0	30 \pm 15	21 \pm 13

Tab. 3: Die erfassten Angaben für die Gruppen 1–3. Mittelwerte \pm SD.



Grafik 1: Verhältnis der Körpergewichtsentlastung zur Gehstrecke der Gruppe 2.



Grafik 2: Zunahme der Gehstrecke in den verschiedenen Gruppen.

lastungen am besten zu realisieren war. Bei einigen dieser Patienten konnte die initiale Entlastung auch nach mehreren Therapieeinheiten auf dem Laufband nicht wesentlich reduziert werden. Die Gruppe 4 beinhaltet die Patienten, die weniger als viermal auf dem Laufband therapiert wurden. Aus den Abbruchkriterien liessen sich Grundvoraussetzungen beziehungsweise Aus-

schlusskriterien für eine Therapie auf dem Laufband ableiten. Folgende Kriterien/Faktoren führen zu einem Abbruch der Laufbandtherapie:

- mangelnde Compliance
- ausgeprägte psychomotorische Defizite, bei denen eine nachteilige Symptomatik wie z.B. Angst, Panik und Verweigerungshaltung ausgelöst wurde

- initiale Entlastung mit dem ganzen Körpergewicht
- durch das Aufhängesystem bedingte Schmerzen
- durch das Gehen verursachte Schmerzen
- negative Entwicklung der Tonusverhältnisse (Zunahme der Spastizität resp. assoziierte Reaktion)
- stark reduzierte cardio-pulmonale Belastbarkeit

In allen vier Gruppen zeigte sich, dass nicht die Diagnose, sondern das Schadens- respektive Störungsbild des Patienten für die Therapie auf dem Laufband von ausschlaggebender Bedeutung war.

Schlussfolgerungen

Die Therapie auf dem Laufband hat sich als weitere Therapiemethode etabliert. Die Laufbandtherapie bei neurologisch geschädigten Patienten erscheint uns vor allem bei sorgfältig ausgewählten Patientengruppen als sinnvolle Erweiterung physiotherapeutischer Massnahmen. Vorteile und Vorzüge dieser Methode sind:

- Das Gehtraining kann früher begonnen werden.
- Unter Körpergewichtsentlastung können größere Strecken gelaufen werden und die körperlichen Ressourcen des Patienten ökonomischer eingesetzt werden.
- Eine Korrektur des Gangbildes ist aufgrund der stabilen Position des Therapeuten besser möglich.
- Bei mobileren Patienten ist ein kontrolliertes Herz-Kreislauf-Training unter Pulskontrolle möglich.

Ein weiterer Vorteil der Therapie auf dem Laufband ist die absolute Sicherheit beim Gehen respektive ein Ausschluss der Sturzgefahr. In diesem Zusammenhang war die Laufbandtherapie vor allem bei den Patienten erfolgreich, die aufgrund ihrer Angst vor einem Sturz immobil waren. Die Erfahrung zeigte, dass eine Tonuserhöhung im Sinne einer Spastizität, die oft auch von einem Massenmuster des Beines begleitet wird, verringert werden konnte.

Aus der Literatur geht hervor, dass bei neurologisch geschädigten Patienten durch die Lokomotionstherapie auf dem Laufband ein Gehtraining ermöglicht wird, bei dem die 3 Komponenten des Ganges: Haltung, Balance und Schritte (Schrittfolge), trainiert werden können (2).

Bei fehlendem posturalen Tonus kann Körpergewicht über das Aufhängesystem abgenommen werden, das somit die Haltungskontrolle weitgehend ersetzt und ein Stehen und Gehen in der Senkrechten ermöglicht.

Unsere Erfahrung zeigt, dass bei fehlender Möglichkeit einer Reduktion der Gewichtsentlastung der Effekt einer Therapie auf dem Laufband zur Verbesserung der Gehfähigkeit fragwürdig ist. Wir vermuten dabei, dass der Patient aufgrund seiner Schädigung zu wenig anticipatorische Haltungskontrolle aufbauen kann, die er als Voraussetzung für die Bewegung braucht (20, 21). Kann der Patient durch die frühzeitige Erfahrung des Gehens auf dem Laufband schneller eine bessere Haltungskontrolle aufbauen, deutet dies auf eine bessere Prognose hin. Auf diese Weise können anhand der Reduktion der Körpergewichtsentlastung in einem gewissen Mass prognostische Aussagen bezüglich der Gehfähigkeit des Patienten gemacht werden.

Ob die Balance bei einer gleichzeitigen Körpergewichtsentlastung trainiert werden kann, bleibt fraglich. Gegebenenfalls ist dies nur bei geringer Gewichtsentlastung möglich, da die Schwerkrafteinwirkung sonst zu gering ist, um adäquate Gleichgewichtsreaktionen auslösen zu können. Zur Verbesserung der Rhythmisierung beim Gehen, d.h. zur Erlangung einer rhythmischen Stand- und Spielbeinphase, scheint das Laufband ein geeignetes Hilfsmittel zu sein. Hierbei kann bei fehlender selektiver Beinfunktion das Bein bzw. der Fuß vom Therapeuten in eine optimale Position gebracht und eine symmetrischere Schrittfolge erzielt werden.

Auf dem Laufband sind wenig äußere Einflüsse vorhanden, dadurch entfallen mehrere Komponenten des normalen Gehens. Dazu gehören Schutzreaktionen, unvermitteltes Halten, unebenes Gelände, Variabilität von Geschwindigkeit und Strecke beim Gehen, das Bewältigen von Niveauunterschieden und Hindernissen wie Schwellen, Rampen und Treppen. Beim Gehen fließen von Seiten der normalen Umwelt viel mehr Einflüsse, wie Ablenkung, Unruhe und Gefahren, auf den Patienten ein. Nicht zuletzt sind die visuellen Informationen nicht korrekt, da der Patient räumlich am gleichen Ort bleibt, die Beine aber Gehbewegungen ausführen (7, 19, 22). Um die genannten Aspekte des Gehens zu beachten, sollte ein Gehtraining möglichst vielfältig gestaltet werden, weshalb die Laufbandtherapie mit dem Erfahren des normalen Gehens kombiniert werden muss. Viele der oben genannten Probleme beim Gehen müssen von den Patienten selbst gelöst werden, um ohne größere Hilfestellungen mobil zu werden.

Die Unterschiede auf biomechanischer Ebene wurden schon anderweitig ausführlich beschrieben (3, 16, 23). Es bleibt unklar, ob die mechanische Anordnung der Aufhängung eine physiologische Bewegung des Körperschwerpunktes im Sinne einer sinusoidalen Bewegung im Raum zulässt (24).

Im Vergleich zu Patienten mit Paraplegie eignete sich unser Patientenkollektiv, das teilweise diffuse oder größere Hirnschädigungen aufweist, nicht uneingeschränkt für eine Laufbandtherapie. In der Literatur gibt es keine Hinweise darauf, dass bei Hemiplegiepatienten der weiterhin vorhandene zentrale Input einen störenden Einfluss auf das Gehen haben könnte und somit, im Gegensatz zu den paraplegischen Patienten, die Therapie auf dem Laufband behindert. Wir vermuten jedoch, dass dies bei einem Teil unserer Patienten zum Abbruch der Laufbandtherapie geführt hat. Für den Therapeuten selbst stellt der Aspekt der Arbeitsplatzergonomie ein Problem bei der Arbeit am Laufband dar. So ist gerade das Führen der Beine bei stärker geschädigten Patienten, die wenig Aktivität in den Beinen zeigen bzw. spastisch sind, mit einer grossen Anstrengung verbunden. Es erfordert einerseits einen grossen Kraftaufwand v.a. der oberen Extremitäten, andererseits ist die Körperhaltung durch die Laufbandanordnung vorgegeben, so dass ein rückengerechtes Arbeiten nicht möglich ist.

Auf dem Laufband können verschiedene Komponenten des Gehens nicht trainiert werden. Die Variabilität des Gehens in alltäglichen Situationen sowie das Wiederherstellen von biomechanischen und neuromuskulären Voraussetzungen wird auch in Zukunft durch eine individuelle physiotherapeutische Einzeltherapie ergänzt werden müssen, damit ein optimales rehabilitatives Resultat erzielt werden kann.

Aufgrund der von uns ermittelten positiven Daten und Erfahrungen halten wir den Einsatz des Laufbands in der Lokomotionstherapie dennoch für einen wichtigen Bestandteil der Rehabilitation neurologisch geschädigter Patienten. Weitere Erhebungen und Auswertungen der Abbruchkriterien dürfte eine effizientere Indikationsstellung ermöglichen. Die Durchführung einer quantitativen Studie könnte weitere Erkenntnisse über die Effizienz und Grenzen der Laufbandtherapie vermitteln.

Wir danken Hr. Dr. med. B. Bavier und Hr. Dr. med. J. Blanco für die wertvollen Hilfestellungen.

LITERATURVERZEICHNIS

- WADE D.T., WOOD V.A., HELLER A., MAGGS J., HEWER R.L.: Walking after stroke. *Scand J Rehabil Med* 1987; 19: 25–30.
- BARBEAU H., WAINBERG W., FINCH L.: Description and application of a system for locomotor rehabilitation. *Med Biol Eng Comput* 1987; 25: 341–4.
- VISINTIN M., BARBEAU H.: The effects of parallel bars, body weight support and speed on the modulation of the locomotor pattern of spastic paretic gait. A preliminary communication. *Paraplegia* 32; 1994: 540–553.
- BROWN T.G.: (1914) zitiert in ELBLE R.J.: Gait disturbances and analysis, *Handbook of Neurorehabilitation*/edited by Good D.C., Couch J.R., Dekker New York 1994, 29f.
- ELBLE R.J.: Gait disturbances and analysis, *Handbook of Neurorehabilitation*/edited by Good D.C., Couch J.R., Dekker New York 1994, 29–62.
- DUDEL J., MENZEL R.: Neurowissenschaft: vom Molekül zur Kognition. Springer 1996, Berlin. S. 173ff.
- MULDER T.H., GEURTS ACH.: The assessment of motor dysfunction preliminaries to a disability-oriented approach. *Human Movement Science* 1991; 10, 565–574.
- SCHALOW G., ZÄCH G.A.: Spinal locomotion: an approach to human neurophysiology and treatment in spinal cord lesion. *Gen. Physiol. Biophys.* 1996, 15, Suppl. 1, 161–74.
- HESSE S. et al.: Restoration of gait in nonambulatory hemiparetic patients by treadmill training with partial body weight support. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; 75: 1087–93.
- DIETZ V., COLOMBO G., JENSEN L., BAUMGARTNER L.: Locomotor capacity of spinal cord in paraplegic patients. *Ann. Neurol.* 1995; 37: 574–582.
- WERNIG A., MÜLLER S., NANNASSY A., CAGOL E.: Laufband Therapy based in «rules of spinal locomotion» is effective in spinal cord injured persons. *Europ. J. Neurosci* 1995; 7, 823–829.
- DIETZ V., COLOMBO G., JENSEN L.: Locomotor activity in spinal man. *The Lancet* 1994 Vol. 344, No. 8932, Pages 1260–63.
- WERNIG A., MÜLLER S.: Die Lokomotionstherapie am Laufband bei Querschnittslähmung. Ergebnisse einer fünfjährigen Studie. *Neurologie und Rehabilitation* 1995; 1, 6–16.
- SCHALOW G., ZÄCH G.A.: Spinal locomotion: an approach to human neurophysiology and treatment in spinal cord lesion. *Gen. Physiol. Biophys.* 1996, 15, Suppl. 1, 189–220.
- MACKO R.F., DE SOUZA C.A., TRETTER L.D., SILVER K.H.: Treadmill aerobic exercise training reduces the energy expenditure and cardiovascular demands of hemiparetic gait in chronic stroke patients. *Stroke* 1997 Feb., 28: 2, 326–3.
- NORMAN K.E., PEPIN A., LADOUCEUR M., BARBEAU H.: A treadmill apparatus and harness support for evaluation and rehabilitation of gait. *Arch Phys Med Rehabil* 1995; 76: 772–8.
- HESSE S. et al.: Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in non-ambulatory hemiparetic patients: *Stroke*, Jun 1995, 26 (6), 976–81.
- OZGIRGIN N., BÖLKÜBASI N., BEYAZOVA M., ORKUN S.: Kinematic Gait Analysis in hemiplegic Patients. *Scand J Rehabil Med* 1993; 25: 51–55.
- SCHALOW G.: Oszillatoren-Formationstraining. *Swiss Med* 6–5 1995, 153–164.
- MULDER T.H.: A process-oriented model of human motor behaviour: toward a theory-based rehabilitation approach. *Physical Therapy* 1991; 71, 157–164.
- MASSION J.: Postural control system. *Current Opinion in Neurobiology* 1994, 4: 877–887.
- MULDER T.H.: Recovery of motor skill following nervous system disorders: a behavioural emphasis. *Bailliere's Clinical Neurology* 1993; 2, 1–13.
- NIGG B.M., DE BOER R.W., FISHER V.A.: Kinematic comparison of overground and treadmill running. *Official Journal of the American College of Sports Medicine* 1995, 98–105.
- IMMAN V.T., RALSTON H.J., TODD E.: Human Locomotion. *Human Walking* 2nd ed./edited by Rose J., Gamble G.G. Baltimore 1994, Williams & Wilkins, 1–22.