

# Trainiert Physiotherapie im Rahmen der neurologischen Rehabilitation ausreichend das Herz-Kreislaufsystem?

## Ein Vergleich verschiedener Übungen bei gehfähigen Patienten mit Hemiparese nach Schlaganfall

J. Mehrholz, M. Pohl

*Abteilung Intensiv- und Frührehabilitation, Klinik Bavaria Kreischau*

### Zusammenfassung

In internationalen Leitlinien wird für Patienten nach Schlaganfall ein Üben analog adäquater Trainingsintensitäten gefordert. Demgegenüber ist bisher nicht untersucht, welche physiotherapeutischen Übungen die empfohlenen Intensitäten beinhalten. In der hier vorliegenden Pilotstudie wurde deshalb die Übungsintensität verschiedener Behandlungen in der Physiotherapie gehfähiger Patienten nach Schlaganfall evaluiert.

Zwölf Patienten nach Schlaganfall (Erkrankungsdauer < 60 Tage, Barthel-Index > 65 Punkte, Functional Ambulation Category (FAC) 4–5) wurden während einer stationären Rehabilitation bezüglich der Trainingsintensitäten folgender therapeutischer Einheiten untersucht: Üben im Sitzen, dosiertes und forciertes Aufstehen, alternierende Stehübungen, 6 Minuten forciertes Gehen und Treppensteigen. Während der Therapieeinheiten wurden die Parameter Energieverbrauch (METS und  $VO_2/kg$  ml/min) mittels ambulanter Spirometrie, Blutdruck (RR), Herzfrequenz (HR) und selbst eingeschätztem Anstrengungsempfinden mit der Borg-Skala erhoben. Parameter des aeroben Trainingsbereiches wurden mit der adaptierten Karvonen-Formel berechnet.

Trainingsintensitäten im aeroben Zielbereich erreichten die Patienten vor allem beim Treppensteigen, forcierten Aufstehen und auch beim forcierten Gehen. Beim Üben im Stehen, dosierten Aufstehen und Üben im Sitzen dagegen blieben sie meist unterhalb der unteren Belastungsgrenze. Die Borg-Skala korrelierte hoch mit den Belastungsparametern  $VO_2/kg$  ml/min (Pearsons  $r = 0,83$ ; Bestimmtheitsmaß  $B = 69\%$ ), Rate Pressure Produkt ( $r = 0,82$ ;  $B = 68\%$ ) und HR ( $r = 0,82$ ;  $B = 67\%$ ). Keiner der Patienten erreichte anaerobe Bereiche bzw. klinische Zeichen kardialer Überbelastungen.

Die Mehrzahl der Patienten nach Schlaganfall besitzt neben den motorischen Defiziten nur eine limitierte Übungskapazität. Durch ein Trainieren im aeroben Bereich könnte die kardio-pulmonale Belastbarkeit des Patienten wesentlich gesteigert werden. Treppensteigen, forciertes Aufstehen und auch forciertes Gehen können adäquate Trainingsreize sein, um das kardio-pulmonale System bereits gehfähiger Patienten nach Schlaganfall ohne Überbelastung zu trainieren. Vom Üben im Sitzen bzw. im Stehen allein kann keine adäquate kardio-pulmonale Trainingsintensität (wie in Leitlinien gefordert) erwartet werden.

**Schlüsselwörter:** Schlaganfall, Training, Physiotherapie, Übung, kardiopulmonale Belastbarkeit

### Does physiotherapy provide adequate training intensity for ambulatory patients after stroke?

J. Mehrholz, M. Pohl

#### Abstract

International guidelines call for exercise with adequate training intensity for post-stroke patients. It has, however, not been established which therapeutic exercises provide the recommended level of intensity. In this pilot study, various conditioning exercises are compared with respect to training intensity for ambulatory post-stroke patients.

Twelve post-stroke patients (duration of illness < 60 days, Barthel-Index > 65 points, Functional Ambulation Category (FAC) 4–5) were evaluated for training intensity while performing the following therapies: seated exercises, limited and forced sit to stand maneuvers, alternated standing exercises, and 6 minutes forced walking and stair-climbing. During the exercises parameters of energy use (METS and  $VO_2$  per kg (ml/min/kg)) were assessed with ambulatory breath by breath exercise testing (spirometry), blood pressure (RR), heart rate (HR), and perceived exertion using the Borg Scale. Parameters for aerobic training intensity were calculated with the adapted Karvonen formula.

Aerobic training intensities were arrived at primarily with stair-climbing, forced standing, and also with forced walked. Aerobic intensities were hardly ever reached through assisted standing exercises, limited sit to stand maneuvers and seated exercises. The Borg Scale correlated well with the exertion parameter  $\text{VO}_2$  per kg (Pearsons  $r=0,83$ ;  $r^2=69\%$ ), Rate Pressure Product ( $r=0,82$ ;  $r^2=68\%$ ), and HR ( $r=0,82$ ;  $r^2=67\%$ ). No patients reached anaerobic levels of exertion (i.e. clinical signs of cardiac overexertion.)

The majority of post-stroke patients, due to motor deficits, have only a limited capacity for physical exercise. Through training at aerobic intensity levels, the cardiovascular fitness of the patient could be significantly improved. Stair-climbing, forced standing, as well as forced walking can provide cardiovascular conditioning without overexertion in ambulatory post-stroke patients. Stationary exercises while seated or standing cannot provide adequate intensity levels (as given in guidelines) for cardiovascular training.

**Key Words:** stroke, exercises, physiotherapy, intensity, cardiovascular fitness

© Hippocampus Verlag 2005

## Einleitung

In den letzten Jahren ziehen zunehmend sporttherapeutische Aspekte in die Gangrehabilitation von Patienten nach Schlaganfall ein. Training im sogenannten aeroben Bereich (wie seit Jahren in der kardiologischen Rehabilitation zur Sekundär- und Tertiärprophylaxe durchgeführt) verbessert die allgemeine Kondition und die kardio-pulmonale Belastbarkeit [28]. Obwohl der Einsatz von aeroben Trainingsaspekten auch in der Gangrehabilitation bei Patienten mit Hemiparese sinnvoll erscheint, zeigten Untersuchungen von *MacKay-Lyons* und *Makrides*, dass Patienten nach Schlaganfall innerhalb der konventionellen Physiotherapie im Durchschnitt lediglich knapp drei Minuten pro Therapieeinheit im aeroben Trainingsbereich beübt wurden [24]. Eine so durchgeführte Therapie lässt eine für diese Patienten erforderliche Verbesserung der kardio-pulmonalen Belastbarkeit nicht erwarten. Demgegenüber wird in den aktuellen Leitlinien der American Heart Association ein Trainieren der aeroben Kapazität von 20–60 Minuten an mindestens drei Tagen in der Woche für Patienten nach Schlaganfall empfohlen [14]. Erhöhtes Sturzrisiko, eine Zunahme der Spastik bzw. eine »Verschlechterung des Tonus« und schädliche Herzreaktionen auf Überbelastung, die notwendig seien, um Trainingseffekte zu erzielen, werden von Physiotherapeuten als Rationalen angeboten, höhere Übungsintensitäten für Patienten nach Schlaganfall zu vermeiden [31]. Diese Befürchtungen sind nach Untersuchungen von *McKay-Lyons* allerdings unbegründet [25]. Die Therapieeinheiten der Physiotherapie scheinen weder das Risiko einer Übungsüberlastung des kardiovaskulären Systems zu beinhalten noch adäquaten metabolischen Stress zu bewirken, um überhaupt einen Trainingseffekt zu induzieren [25]. Letztlich ist die aerobe Konditionierung, obwohl sie seit Jahren in der kardiologische Rehabilitation etabliert ist, derzeit kein wesentlicher Bestandteil in der Rehabilitation von Patienten nach Schlaganfall [25]. Kürzlich zeigten *Eich* et al. dass während 30 Minuten Laufbandtraining (in Kombination mit konventioneller Physiotherapie) durchaus aerobe Bereiche erreicht wurden und sich damit das Gehen der Patienten nach Schlaganfall im Vergleich zu alleiniger Bobath-Therapie deutlich verbesserte [11]. Allerdings wurde bisher kaum untersucht, welche speziellen

physiotherapeutischen Übungen über das Laufbandtraining hinaus die von Leitlinien empfohlenen aeroben Intensitäten beinhalten. Es existiert also ein Bedarf an Studien zum aeroben Training von Patienten nach Schlaganfall [29, 40]. Ziel der hier vorliegenden Pilotstudie war es daher, die Belastungsintensität während einzelner Übungen in der Physiotherapie von bereits gehfähigen Patienten nach Schlaganfall zu vergleichen.

## Methodik

Zwölf bereits gehfähige Patienten nach Schlaganfall (Intervall <60 Tage, Barthel-Index >65, FAC Grad 4–5) wurden während eines stationären Rehabilitationsaufenthaltes in die Studie einbezogen. Die Patientencharakteristik ist in Tabelle 1 dargestellt. Das Protokoll beinhaltete: Üben im Sitzen, dosiertes (Sitz-Stand-equiv.) und forciertes Aufstehen (Sitz-Stand-max.), alternierende Stehübungen (Üben im Stehen), sechs Minuten forciertes Gehen (6MWT) und Treppensteigen. Übungen im Sitzen beinhalteten Gleichgewichtsverlagerung und Balancetraining wie von *Lennon* beschrieben [22]. Beim dosierten Aufstehen wurde der Patient aufgefordert, in drei Minuten alle zehn Sekunden, beim forcierten Aufstehen so oft wie nur möglich in drei Minuten von einer Übungsliege ohne Abstützen der Hände möglichst symmetrisch aufzustehen [3]. Die Höhe der Sitz-

Nr.	Geschlecht	Läsionsseite	Alter	Dauer der Erkrankung (Tage)	Barthel-Index	Gehstrecke (Meter in 6 Minuten)
1	w	rechts	53	49	100	360
2	m	links	51	34	90	420
3	w	rechts	35	36	100	410
4	m	links	60	114	90	210
5	m	rechts	51	60	100	280
6	m	links	51	39	90	450
7	m	rechts	60	45	85	180
8	m	links	55	19	85	280
9	w	links	46	41	90	320
10	m	links	53	42	70	160
11	m	rechts	67	35	90	415
12	m	rechts	38	56	75	130

Tab.: 1: Patientencharakteristik (w=weiblich, m=männlich)

fläche (Therapieliege) betrug für alle Patienten 110% der individuellen Unterschenkelänge [3]. Die alternierenden Stehübungen beinhalteten in der ersten Minute ein repetitives Aufstellen des paretischen Fußes, in der zweiten Minute repetitives Aufstellen des nicht-paretischen Fußes auf eine Treppenstufe. Der Patient wurde, falls posturale Kontrolle nicht ausreichte, dabei von einem Physiotherapeuten unterstützt. Im Anschluss erfolgte eine Minute »Stehpause«. Beim forcierten Gehen wurde der Patient aufgefordert, in sechs Minuten so weit und so schnell wie nur möglich zu gehen [12]. Der Test entsprach dem allgemein bekannten »six minute walk test« [12, 30]. Treppensteigen beinhaltete das Hinauf- und Hinabsteigen von insgesamt 40 Treppenstufen (beginnend mit 20 Stufen abwärts, gefolgt von 20 Stufen aufwärts, danach wiederum 20 Stufen abwärts usw.). Die Benutzung eines Handlaufes war erlaubt. Alle Patienten waren instruiert, die Treppenstufen so schnell wie möglich, aber sicher zu gehen.

Zwischen den einzelnen Übungen erfolgte jedesmal eine vollständige Pause, in welcher der Puls des Patienten wieder auf das Ruhe- bzw. Ausgangsniveau sank. Bei allen Testdurchläufen wurden Herzfrequenz (HR) und Energieverbrauch (METS und  $\text{VO}_2/\text{kg} \times \text{ml}/\text{min}$ ) kontinuierlich und der Blutdruck (RR) sowie das selbst eingeschätzte Anstrengungsempfinden nach der Borg-Skala [1] im Anschluss an die jeweilige Übung erhoben. Die Herzfrequenz wurde mit dem Polar® S410 Herzfrequenzmesser nach den Empfehlungen von McKay-Lyons gemessen und aufgezeichnet [24]. Der Energieverbrauch ( $\text{VO}_2$ ) wurde mit einem tragbaren Spiroergometriergerät von COSMED® k4b2 kontinuierlich entsprechend allgemeinen Empfehlungen gemessen [3, 26]. Parameter des (aeroben Ziel-)Trainingsbereiches wurden mit der adaptierten Karvonen-Formel wie folgt berechnet [25]:

untere Belastungsgrenze =  $((220 - \text{Alter}) - \text{Ruhepuls}) \times 40\% + \text{Ruhepuls}$

obere Belastungsgrenze =  $((220 - \text{Alter}) - \text{Ruhepuls}) \times 85\% + \text{Ruhepuls}$

Bei medikamentöser Gabe von Beta-Blockern wurde eine von McKay-Lyons vorgeschlagene adaptierte Formel benutzt:

untere Belastungsgrenze =  $((220 - \text{Alter}) \times 0,85 - \text{Ruhepuls}) \times 40\% + \text{Ruhepuls}$

obere Belastungsgrenze =  $((220 - \text{Alter}) \times 0,85 - \text{Ruhepuls}) \times 85\% + \text{Ruhepuls}$

Es wird angenommen, dass Übungsintensitäten unterhalb des berechneten Trainingsbereiches zu gering (Unterfor-

derung) und Übungsintensitäten oberhalb des berechneten Trainingsbereiches zu hoch sind, um einen Trainingseffekt auf das Herz-Kreislaufsystem zu bewirken [14, 24].

Zur Messung des Anstrengungsempfindens der Patienten wurde die numerische Borg-Skala (»Rate of perceived exertion«, RPE) gewählt [1]. Die selbst eingeschätzte Belastungsintensität gibt die subjektiv gefühlte Reizintensität einer physikalischen Arbeit wieder [1]. Jeder Patient wurde zunächst mit dem Gebrauch der Skala bekannt gemacht, um nach der Durchführung der jeweiligen Übung seine subjektive Belastungsintensität selbst einzuschätzen.

Mittelwerte, Standardabweichungen und approximative Konfidenzintervalle wurden berechnet. Assoziationen zwischen einzelnen Parametern wurden mit Hilfe von Pearsons-Korrelationskoeffizienten berechnet. Zur Berechnung der Richtung des Zusammenhangs von  $\text{VO}_2$  ml/kg und Herzfrequenz wurde eine Regression durchgeführt.

## Ergebnisse

Die in den einzelnen physiotherapeutischen Übungen erfassten Parameter sind in Tabelle 2 dargestellt. Adäquate Trainingsintensitäten erreichten die Patienten vor allem beim Treppensteigen, forcierten Aufstehen und beim forcierten Gehen, weniger beim Üben im Stehen und kaum beim dosierten Aufstehen und Üben im Sitzen (Tabelle 2). Die Borg-Skala korrelierte hoch mit den Belastungsparametern  $\text{VO}_2/\text{kg}/\text{ml}/\text{min}$  (Pearsons  $r=0,83$ ; Bestimmtheitsmaß  $B=69\%$ ), Rate Pressure Produkt ( $r=0,82$ ;  $B=68\%$ ) und HR ( $r=0,82$ ;  $B=67\%$ ). Keiner der Patienten erreichte anaerobe Bereiche bzw. klinische Zeichen einer kardialen Überbelastung. Herzfrequenz und  $\text{VO}_2/\text{kg}/\text{ml}/\text{min}$  korrelierten moderat ( $r=0,59$ ;  $p<0,05$  (Abbildung)).

## Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass Treppensteigen, forciertes Aufstehen und forciertes Gehen adäquate Trainingsreize sein können, um das kardio-pulmonale System von bereits gehfähigen Patienten nach Schlaganfall ohne Überbelastung zu trainieren. Üben im Sitzen bzw. im Stehen allein konnte keine adäquate kardio-pulmonale Trainingsintensität (wie in den AHA-Leitlinien gefordert [14]) erreichen. Die hohe Korrelation der Borg-Skala mit Belastungsparametern wie Herzfrequenz, Blutdruck und

Parameter	$\text{VO}_2$ (ml/min/kg)		Herzfrequenz (pro min)		BORG-Skala (RPE)		Blutdruck (systolisch mmHg)	
	MW ± SD	95 % CI	MW ± SD	95 % CI	MW ± SD	95 % CI	MW ± SD	95 % CI
Üben im Sitzen	3,2 ± 1,2	2,5 ... 3,8	84,3 ± 3,0	82,6 ... 86,0	6,0 ± 0,0	6,0 ... 6,0	115,4 ± 10,8	109,3 ... 121,5
Sitz-Stand-equiv.	6,2 ± 2,2	5,0 ... 7,5	89,1 ± 2,1	87,9 ... 90,2	7,2 ± 1,0	6,6 ... 7,8	123,8 ± 13,3	116,2 ... 131,3
Üben im Stehen	9,9 ± 3,0	8,2 ... 11,6	106,4 ± 7,0	102,5 ... 110,4	11,8 ± 1,8	10,8 ... 12,9	132,1 ± 16,0	123,0 ... 141,1
Treppensteigen	14,0 ± 4,2	11,6 ... 16,4	122,8 ± 8,6	118,0 ... 127,7	15,8 ± 1,6	14,9 ... 16,7	153,3 ± 21,5	141,2 ... 165,5
6MWT	14,5 ± 2,3	13,2 ... 15,8	119,3 ± 1,6	118,4 ... 120,2	13,8 ± 2,0	12,7 ... 15,0	142,5 ± 17,6	132,5 ... 152,5
Sitz-Stand-max.	17,1 ± 2,0	15,9 ... 18,3	123,5 ± 2,4	122,1 ... 124,9	15,5 ± 2,0	14,3 ... 16,6	155,4 ± 22,2	142,9 ... 168,0

Tab. 2: Messparameter der einzelnen physiotherapeutischen Übungen (95% CI = approximatives 95% Konfidenzintervall [N=12], MW= Mittelwert, SD = Standardabweichung,  $\text{VO}_2$  = Volumen Sauerstoff (Verbrauch))

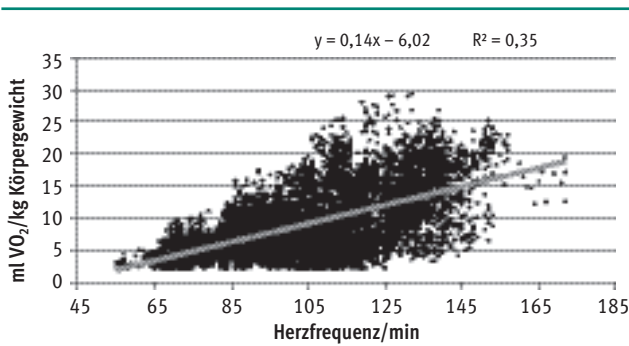


Abb.: Scatterplot Herzfrequenz-VO<sub>2</sub> je kg

Energieverbrauch zeigen, dass diese Skala durchaus Trainingsbelastungen von Patienten nach Schlaganfall abbilden kann. Die Borg-Skala könnte dadurch eine Hilfe zum Erfassen und zur Steuerung der Übungsintensität bei bereits gehfähigen Patienten nach Schlaganfall sein.

Energieverbrauch und Herzfrequenz korrelierten (erwartungsgemäß) (Abb.). Aufgrund des sehr hohen (zeitlichen wie personellen) Aufwandes der Spiroergometrie (Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung) eignet sich diese kaum für die klinische Routine, sondern eher für die klinische Forschung. Das Überwachen von Herzfrequenz (z. B. via Pulsgurt) und Blutdruck sowie die Anwendung der Borg-Skala sind für die klinische Routine hinsichtlich Überwachung und Belastungssteuerung der therapeutischen Einheiten weitaus besser geeignet.

Die drei wichtigsten gesundheitswissenschaftlichen Ziele für Patienten nach Schlaganfall sind die Prävention von Komplikationen durch vermehrte Aktivität (bzw. Verringerung von Inaktivität), Verringerung des Risikos weiterer Schlaganfälle und kardialer Ereignisse und Steigerung der kardiovaskulären Fitness. Eine Reduktion von Risikofaktoren könnte die Inzidenz neuer Schlaganfälle und kardialer Komplikationen senken. Ein aerobes Konditionierungsprogramm kann helfen, den Glukosestoffwechsel zu regulieren, Gewicht und Fettanteil des Gewebes zu reduzieren und besonders bei hypertensiven Patienten den Blutdruck zu senken [14]. Die Aktualität dieser Thematik unterstreicht auch eine der diesjährigen Ausgaben der Zeitschrift »Topics in Stroke Rehabilitation« [19, 23, 27]. Die Mehrzahl der Patienten nach Schlaganfall besitzt neben den motorischen Defiziten nur eine limitierte Übungskapazität [25, 38, 39]. Obwohl ein Trainieren im aeroben Bereich wesentlich zur Verbesserung der kardio-pulmonalen Belastbarkeit des Patienten beitragen könnte [19, 21, 27, 37], kann davon ausgegangen werden, dass der überwiegende Teil der konventionellen (neurologischen) Physiotherapie nicht in einem Bereich übt, der die kardiopulmonale Belastbarkeit steigert.

Ziele der Übungstherapie von Patienten nach Schlaganfall sollten unter besonderer Berücksichtigung der Sekundärprävention gestaltet werden. Einen Überblick geben die aktuellen Leitlinien der American Heart Association, welche Krafttraining, Geschwindigkeits- und Koordinations-

training sowie Training im sogenannten aeroben Bereich explizit empfehlen [14]. Als Konsequenz sind Physiotherapeuten damit aufgefordert, zweifelhafte Übungsinhalte von Patienten nach Schlaganfall wie zum Beispiel »Tonusnormalisierung« und »Hemmung assoziierter Muster« im Sitzen zu überprüfen.

Um die Gefahr einer kardialen Überbelastung von Patienten zu minimieren, wird von den Autoren außerdem empfohlen, einen in der Rehabilitation geschulten Kardiologen in die Trainingsplanung (z. B. Festlegung von Grenzwerten) einzubeziehen.

Hesse *et al.* zeigten in einem Survey im Berliner Raum, dass die Methoden der ambulanten Physiotherapie zur Behandlung von Patienten nach Schlaganfall vor allem Üben im Sitzen und Liegen beinhalten [17]. Dieses Vorgehen der Physiotherapie sollte vor dem Hintergrund sowohl aktueller Erkenntnisse des motorischen Lernens als auch der Trainingslehre kritisch hinterfragt werden. Jedenfalls kann vom Üben im Sitzen und im Liegen kein Trainieren im aeroben Bereich, wie in Leitlinien zu diesem Thema beschrieben [4, 14], erwartet werden.

An dieser Stelle sollte auch darauf hingewiesen werden, dass trainingsphysiologische Ansätze für Patienten nach Schlaganfall und Patienten mit anderen Schädigungen des zentralen Nervensystems keinesfalls als neu bezeichnet werden können. Bereits 1916 beschrieb ein berühmter Neurochirurg und Urvater der modernen Physiotherapie aus Breslau, *Ottfried Förster*, im »Handbuch der Therapie der Nervenkrankheiten« [13] heute noch anerkannte Therapierichtlinien, nämlich dass für jegliche Übungstherapie das Prinzip Gültigkeit hat, dass der »erhöhte Anspruch die Leistungsfähigkeit« steigert [13]. Dieses allgemeine Prinzip der Übungstherapie erlebt in den letzten Jahren eine gewisse Renaissance unter den Namen »Shaping« [41–43] und »Training« [3, 36]. Förster forderte, in der Übungstherapie die betreffende Bewegung gegen Widerstand ausführen zu lassen (Widerstandsgymnastik), und wurde damit dem Grundsatz gerecht, dass der erhöhte »Anspruch« die Funktion verbessert [13]. Försters »Widerstandsgymnastik« erfreut sich mittlerweile wieder wachsender Beliebtheit, was sich in zahlreichen Studien zum Thema Krafttraining bei Patienten nach Schlaganfall [4, 10, 32] und bei Patienten mit Zerebralpareesen äußert [5–9, 33].

Die vorliegende Untersuchung ist durch die begrenzte Patientenzahl und Probandenstichprobe in ihrer Aussage limitiert. So wurden nur zwölf gehfähige Patienten zu einem einzigen Zeitpunkt untersucht. Ob sich die Ergebnisse auf nicht-gehfähige Patienten übertragen lassen, muss in weiteren Untersuchungen gezeigt werden. Weitere Studien sollten eine größere Population von gehfähigen und nicht gehfähigen Patienten nach Schlaganfall und anderen Diagnosen im Langzeitverlauf untersuchen. Multizentrische Studien zur Evaluation von Trainings- und Übungsstrategien in der Behandlung der zumeist chronischen Patienten mit Hemiparese (u. a. zur Rezidivprävention und Verringerung von Komorbidität und Mortalität) sind angezeigt.

Die Integration einer rationalen und wissenschaftlich begründeten Physiotherapie, welche Prinzipien des motorischen Lernens mit (Sport-)Trainingsprinzipien kombiniert und anwendet, scheint ein vielversprechender Weg einer modernen Rehabilitation nach Schlaganfall zu sein.

## Literatur

- Borg G: Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. Dtsch. Ärzteblatt 2004; A1016-1021
- Bueteffisch 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
- Canning CG, Shepherd RB, Carr JH, Alison JA, Wade L, White A: A randomized controlled trial of the effects of intensive sit-to-stand training after recent traumatic brain injury on sit-to-stand performance. Clin Rehabil 2003; 17: 355-62
- Carr J, Shepherd R: Stroke Rehabilitation: Guidelines for exercises and training. Butterworth Heinemann, Oxford 2003
- Damiano DL, Abel MF: Functional outcomes of strength training in spastic cerebral palsy. Arch Phys Med Rehabil 1998; 79: 119-125
- Damiano DL, Kelly LE, Vaughn CL: Effects of quadriceps femoris muscle strengthening on crouch gait in children with spastic diplegia. Phys Ther 1995; 75: 658-67; discussion 668-71
- Damiano DL, Martellotta TL, Quinlivan JM, Abel MF: Deficits in eccentric versus concentric torque in children with spastic cerebral palsy. Med Sci Sports Exerc 2001; 33: 117-22
- Damiano DL, Martellotta TL, Sullivan DJ, Granata KP, Abel MF: Muscle force production and functional performance in spastic cerebral palsy: relationship of cocontraction. Arch Phys Med Rehabil 2000; 81: 895-900
- Damiano DL, Vaughan CL, Abel MF: Muscle response to heavy resistance exercise in children with spastic cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 1995; 37: 731-9
- Dean CM, Richards CL, Malouin F: Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: a randomized, controlled pilot trial. Arch Phys Med Rehabil 2000; 81: 409-17
- Eich HJ, Mach H, Werner C, Hesse S: Aerobic treadmill plus Bobath walking training improves walking in subacute stroke: a randomized controlled trial. Clin Rehabil 2004; 18: 640-51
- Eng JJ, Chu KS, Dawson AS, Kim CM, Hepburn KE: Functional walk tests in individuals with stroke: relation to perceived exertion and myocardial exertion. Stroke 2002; 33: 756-61
- Förster O: Handbuch der Therapie der Nervenkrankheiten. Gustav Fischer Verlag, Jena 1916
- Gordon NF, Gulanick M, Costa F, Fletcher G, Franklin BA, Roth EJ, Shephard T: Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: an American Heart Association scientific statement from the Council on Clinical Cardiology, Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention; the Council on Cardiovascular Nursing; the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the Stroke Council. Stroke 2004; 35: 1230-40
- Hesse S, Bertelt C, Jahnke MT, Schaffrin A, Baake P, Malezic M, Mauritz KH: Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in nonambulatory hemiparetic patients. Stroke 1995; 26: 976-981
- Hesse S, Bertelt C, Schaffrin A, Malezic M, Mauritz KH: Restoration of gait in nonambulatory hemiparetic patients by treadmill training with partial body-weight support. Arch Phys Med Rehabil 1994; 75: 1087-93
- Hesse S, Staats M, Werner C, Bestmann A, Lingnau ML: Ambulante Krankengymnastik von Schlaganfallpatienten zu Hause. Vorläufige Ergebnisse über Umfang, Inhalt und Effektivität. Nervenarzt 2001; 72: 950-4
- Hummelsheim H: Rationales for improving motor function. Curr Opin Neurol 1999; 12: 697-701
- Ivey FM, Macko RF, Ryan AS, Hafer-Macko CE: Cardiovascular health and fitness after stroke. Top Stroke Rehabil 2005; 12: 1-16
- Jobges M, Heuschkel G, Pretzel C, Illhardt C, Renner C, Hummelsheim H: Repetitive training of compensatory steps: a therapeutic approach for postural instability in Parkinson's disease. J Neurol Neurosurg Psychiatry 2004; 75: 1682-7
- Kluding P, Billinger SA: Exercise-induced changes of the upper extremity in chronic stroke survivors. Top Stroke Rehabil 2005; 12: 58-68
- Lennon S, Ashburn A: The Bobath concept in stroke rehabilitation: a focus group study of the experienced physiotherapists' perspective. Disabil Rehabil 2000; 22: 665-74
- MacKay-Lyons MJ, Howlett J: Exercise capacity and cardiovascular adaptations to aerobic training early after stroke. Top Stroke Rehabil 2005; 12: 31-44
- MacKay-Lyons MJ, Makrides L: Cardiovascular stress during a contemporary stroke rehabilitation program: is the intensity adequate to induce a training effect? Arch Phys Med Rehabil 2002; 83: 1378-83
- Mackay-Lyons MJ, Makrides L: Exercise capacity early after stroke. Arch Phys Med Rehabil 2002; 83: 1697-702
- Mackay-Lyons MJ, Makrides L: Longitudinal changes in exercise capacity after stroke. Arch Phys Med Rehabil 2004; 85: 1608-12
- Macko RF, Ivey FM, Forrester LW: Task-oriented aerobic exercise in chronic hemiparetic stroke: training protocols and treatment effects. Top Stroke Rehabil 2005; 12: 45-57
- Marchionni N, Fattiroli F, Fumagalli S, Oldridge N, Del Lungo F, Morosi L, Burgisser C, Masotti G: Improved exercise tolerance and quality of life with cardiac rehabilitation of older patients after myocardial infarction: results of a randomized, controlled trial. Circulation 2003; 107: 2201-6
- Meek C, Pollock A, Potter J, Langhorne P: A systematic review of exercise trials post stroke. Clin Rehabil 2003; 17: 6-13
- Mehrholz J, Pohl M: Klinische Gehtests bei Patienten mit Hemiparese nach Schlaganfall. Z f Physiotherapeuten 2004; 56: 1628-1638
- Mehrholz J, Pohl M: Aktuelle Konzepte zur Gangrehabilitation nach Schlaganfall. Z f Physiotherapeuten 2005; 57: 2-9
- Morris SL, Dodd KJ, Morris ME: Outcomes of progressive resistance strength training following stroke: a systematic review. Clin Rehabil 2004; 18: 27-39
- Morton JF, Brownlee M, McFadyen AK: The effects of progressive resistance training for children with cerebral palsy. Clin Rehabil 2005; 19: 283-9
- Munk H: Sitzungsbericht der königlichen preußischen Akademie der Wissenschaften 1894
- Platz T: Evidenzbasierte Armrehabilitation. Eine systematische Literaturübersicht. Nervenarzt 2003; 74: 841-9
- Pohl M, Mehrholz J, Ritschel C, Ruckriem S: Speed-dependent treadmill training in ambulatory hemiparetic stroke patients: a randomized controlled trial. Stroke 2002; 33: 553-8
- Rimmer JH, Wang E: Aerobic exercise training in stroke survivors. Top Stroke Rehabil 2005; 12: 17-30
- Roth EJ: Heart disease in patients with stroke: incidence, impact, and implications for rehabilitation. Part I: Classification and prevalence. Arch Phys Med Rehabil 1993; 74: 752-60
- Roth EJ: Heart disease in patients with stroke. Part II: Impact and implications for rehabilitation. Arch Phys Med Rehabil 1994; 75: 94-101
- Saunders DH, Greig CA, Young A, Mead GE: Physical fitness training for stroke patients. Cochrane Database Syst Rev 2004; CD003316
- Sterr A, Freivogel S: Motor-improvement following intensive training in low-functioning chronic hemiparesis. Neurology 2003; 61: 842-4
- Sterr A, Freivogel S: Intensive training in chronic upper limb hemiparesis does not increase spasticity or synergies. Neurology 2004; 63: 2176-7
- Woldag H, Waldmann G, Heuschkel G, Hummelsheim H: Is the repetitive training of complex hand and arm movements beneficial for motor recovery in stroke patients? Clin Rehabil 2003; 17: 723-30

### Korrespondenzadresse:

Jan Mehrholz  
Klinik Bavaria Kreischa  
Abt. Intensiv- und Frührehabilitation  
An der Wolfsschlucht 1-2  
D-01731 Kreischa  
e-mail: jan.mehrholz@klinik-bavaria.de