

Journal für

Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie

www.kup.at/
JNeurolNeurochirPsychiatr

Zeitschrift für Erkrankungen des Nervensystems

Evidenzbasierte Verfahren in der motorischen Rehabilitation

Liepert J

Journal für Neurologie

Neurochirurgie und Psychiatrie

2010; 11 (1), 5-10

Homepage:

www.kup.at/

JNeurolNeurochirPsychiatr

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche

Indexed in
EMBASE/Excerpta Medica/BIOBASE/SCOPUS

Krause & Pachernegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz

P.b.b. 02Z031117M,

Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21

Preis: EUR 10,-

76. Jahrestagung

Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie DGNC

Joint Meeting mit der Französischen
Gesellschaft für Neurochirurgie



2025
1.–4. Juni
HANNOVER

www.dgnc-kongress.de

Im Spannungsfeld zwischen
Forschung und Patientenversorgung

PROGRAMM JETZT ONLINE EINSEHEN!



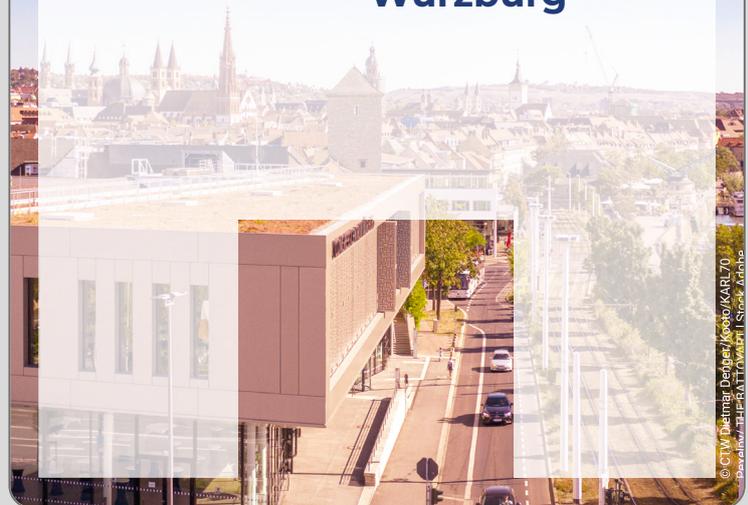
Deutsche
Gesellschaft für
Epileptologie



64. JAHRESTAGUNG

der Deutschen Gesellschaft für Epileptologie

10.–13. Juni 2026
Würzburg



Evidenzbasierte Verfahren in der motorischen Rehabilitation

J. Liepert

Kurzfassung: Eine zunehmende Fülle wissenschaftlicher Publikationen zur motorischen Rehabilitation in der Neurologie erlaubt inzwischen, evidenzbasierte Verfahren zu benennen. In dieser Übersicht werden ältere und neue Therapieansätze für die Rehabilitation der oberen und unteren Extremität nach Schlaganfall dargestellt. Berücksichtigt wurden insbesondere randomisierte kontrollierte Studien, Metaanalysen und systematische Reviews. Zusammenfassend ergibt sich für Verfahren wie die „Constraint-Induced Movement Therapy“ und die Anwendung von Botulinumtoxin A bei fokaler Spastik bereits eine sehr gute Evidenzlage, bei anderen Verfahren wie dem „Impairment-Oriented Training“

der Spiegeltherapie, dem mentalen Training, dem Einsatz elektromechanischer Geräte und dem spezifischen Gangtraining sind zumindest deutliche Wirksamkeitshinweise vorhanden. Zweifelsohne besteht jedoch sowohl für schon bekannte als auch für neue Therapieansätze weiterer Forschungsbedarf.

Abstract: Evidence-Based Methods in Motor Rehabilitation. An increasing number of publications dealing with motor rehabilitation now allows to denominate evidence-based therapies. In this review, old and new treatments for motor rehabilitation of upper and

lower limbs after stroke will be presented. In particular, randomised, controlled trials, meta-analyses and systematic reviews have been taken into consideration. In summary, evidence is best for constraint-induced movement therapy and for application of botulinum toxin type A in patients with focal spasticity. Some efficacy has been demonstrated for other therapies such as impairment-oriented training, mirror therapy, mental practice, the use of electromechanical devices and specific gait training. Without doubt, further scientific research is required for already well-known as well as new treatment strategies. **J Neurol Neurochir Psychiatr 2010; 11 (1): 5–10.**

■ Einleitung

Der Begriff der „evidenzbasierten Medizin“ ist aus dem klinischen Alltag kaum noch wegzudenken. Die am weitesten verbreitete Definition stammt von Sackett et al. (1996) [1] und beschreibt evidenzbasierte Medizin als den gewissenhaften, ausdrücklichen klugen Einsatz der aktuell besten Evidenz, um Entscheidungen für einzelne Patienten zu treffen. Dabei soll die individuelle klinische Erfahrung mit der durch systematische Wissenschaft generierten klinischen Evidenz kombiniert werden. Der wissenschaftliche Nachweis der Wirksamkeit einer Therapie ist zweifellos erstrebenswert. In der neurologischen Rehabilitation haben sich Verfahren wie zum Beispiel die propriozeptive neuromuskuläre Fazilitation oder die Vojta-Therapie etabliert, ohne dass hierfür eine ausreichende, wissenschaftlich fundierte Grundlage bestand. Dennoch werden diese Verfahren auf individueller Ebene durchaus erfolgreich eingesetzt. Wichtig ist daher, die Balance zwischen auf Studienlage basierender Medizin und historisch tradierten Therapien zu finden.

Zur wissenschaftlichen Beurteilung der Wertigkeit einer Therapie sind randomisierte kontrollierte Studien (RKS) am besten geeignet. Daher wurden in dieser Übersicht nahezu ausschließlich RKS und Metaanalysen, die die Daten mehrerer Studien zu einem Gesamtergebnis zusammenfassen, berücksichtigt. Wann kann man eine Therapie als „evidenzbasiert“ ansehen? Für die in diesem Artikel vorgestellten Therapieverfahren wurde definiert, dass mindestens 2 RKS mit ausreichender Fallzahl (> 10 Teilnehmer pro Studienarm) oder eine Metaanalyse erforderlich sind, um als evidenzbasiert zu gelten. Dieser Artikel stützt sich unter anderem auf die im April 2009 publizierte S2-Leitlinie der DGNR [2] und auf ein kürzlich zu diesem Thema erschienenes Manuskript

[3]. In dieser Übersicht wird der Schwerpunkt auf Studien aus den Jahren 2008 und 2009 gelegt.

■ Therapieansätze für die obere Extremität

„Constraint-Induced Movement Therapy“

Dieses Verfahren wurde aus tierexperimentellen Erkenntnissen entwickelt und stellt das in den vergangenen 15 Jahren am häufigsten und gründlichsten wissenschaftlich untersuchte Therapiekonzept dar. Für geeignete Patienten mit einer partiell vorhandenen Extensionsfähigkeit im Handgelenk und den Fingern gilt es als derzeitiger „Goldstandard“ [4]. Als Hauptelemente sind ein intensives Training mit der betroffenen Hand (bis zu 6 h pro Tag), eine Immobilisierung der nichtbetroffenen Hand, „Shaping“-Strategien und das so genannte „Transfer Package“, welches u. a. die regelmäßige Anwendung des „Motor Activity Log“ (ein Fragebogen zur Selbstbeurteilung der Menge und Qualität von mit der paretischen Hand durchgeführten Alltagsaktivitäten) beinhaltet, zu nennen. In der ersten RKS wurde ein Trainingseffekt auch noch 2 Jahre nach Beendigung der Therapie gefunden [5]. Aufgrund der hohen Personalintensität und der (vorübergehend) hohen Zeitintensität wurden in den vergangenen Jahren multiple Abwandlungen getestet (z. B. 3 h/Tag über 4 Wochen, 3× pro Woche über 10 Wochen), die sich jeweils als machbar und auch als effektiv erwiesen. Zudem wurden nicht nur chronische, sondern auch subakute und akute Schlaganfallpatienten untersucht. Wolf et al. [6] setzten in einer multizentrischen Studie bei 222 Patienten, deren Schlaganfall 3–9 Monate zurücklag, die „klassische“ Version (6 h/Tag, 5× pro Woche, 2 Wochen) ein und verglichen diese mit „konventioneller“ Therapie, was sowohl „keine Therapie“ als auch Therapien in geringer Intensität/Frequenz beinhalten konnte. Sowohl 12 als auch 24 Monate nach Beendigung der CIMT-Behandlung war die Verumgruppe in Fremd- und Selbstbeurteilungsverfahren besser als die Kontrollgruppe [7]. Einschränkung muss man konstatieren, dass diese Studie nicht automatisch klärt, ob es sich um einen CIMT-spezifischen Effekt handelt

Aus den Kliniken Schmieder, Allensbach, Deutschland

Korrespondenzadresse: Prof. Dr. med. Joachim Liepert, Kliniken Schmieder, D-78476 Allensbach, Zum Tafelholz 8; E-Mail: j.liepert@kliniken-schmieder.de

oder ob durch ein anderes Verfahren, in welchem ähnlich intensiv trainiert wird, nicht auch eine vergleichbare Verbesserung hätte erzielt werden können. In 2 Studien, in denen CIMT mit Bobath verglichen wurde, war die CIMT-Behandlung jeweils effektiver [8, 9]. Eine 2008 publizierte, randomisierte kontrollierte Studie an Patienten in der Subakutphase nach Schlaganfall untersuchte die Effekte einer CIMT-Behandlung (6 h/Tag für 10 Therapietage) und fand, dass die CIMT-Gruppe kurz nach Beendigung der Intervention signifikant bessere motorische Armfunktionen zeigte als die Kontrollgruppe, dass dieser Unterschied aber 6 Monate später nicht mehr bestand, bedingt durch eine proportional stärkere Funktionsverbesserung in der Kontrollgruppe [10]. Lin et al. [11] untersuchten kürzlich, wie groß der Anteil des aktiven Trainings an einer Funktionsverbesserung ist, indem sie nicht nur in der CIMT-Gruppe (Training für 2 h/Tag, 5 Tage/Woche, für 3 Wochen; Immobilisierung der nichtgelähmten Hand für 5 h/Tag), sondern auch in der Kontrollgruppe eine Immobilisierung der nichtgelähmten Hand vornahm. Motorische Funktionen und funktionelle Fähigkeiten sowie Lebensqualität waren in der CIMT-Gruppe besser, was auf die Relevanz des aktiven Trainings hinweist.

Botulinumtoxin A zur Behandlung der Spastik nach Schlaganfall

Botulinumtoxin A hemmt an der neuromuskulären Synapse die präsynaptische Freisetzung von Acetylcholin-Quanten und senkt so den Muskeltonus bzw. hemmt die muskuläre Aktivität. Botox® ist in Deutschland u. a. zur Behandlung einer schlaganfallbedingten fokalen Spastizität des Handgelenkes und der Hand zugelassen. Dysport® ist zur symptomatischen Behandlung einer Armspastik nach Schlaganfall zugelassen. Als wesentliche Behandlungsziele bestehen eine Verbesserung der passiven Beweglichkeit, eine Vermeidung von Sekundärkomplikationen (Gelenkversteifungen, trophische Störungen) und eine Schmerzreduktion. In einer Metaanalyse von RKS zeigte sich, dass Botulinumtoxin A sowohl eine klinisch bedeutsame Verbesserung auf der „modifizierten Ashworth-Skala“ (MAS) als auch in der durch Patient oder Angehörigen ausgefüllten „Global Assessment Scale“ bewirkte, die Häufigkeit von Nebenwirkungen hingegen auf Placeboniveau lag [12]. Eine aktuelle Stellungnahme der „American Academy of Neurology“ stellte fest, dass die Wirksamkeit von Botulinumtoxin A bei Spastizität des Erwachsenen durch 14 Klasse-I-Studien bestens belegt ist und somit der Einsatz zur Spastikbehandlung mit der höchsten Empfehlungsstärke („Level A“) empfohlen werden kann [13]. Außer einer Spastikreduktion kann insbesondere bei Patienten mit einer partiell erhaltenen Fähigkeit der Finger- oder Handgelenksexension auch eine Funktionsverbesserung erreicht werden, indem das Öffnen der Hand bei der Vorbereitung des Greifens sowie das Loslassen eines Gegenstandes leichter gelingen [14].

Impairment-orientiertes Training

Basierend auf der Hypothese, dass ein gezieltes spezifisches Training der paretischen oberen Extremität besonders wirksam sein sollte, hat die Arbeitsgruppe um Platz ein „Arm-Basis-Training“ für hochgradig paretische Extremitäten und

ein „Arm-Ability-Training“ für Patienten mit schon bestehenden motorischen Teilfunktionen entwickelt und in Studien überprüft [15, 16]. Kürzlich wurde eine randomisierte kontrollierte Multicenter-Studie publiziert, in welcher Arm-Basis-Training und Arm-Ability-Training mit der jeweils besten konventionellen Therapie bei 148 subakuten Schlaganfallpatienten verglichen wurden [17]. Das IOT war den anderen Verfahren überlegen, was rasche, innerhalb der 3–4-wöchigen Interventionsphase auftretende Effekte anging. Die Überlegenheit des Arm-Ability-Trainings war auch 4 Wochen nach Therapieende noch nachweisbar. Die Autoren schlussfolgerten, dass die Spezifität des Trainings für die Funktionswiederherstellung relevanter sei als die Intensität.

Bilaterales Training

Beim bilateralen Training werden Bewegungen beider Arme entweder synchron oder alternierend durchgeführt. Die Wirksamkeit dieses Ansatzes wurde in mehreren Studien und einer Metaanalyse [18] nachgewiesen. Allerdings existieren kaum Untersuchungen zur Frage einer Gleichwertigkeit oder Überlegenheit des bilateralen Trainings im Vergleich mit anderen Verfahren. Eine Übersichtsarbeit konstatierte, dass bilaterales Training u. a. aufgrund der vielen bimanuellen Alltagsaktivitäten relevant ist und neben unilateralem Üben mit der paretischen Extremität eingesetzt werden sollte [19]. In einer RKS mit 24 chronischen Schlaganfallpatienten wurde bilaterales mit unilateralem Training verglichen [20]. In der Gruppe der bilateral Übenden waren stärkere Verbesserungen proximaler Armfunktionen festzustellen, sodass hierfür möglicherweise eine Überlegenheit des bilateralen Trainings bestehen könnte.

Elektromechanisch assistiertes Training

Der Einsatz von elektromechanischen Geräten wird dazu genutzt, bei nur unvollständigen Bewegungen der paretischen oberen Extremität die Bewegung zu vervollständigen. Es existieren inzwischen mehrere Geräte, von denen der am „Massachusetts Institute of Technology“ entwickelte MIT-MANUS in wissenschaftlichen Untersuchungen am gründlichsten getestet wurde. In 2 unabhängig voneinander durchgeführten Metaanalysen [21, 22] stellten beide Autorengruppen fest, dass roboterassistiertes Training keine Veränderung der Alltagsaktivitätsleistung bringt, wohl aber eine Verbesserung der Kraft und motorischen Funktionen des paretischen Armes im Schulter- und Ellbogenbereich. Die Frage, ob roboterassistiertes gezieltes Üben einer im gleichen Umfang durchgeführten (personalintensiven) Physiotherapie überlegen ist, bleibt derzeit noch offen. Derzeit wird eine große multizentrische randomisierte Studie mit 127 Teilnehmern durchgeführt, in der 3 Gruppen gebildet wurden: (a) roboterassistiertes Training, (b) intensive Kontrolltherapie und (c) „usual care“, also nur vereinzelte oder keine Therapien [23]. Diese Untersuchung wird den Stellenwert des roboterassistierten Trainings hoffentlich klären können.

Kürzlich wurde berichtet, dass auch eine passive Orthese, die die Wirkung der Schwerkraft vermindert und somit auch Patienten mit hochgradiger Parese (Kraftgrad 2–3) Armbewegungen gestattet, bei chronischen Schlaganfallpatienten

(n = 28) zu einer auch mindestens 6 Monate anhaltenden Verbesserung der motorischen Kontrolle führte [24].

Mentales Training

Für Schlaganfallpatienten existieren bereits mehrere kontrollierte Studien, die auf eine Wirksamkeit dieses Verfahrens hinweisen (z. B. [25, 26]). In allen Untersuchungen wurden Verbesserungen der Motorik nach der Therapie festgestellt. Eine Wirksamkeit wurde sowohl für Patienten in der Subakutphase als auch für solche in der chronischen Phase gezeigt [27, 28]. Die größte Untersuchung umfasste 46 Schlaganfallpatienten [25] und kam zu dem Schluss, dass das mentale Training sowohl die Planung als auch Ausführung zuvor trainierter, aber auch neuer Aufgaben verbessert. Eine kleinere Studie [26] fand eine isolierte Verbesserung der trainierten Aufgabe. Auch eine weitere Studie mit einer kleineren Gruppe von subakuten Schlaganfallpatienten konnte zeigen, dass mentales Trainieren von Daumen-Finger-Oppositionsbewegungen im Vergleich zu konventioneller Therapie stärkere Verbesserungen hinsichtlich Griffkraft und Feinmotorik erbrachte [29]. In einer Publikation aus 2009 untersuchten Page et al. [30], ob mentales Training als „Add-on“-Therapie einer modifizierten CIMT-Behandlung zusätzliche Wirksamkeit hat. Sowohl für den „Action Research Arm Test“ als auch für die Fugl-Meyer-Skala ergaben sich in der Gruppe mit zusätzlichem mentalem Training stärkere Verbesserungen, die auch 3 Monate später noch nachweisbar waren. Dieser interessante Ansatz weist darauf hin, dass auch eine CIMT-Behandlung durch Kombination mit einem anderen Verfahren noch effektiver werden kann.

Ein aktueller systematischer Review stellt eine deutliche methodische Heterogenität der bis dato publizierten Studien fest und kommt zu dem Schluss, dass zwar Hinweise für eine Wirksamkeit eines (zusätzlichen) mentalen Trainings zur Verbesserung der Arm- bzw. Handfunktion erkennbar seien, dass aber weiterer Bedarf an qualitativ hochwertigen RKS bestehe [31].

Sensibilitätstraining

Mehr als 60 % der Schlaganfallpatienten weisen sensible Defizite auf, und seit Langem ist bekannt, dass Sensibilitätsstörungen die motorische Funktionsrestitution nach einem Schlaganfall beeinträchtigen können [32]. Erste wissenschaftliche Studien zum Einsatz sensibler Stimuli liegen schon mehr als 50 Jahre zurück [33]. Ein aktueller Übersichtsartikel fasst die Datenlage zu aktivem und passivem Afferenztraining zusammen; die Autoren berücksichtigten 14 RKS (8 zu passivem, 6 zu aktivem Sensibilitätstraining). Daten von 3 Studien konnten für eine Metaanalyse gepoolt werden; es zeigte sich ein mäßiger Effekt von passivem Sensibilitätstraining auf Sensibilitätsdefizite und motorische Funktionen [34]. Es wird gefolgert, dass weiterer Bedarf an qualitativ hochwertigen Studien mit klinisch bedeutsamen Messparametern besteht.

Spiegeltherapie

Bei dieser schon in den 1990er-Jahren untersuchten Therapieform [35, 36] werden Bewegungen der nichtgelähmten Hand

durchgeführt; der Patient sieht die Hand im Spiegel und nimmt sie visuell als seine paretische Hand wahr. Diese Sonderform einer Bewegungsbeobachtung führte bei Patienten < 1 Jahr nach dem Schlaganfall mit schwerer bis moderater Hemiparese zu einer stärkeren motorischen Erholung und einer stärkeren Verbesserung der Selbständigkeit bei Alltagsaktivitäten als eine gleich-intensive Kontrollintervention (jeweils 30 min/Tag, 5 Tage/Woche, 4 Wochen lang). Der Effekt war auch nach 6 Monaten noch nachweisbar [37]. Auch bei subakuten Schlaganfallpatienten (< 8 Wochen nach dem Ereignis) zeigte die Spiegeltherapie (30 min/Tag, 5 Tage/Woche, 6 Wochen lang) bei distal hochgradiger Parese eine stärkere Wirksamkeit als die Kontrollintervention. Zudem wurden Neglect-Symptome positiv beeinflusst [38]. Eine weitere aktuelle RKS weist darauf hin, dass Spiegeltherapie bei Schlaganfallpatienten, die ein komplexes regionales Schmerzsyndrom Typ 1 in der paretischen Extremität entwickelt hatten, eine langanhaltende Schmerzreduktion bewirkt [39].

Auch wenn die Anzahl der Studien mit Spiegeltherapie noch begrenzt ist, scheint dieses Verfahren als „Add-on“-Therapie einen zusätzlichen Nutzen zu haben, möglicherweise insbesondere bei schwer betroffenen Patienten. Weitere Studien mit größeren Patientengruppen sind allerdings wünschenswert.

Elektrostimulation

Als Verfahren lassen sich funktionelle Elektrostimulation und EMG-getriggerte Elektrostimulation unterscheiden. Letztere ist durch die intendierte Willkürbewegung an einem Gelenk ohne direkten Aktivitätsbezug charakterisiert, erstere wird eingesetzt, um eine Bewegung in einem funktionellen Kontext (z. B. Greifen) durchführen zu können [2]. Eine aktuelle Metaanalyse, die die Wirksamkeit der EMG-getriggerten Elektrostimulation der Unterarmextensoren untersuchte, schloss 8 Studien mit insgesamt 157 Patienten ein und verglich die EMG-getriggerte Elektrostimulation mit konventionellen Verfahren. Bezogen auf verschiedene Parameter (Geschicklichkeit, selektive Beweglichkeit, Arm- und Handaktivitäten, Reaktionszeit) zeigten sich keine Vorteile der Elektrostimulation [40]. Vergleicht man Elektrostimulation mit „keine Intervention“, so ergeben sich Hinweise dafür, dass die Elektrostimulation Paresegrad und motorische Funktionen verbessern kann [41]. Auch frühere Reviews weisen auf eine (begrenzte) Wirksamkeit der Elektrostimulation der Handgelenkextensoren hin; eine Verbesserung der Kraft und der motorischen Kontrolle im Handgelenk war jedoch nicht mit einer Verbesserung von Alltagsaktivitäten verbunden [42, 43].

Die funktionelle Elektrostimulation zeigte in mehreren RKS eine positive Wirkung auf alltagsrelevante Funktionen wie das Greifen und Loslassen von Gegenständen [44–46].

Insgesamt ergibt sich insbesondere für die EMG-getriggerte Elektrostimulation eine inkonsistente Datenlage; dieses Verfahren ist anderen Interventionsarten wohl nicht überlegen, aber wirksamer als reines Abwarten. Die Ergebnisse für die funktionelle mehrkanalige Elektrostimulation sind konsistenter und überzeugender. Für dieses Verfahren gilt in den DGNR-Leitlinien ein Empfehlungsgrad B [2].

Repetitive transkranielle Magnetstimulation (rTMS) des Gehirns

Die Applikation repetitiver Magnetreize kann die Erregbarkeit des Gehirns beeinflussen. Niedrigfrequente Stimulationen (z. B. 1 Hz) wirken inhibitorisch, höherfrequente (≥ 5 Hz) wirken exzitatorisch. Basierend auf der Hypothese einer nach dem Schlaganfall vorhandenen Dysbalance zwischen beiden Hemisphären wird versucht, durch rTMS wieder ein interhemisphärisches Gleichgewicht herzustellen. Sowohl inhibierende rTMS mit einer Frequenz von 1 Hz über dem motorischen Kortex der nichtläsionierten Hemisphäre (z. B. [47–54]) als auch hochfrequente rTMS (5–20 Hz) über dem motorischen Kortex der läsionierten Hemisphäre (z. B. [55–57]) bewirkten Funktionsverbesserungen in der paretischen Extremität, insbesondere Griffkraft und Feinmotorik betreffend. Eine Übersichtsarbeit aus 2008 stellte allerdings fest, dass sich aufgrund der noch kleinen Fallzahl der bislang mit diesen Verfahren behandelten Patienten noch keine sicheren Empfehlungen aussprechen lassen [58].

Ergotherapie

In einer Cochrane-Metaanalyse, die 10 RKS mit 1348 Teilnehmern berücksichtigte, konnte eine Wirksamkeit von Ergotherapie auf Alltagsaktivitätsleistungen nachgewiesen werden [59]. Zudem wurde die Wahrscheinlichkeit eines schlechten Outcomes signifikant reduziert. Laut Berechnung der Autoren kann so pro 11 behandelten Patienten ein Fall mit schlechtem Outcome vermieden werden. Aufgrund der starken Heterogenität der in den Studien eingesetzten Techniken und Verfahren war jedoch eine differenziertere Analyse mit Benennung eines „besten“ Verfahrens nicht möglich.

Bobath-Konzept

Eine Metaanalyse, in der 15 Studien zur Bobath-Behandlung berücksichtigt wurden, kam zu dem Resultat, dass das Bobath-Konzept zwar prinzipiell wirksam sei, aber im Vergleich mit anderen Methoden keine Überlegenheit bestehe [60]. Zu einer vergleichbaren Aussage kommt auch die DGNR-Leitlinie [2] sowie eine kürzlich erschienene Übersichtsarbeit, die lediglich für die Gleichgewichtskontrolle einen Vorteil des Bobath-Konzeptes erkennen lässt [61]. Seit vielen Jahren wird kritisiert, dass Bobath-Studien keine klare Beschreibung der angewandten physiotherapeutischen Techniken beinhalten. Dieses Problem besteht weiterhin: Auch in einer kürzlich publizierten Umfrage unter britischen Physiotherapeuten konnte kein typisches „Paket“ an Maßnahmen zur Verbesserung von posturaler Kontrolle und Mobilität, welche das Bobath-Konzept repräsentieren, identifiziert werden [62]. Die Autoren fordern, dass zukünftige Interventionen spezifisch und gut definiert sein müssen, um Teil des Bobath-Konzeptes zu werden.

■ Verfahren zur Verbesserung des Gehens

Gangtraining

Ein systematischer Review zur Frage, welche Übungsprogramme die Gehfähigkeit nach einem Schlaganfall verbessern, evaluierte 14 Studien, die gangspezifisches Training

(versus Kontrollintervention) beinhalteten. Sowohl Gehgeschwindigkeit als auch -strecke konnten durch spezifisches Training signifikant gebessert werden, im Trend ergab sich auch eine Verbesserung des Gleichgewichtes, allerdings wurden Alltagsaktivitäten und die gesundheitsbezogene Lebensqualität nicht relevant beeinflusst. In 5 Studien, in denen vor allem Beinkraft trainiert wurde, ergaben sich keine sicheren Effekte auf Gangparameter [63]. Ein aktueller Cochrane-Review zum Thema „Overground Gait Training“ berücksichtigte 9 RKS mit 499 chronischen Schlaganfallpatienten und fand geringe Verbesserungen der Gehgeschwindigkeit, der im 6-Minuten-Gehtest zurückgelegten Strecke und des „Timed-Up-and-Go-Tests“, die den Autoren zu geringfügig erschienen, um von einer klinisch relevanten Verbesserung des Gehens zu sprechen [64].

Elektromechanische Unterstützung des Gehens

Neben dem Laufband (s. u.) gibt es inzwischen mehrere Geräte, die die Gehfähigkeit wiederherstellen bzw. verbessern sollen. Ihnen gemeinsam ist, dass der körperliche Einsatz des Therapeuten, der auf dem Laufband oftmals den Fuß des Patienten setzen bzw. korrigieren muss, deutlich reduziert wird, indem elektromechanisch betriebene Orthesen den Prozess des Gehens automatisieren. Als wichtigste/bekannteste Geräte stehen der Lokomat (Hocoma) und der Gangtrainer (Rehastim) zur Verfügung. Weitere aktuellere Entwicklungen sind der „Haptic Walker“, der „Anklebot“ und der „LOPES“. In einem Cochrane-Review wurden 8 Studien mit insgesamt 414 Teilnehmern berücksichtigt [65]. Die Autoren stellten fest, dass durch die Kombination von elektromechanisch assistiertem Gangtraining und Physiotherapie signifikant mehr Patienten wieder Unabhängigkeit beim Gehen erreichten und die Gehstrecke signifikant zunahm, die Gehgeschwindigkeit sich hingegen nur trendmäßig verbesserte. Unklar blieb, wie lange diese Verbesserungen nachweisbar bleiben und welche die optimalen Trainingseinheiten sind (Dauer, Häufigkeit) [65]. Eine aktuelle RKS mit 67 Schlaganfallpatienten in der Subakutphase setzte den Lokomat zusätzlich zu konventioneller Physiotherapie ein und fand nach der 6-wöchigen Therapiephase, dass mit Lokomat-Training ein größerer Anteil der Patienten wieder unabhängig gehen konnte als mit alleiniger Physiotherapie [66]. In einer anderen Studie wurde alleiniges elektromechanisch unterstütztes Gehen mit einer Kombination von elektromechanischer Gangunterstützung und virtueller Realität verglichen [67]. Die kombinierte behandelte Patientengruppe zeigte sowohl direkt nach dem 4-wöchigen Training als auch 3 Monate später eine stärkere Verbesserung der Gehstrecke. Diese Arbeit ist ein weiterer Hinweis dafür, dass die Kombination verschiedener Techniken erfolgreicher sein kann als die Anwendung eines einzelnen Verfahrens.

Laufbandtherapie

Für das Laufbandtraining gibt es eine Reihe kontrollierter Studien, die insbesondere Laufbandübungen mit anderen Gangübungen verglichen haben (z. B. [68–70]). Es wurden überwiegend Verbesserungen der Gangparameter gefunden, jedoch keine Überlegenheit der Laufbandübungen. Auch ein Vergleich von Laufbandtherapie mit einem elektromechani-

schen Gangtrainer [71] (n = 30) zeigte verbesserte Gangparameter in ähnlichem Ausmaß für beide Verfahren. Pohl et al. [72] berichteten (n = 60), dass geschwindigkeitsabhängiges Laufbandtraining effektiver als konventionelle Gangtherapie war. Bei 50 mäßig betroffenen Schlaganfallpatienten wurde eine Kombination von Laufbandtraining und Bobath-Behandlung mit alleiniger Bobath-Therapie verglichen; bezogen auf Gehparameter war die kombinierte Behandlung der isolierten Bobath-Therapie überlegen [73]. Macko et al. [74] fanden eine Überlegenheit des Laufbandtrainings verglichen mit Stretching-Übungen + Gehen mit geringer Intensität. Es gibt mehrere Metaanalysen und Übersichtsartikel, die keine einheitliche Auffassung vertreten. Ein Cochrane-Review [75], der 15 RKS analysierte, fand keine Hinweise für eine Überlegenheit des Laufbandes gegenüber anderen Verfahren. Hesse et al. [76] fanden Evidenz dafür, dass das Laufbandtraining stärker spastikreduzierend und positiver für kardiovaskuläre Funktionen als andere Gangübungen ist, während Teasell et al. [77] die Datenlage des Laufbandtrainings als zu dürftig ansahen. Van Peppen et al. [78] wiederum fanden einen sicheren Wirksamkeitsnachweis für das Laufbandtraining, wobei dieses nicht gleichbedeutend mit einer Überlegenheit gegenüber anderen Verfahren ist. Zusammenfassend muss man derzeit davon ausgehen, dass Laufbandtherapie zwar in diesem Stadium ist, Geheleistungen zu verbessern, dass dieses aber in ähnlichem Maß auch mit anderen Verfahren möglich ist.

■ Schlussfolgerungen

Die therapeutischen Ansätze in der motorischen Rehabilitation weisen ein breites Spektrum auf. Sie sind z. T. empirisch entstanden, z. T. auf tierexperimentellen Grundlagen entwickelt worden. Für Verfahren wie die Stimulation des Gehirns mit Gleichstrom (z. B. [79]), die Bewegungsbeobachtung [80], den Einsatz virtueller Realitäten (z. B. [81]) und die Anwendung von Pharmaka (z. B. [82, 83]) werden weitere RKS mit ausreichend großen Teilnehmerzahlen benötigt, um ihre Wirksamkeit ausreichend belegen und mit anderen Therapieansätzen vergleichen zu können.

Ziel sollte sein, dem Patienten auf der Basis klarer wissenschaftlicher Evidenz die für ihn individuell beste Therapie anzubieten. Wahrscheinlich werden in Zukunft auch vermehrt Hinweise für sinnvolle Kombinationen (z. B. „Constraint-Induced Movement Therapy“ als Verfahren mit v. a. repetitivem Charakter plus mentales Training als ein mehr kognitives Verfahren) gegeben werden können.

Derzeit besteht weiterer Forschungsbedarf, sowohl um schon bekannte Ansätze wissenschaftlich besser abzusichern als auch um die Wirksamkeit neuer Verfahren zu evaluieren. Meines Erachtens sollte das „Evidenzprinzip“ nicht dazu führen, eine schon lange praktizierte Therapie aufgrund einer (noch) unklaren Datenlage zu verwerfen. Allerdings ist wünschenswert, dass jedes der bei unseren Patienten angewandte Therapieverfahren seine Wirksamkeit in randomisierten kontrollierten Studien nachweist.

■ Relevanz für die Praxis

Das Wissen um die Evidenzlage eines therapeutischen Ansatzes kann zu mehr Transparenz bei der Auswahl der angewandten Verfahren und zu einer individuellen, auf die Funktionsstörungen zugeschnittenen Kombination von Verfahren beitragen. Verfahren mit gesichertem Wirksamkeitsnachweis sollten einen festen Platz in der neurologischen Rehabilitation erhalten.

Literatur:

- Sackett DL, Rosenberg WM, Gray JA, Haynes RB, Richardson WS. Evidence based medicine: what it is and what it isn't. *BMJ* 1996; 312: 71–2.
- Platz T. Rehabilitative Therapie bei Armparese nach Schlaganfall. *Neurol Rehabil* 2009; 15: 81–106.
- Liepert J. Evidenzbasierte Verfahren in der motorischen Rehabilitation. *Neurol Rehabil* 2009; 15: 228–33.
- Stoykov ME, Corcos D. A review of bilateral training for upper extremity hemiparesis. *Occup Ther Int* 2009; 16: 190–203.
- Taub E, Miller NE, Novack TA, Cook EW 3rd, Fleming WC, Nopmuceno CS, Connell JS, Crago JE. Technique to improve chronic motor deficit after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 1993; 74: 347–54.
- Wolf SL, Winstein CJ, Miller JP, Taub E, Uswatte G, Morris D, Giuliani C, Light KE, Nichols-Larsen D. Effect of constraint-induced movement therapy on upper extremity function 3 to 9 months after stroke: the EXCITE randomized clinical trial. *JAMA* 2006; 296: 2095–104.
- Wolf SL, Winstein CJ, Miller JP, Thompson PA, Taub E, Uswatte G, Morris D, Blanton S, Nichols-Larsen D, Clark PC. Retention of upper limb function in stroke survivors who have received constraint-induced movement therapy: the EXCITE randomised trial. *Lancet Neurol* 2008; 7: 33–40.
- Van der Lee JH, Wagenaar RC, Lankhorst GJ, Vogelaar TW, Deville WL, Bouter LM. Forced use of the upper extremity in chronic stroke patients: results from a single-blind randomized clinical trial. *Stroke* 1999; 30: 2369–75.
- Suputtitada A, Suwanwala NC, Tumvitee S. Effectiveness of constraint-induced movement therapy in chronic stroke patients. *J Med Assoc Thai* 2004; 87: 1482–90.
- Dahl A, Askim T, Stock R, Langørgen E, Lydersen S, Indredavik B. Short- and long-term outcome of constraint-induced movement therapy after stroke: a randomized controlled feasibility trial. *Clin Rehabil* 2008; 22: 436–47.
- Lin KC, Wu CY, Liu JS, Chen YT, Hsu CJ. Constraint-induced therapy versus dose-matched control intervention to improve motor ability, basic/extended daily functions, and quality of life in stroke. *Neurorehabil Neural Repair* 2009; 23: 160–5.
- Rosales RL, Chua-Yap AS. Evidence-based systematic review on the efficacy and safety of botulinum toxin-A therapy in post-stroke spasticity. *J Neural Transm* 2008; 115: 617–23.
- Simpson DM, Gracies JM, Graham HK, Miyasaki JM, Naumann M, Russman B, Simpson LL, So Y. Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. Assessment: Botulinum neurotoxin for the treatment of spasticity (an evidence-based review): report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2008; 70: 1691–8.
- Cardoso E, Pedreira G, Prazeres A, Ribeiro N, Melo A. Does botulinum toxin improve the function of the patient with spasticity after stroke? *Arq Neuropsiquiatr* 2007; 65: 592–5.
- Platz T, Winter T, Müller N, Pinkowski C, Eickhof C, Mauritz KH. Arm ability training for stroke and traumatic brain injury patients with mild arm paresis. A single-blind, randomized, controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82: 961–8.
- Platz T, Eickhof C, van Kaick S, Engel U, Pinkowski C, Kalok S, Pause M. Impairment-oriented training or Bobath therapy for severe arm paresis after stroke: a single-blind, multicenter randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2005; 19: 714–24.
- Platz T, van Kaick S, Mehrholz J, Lejdner O, Eickhof C, Pohl M. Best conventional therapy versus modular impairment-oriented training for arm paresis after stroke: a single-blind, multicenter randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair* 2009; 23: 706–16.
- Stewart KC, Cauraugh JH, Summers JJ. Bilateral movement training and stroke rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *J Neurol Sci* 2006; 15: 89–95.
- McCombe Waller S, Whitall J. Bilateral arm training: why and who benefits? *NeuroRehabilitation* 2008; 23: 29–41.
- Stoykov ME, Lewis GN, Corcos DM. Comparison of bilateral and unilateral training for upper extremity hemiparesis in stroke. *Neurorehabil Neural Repair* 2009; 23: 945–53.
- Kwakkel G, Kollen BJ, Krebs HI. Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review. *Neurorehabil Neural Repair* 2008; 22: 111–21.
- Mehrzholz J, Platz T, Kugler J, Pohl M. Electromechanical and robot-assisted arm training for improving arm function and activities of daily living after stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 2008; (4): CD006876.
- Lo AC, Guarino P, Krebs HI, Volpe BT, Bever CT, Duncan PW, Ringer RJ, Wagner TH, Richards LG, Bravata DM, Haselkorn JK, Wittenberg GF, Federman DG, Corn BH, Maffucci AD, Peduzzi P. Multicenter randomized trial of robot-assisted rehabilitation for chronic stroke: methods and entry characteristics for VA ROBOTICS. *Neurorehabil Neural Repair* 2009; 23: 775–83.
- Housman SJ, Scott KM, Reinkensmeyer DJ. A randomized controlled trial of gravity-supported, computer-enhanced arm exercise for individuals with severe hemiparesis. *Neurorehabil Neural Repair* 2009; 23: 505–14.
- Liu KP, Chan CC, Lee TM, Hui-Chan CW. Mental imagery for promoting relearning for people after stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85: 1403–8.

26. Dijkerman HC, Letswaart M, Johnston M, MacWalter RS. Does motor imagery training improve hand function in chronic stroke patients? A pilot study. *Clin Rehabil* 2004; 18: 538–49.
27. Page SJ, Levine P, Leonard A. Mental practice in chronic stroke: results of a randomized, placebo-controlled trial. *Stroke* 2007; 38: 1293–7.
28. Page SJ, Levine P, Sisto SA, Johnston MV. Mental practice combined with physical practice for upper-limb motor deficit in subacute stroke. *Phys Ther* 2001; 81: 1455–62.
29. Müller K, Bütefisch CM, Seitz RJ, Hömberg V. Mental practice improves hand function after hemiparetic stroke. *Restor Neurol Neurosci* 2007; 25: 501–11.
30. Page SJ, Levine P, Khoury JC. Modified constraint-induced therapy combined with mental practice: thinking through better motor outcomes. *Stroke* 2009; 40: 551–4.
31. Zimmermann-Schlatter A, Schuster C, Puhon MA, Siekierka E, Steurer J. Efficacy of motor imagery in post-stroke rehabilitation: a systematic review. *J Neuroeng Rehabil* 2008; 5: 8–14.
32. Rose L, Bakal DA, Fung TS, Farn P, Weaver LE. Tactile extinction and functional status after stroke. A preliminary investigation. *Stroke* 1994; 25: 1973–6.
33. Rood MS. Neurophysiological mechanisms utilized in treatment of neuromuscular dysfunction. *Am J Occup Ther* 1956; 10: 220–4.
34. Schabrun SM, Hillier S. Evidence for the retraining of sensation after stroke: a systematic review. *Clin Rehabil* 2009; 23: 27–39.
35. Altschuler EL, Wisdom SB, Stone L, Foster C, Galasko D, Llewellyn DM, Ramachandran VS. Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *Lancet* 1999; 353: 2035–6.
36. Miltner R, Simon U, Netz J, Hömberg V. Motor imagery in the therapy of patients with central motor deficit. *Neurol Rehabil* 1999; 5: 66–72.
37. Yavuzer G, Selles R, Sezer N, Sütbeyaz S, Bussmann JB, Köseoglu F, Atay MB, Stam HJ. Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89: 393–8.
38. Dohle C, Püllen J, Nakaten A, Küst J, Rietz C, Karbe H. Mirror therapy promotes recovery from severe hemiparesis: a randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair* 2009; 23: 209–17.
39. Cacchio A, De Blasis E, De Blasis V, Santilli V, Spacca G. Mirror therapy in complex regional pain syndrome type 1 of the upper limb in stroke patients. *Neurorehabil Neural Repair* 2009; 23: 792–9.
40. Meilink A, Hemmen B, Seelen HA, Kwakkel G. Impact of EMG-triggered neuromuscular stimulation of the wrist and finger extensors of the paretic hand after stroke: a systematic review of the literature. *Clin Rehabil* 2008; 22: 291–305.
41. Pomeroy VM, King L, Pollock A, Bailly-Hallam A, Langhorne P. Electrostimulation for promoting recovery of movement or functional ability after stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 2006; (2): CD003241.
42. de Kroon JR, van der Lee JH, Ijzerman MJ, Lankhorst GJ. Therapeutic electrical stimulation to improve motor control and functional abilities of the upper extremity after stroke: a systematic review. *Clin Rehabil* 2002; 16: 350–60.
43. Popovic DB, Popovic MB, Sinkjaer T, Stefanovic A, Schwirtlich L. Therapy of paretic arm in hemiplegic subjects augmented with a neural prosthesis: a cross-over study. *Can J Physiol Pharmacol* 2004; 82: 749–56.
44. Bolton DA, Cauraugh JH, Hausenblas HA. Electromyogram-triggered neuromuscular stimulation and stroke motor recovery of arm/hand functions: a meta-analysis. *J Neurol Sci* 2004; 223: 121–7.
45. Ring H, Rosenthal N. Controlled study of neuroprosthetic functional electrical stimulation in sub-acute post-stroke rehabilitation. *J Rehabil Med* 2005; 37: 32–6.
46. Kowalczewski J, Gritsenko V, Ashworth N, Ellaway P, Prochazka A. Upper-extremity functional electric stimulation-assisted exercises on a workstation in the subacute phase of stroke recovery. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 833–9.
47. Mansur CG, Fregni F, Boggio PS, Riberto M, Gallucci-Neto J, Santos CM, Wagner T, Rigonatti SP, Marcolin MA, Pascual-Leone A. A sham stimulation-controlled trial of rTMS of the unaffected hemisphere in stroke patients. *Neurology* 2005; 64: 1802–4.
48. Takeuchi N, Chuma T, Matsuo Y, Watanabe I, Ikoma K. Repetitive transcranial magnetic stimulation of contralesional primary motor cortex improves hand function after stroke. *Stroke* 2005; 36: 2681–6.
49. Takeuchi N, Tada T, Toshima M, Chuma T, Matsuo Y, Ikoma K. Inhibition of the unaffected motor cortex by 1 Hz repetitive transcranial magnetic stimulation enhances motor performance and training effect of the paretic hand in patients with chronic stroke. *J Rehabil Med* 2008; 40: 298–303.
50. Fregni F, Boggio PS, Valle AC, Rocha RR, Duarte J, Ferreira MJ, Wagner T, Fecteau S, Rigonatti SP, Riberto M, Freedman SD, Pascual-Leone A. A sham-controlled trial of a 5-day course of repetitive transcranial magnetic stimulation of the unaffected hemisphere in stroke patients. *Stroke* 2006; 37: 2115–22.
51. Liepert J, Zittel S, Weiller C. Improvement of dexterity by single session low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation over the contralesional motor cortex in acute stroke. A double-blind placebo-controlled crossover trial. *Restor Neurol Neurosci* 2007; 25: 461–5.
52. Dafotakis M, Grefkes C, Eickhoff SB, Karbe H, Fink GR, Nowak DA. Effects of rTMS on grip force control following subcortical stroke. *Exp Neurol* 2008; 211: 407–12.
53. Kirton A, Chen R, Friefeld S, Gunraj C, Pontigon AM, Deveber G. Contralesional repetitive transcranial magnetic stimulation for chronic hemiparesis in subcortical paediatric stroke: a randomised trial. *Lancet Neurol* 2008; 7: 507–13.
54. Nowak DA, Grefkes C, Dafotakis M, Eickhoff S, Küst J, Karbe H, Fink GR. Effects of low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation of the contralesional primary motor cortex on movement kinematics and neural activity in subcortical stroke. *Arch Neurol* 2008; 65: 741–7.
55. Khedr EM, Ahmed MA, Fathy N, Rothwell JC. Therapeutic trial of repetitive transcranial magnetic stimulation after acute ischemic stroke. *Neurology* 2005; 65: 466–8.
56. Kim YH, You SH, Ko MH, Park JW, Lee KH, Jang SH, Yoo WK, Hallett M. Repetitive transcranial magnetic stimulation-induced corticomotor excitability and associated motor skill acquisition in chronic stroke. *Stroke* 2006; 37: 1471–6.
57. Yozbatiran N, Alonso-Alonso M, See J, Demirtas-Tatlidede A, Luu D, Motiwal RA, Pascual-Leone A, Cramer SC. Safety and behavioral effects of high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation in stroke. *Stroke* 2009; 40: 309–12.
58. Hiscock A, Miller S, Rothwell J, Tallis RC, Pomeroy VM. Informing dose-finding studies of repetitive transcranial magnetic stimulation to enhance motor function: a qualitative systematic review. *Neurorehabil Neural Repair* 2008; 22: 228–49.
59. Legg LA, Drummond AE, Langhorne P. Occupational therapy for patients with problems in activities of daily living after stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 2006; (4): CD003585.
60. Paci M. Physiotherapy based on the Bobath concept for adults with post-stroke hemiplegia: a review of effectiveness studies. *J Rehabil Med* 2003; 35: 2–7.
61. Kollen BJ, Lennon S, Lyons B, Wheatley-Smith L, Scheper M, Buurke JH, Halfens J, Geurts AC, Kwakkel G. The effectiveness of the Bobath concept in stroke rehabilitation: what is the evidence? *Stroke* 2009; 40: e89–e97.
62. Tyson SF, Connell LA, Busse ME, Lennon S. What is Bobath? A survey of UK stroke physiotherapists' perceptions of the content of the Bobath concept to treat postural control and mobility problems after stroke. *Disabil Rehabil* 2009; 31: 448–57.
63. van de Port IG, Wood-Dauphinee S, Lindeman E, Kwakkel G. Effects of exercise training programs on walking competency after stroke: a systematic review. *Am J Phys Med Rehabil* 2007; 86: 935–51.
64. States RA, Pappas E, Salem Y. Overground physical therapy gait training for chronic stroke patients with mobility deficits. *Cochrane Database Syst Rev* 2009; (3): CD006075.
65. Mehrholz J, Werner C, Kugler J, Pohl M. Electromechanical-assisted training for walking after stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 2007; (4): CD006185.
66. Schwartz I, Sajin A, Fisher I, Neeb M, Shochina M, Katz-Leurer M, Meiner Z. The effectiveness of locomotor therapy using robotic-assisted gait training in subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *PM R* 2009; 1: 516–23.
67. Mirelman A, Bonato P, Deutsch JE. Effects of training with a robot-virtual reality system compared with a robot alone on the gait of individuals after stroke. *Stroke* 2009; 40: 169–74.
68. Ada L, Dean CM, Hall JM, Bampton J, Crompton S. A treadmill and overground walking program improves walking in persons residing in the community after stroke: a placebo-controlled, randomized trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2003; 84: 1486–91.
69. Nilsson L, Carlsson J, Danielsson A, Fugl-Meyer A, Hellstrom K, Kristensen L, Sjolund B, Sunnerhagen KS, Grimby G. Walking training of patients with hemiparesis at an early stage after stroke: a comparison of walking training on a treadmill with body weight support and walking training on the ground. *Clin Rehabil* 2001; 15: 515–27.
70. Suputtitanda A, Yoottanan P, Rarereng-Ying T. Effect of partial body weight support treadmill training in chronic stroke patients. *J Med Assoc Thai* 2004; 87 (Suppl 2): S107–S111.
71. Werner C, Von Frankenberg S, Treig T, Konrad M, Hesse S. Treadmill training with partial body weight support and an electro-

mechanical gait trainer for restoration of gait in subacute stroke patients: a randomized crossover study. *Stroke* 2002; 33: 2895–901.

72. Pohl M, Mehrholz J, Ritschel C, Rucknick S. Speed-dependent treadmill training in ambulatory hemiparetic stroke patients: a randomized controlled trial. *Stroke* 2002; 33: 553–8.

73. 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.

74. Macko RF, Ivey FM, Forrester LW, Hanley D, Sorokin JD, Katzel LI, Silver KH, Goldberg AP. Treadmill exercise rehabilitation improves ambulatory function and cardiovascular fitness in patients with chronic stroke: a randomized, controlled trial. *Stroke* 2005; 36: 2206–11.

75. Moseley AM, Stark A, Cameron ID, Pollock A. Treadmill training and body weight support for walking after stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 2005; (4): CD002840.

76. Hesse S, Werner C, von Frankenberg S, Bardeleben A. Treadmill training with partial body weight support after stroke. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2003; 14 (Suppl): S111–S123.

77. Teasell RW, Bhogal SK, Foley NC, Speechley MR. Gait retraining post stroke. *Top Stroke Rehabil* 2003; 10: 34–65.

78. Van Peppen RP, Kwakkel G, Wood-Dauphinee S, Hendriks HJ, Van der Wees PJ, Dekker J. The impact of physical therapy on functional outcomes after stroke: what's the evidence? *Clin Rehabil* 2004; 18: 833–62.

79. Hummel F, Celnik P, Giroux P, Floel A, Wu WH, Gerloff C, Cohen EG. Effects of non-invasive cortical stimulation on skilled motor function in chronic stroke. *Brain* 2005; 128: 490–9.

80. Ertel D, Small S, Solodkin A, Dettmers C, McNamara A, Binkofski F, Buccino G. Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke. *Neuroimage* 2007; 36 (Suppl 2): T164–T173.

81. Adamovich S, Fluet GG, Merians AS, Mathai A, Oiu O. Recovery of hand function in virtual reality. Training hemiparetic hand and arm together or separately. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2008; 2008: 3475–8.

82. Scheidtman K, Fries W, Muller F, Koenig E. Effect of levodopa in combination with physiotherapy on functional motor recovery after stroke: a prospective, randomized, double-blind study. *Lancet* 2001; 358: 787–90.

83. Liepert J. Pharmacotherapy in restorative neurology. *Curr Opin Neurol* 2008; 21: 639–43.

Prof. Dr. med. Joachim Liepert

Studium der Humanmedizin und Grundstudium der Philosophie an der Ruhr-Universität Bochum. Ausbildung zum Facharzt für Neurologie in Dortmund, Westerstede und Bochum. Oberarzt in den Neurologischen Universitätskliniken in Jena und Hamburg. Promotion 1999; Habilitation 1999, Ernennung zum Professor für Neurologie 2003. 1995/1996 Forschungsaufenthalt an den National Institutes of Health, Bethesda, USA. 2005/2006 Kommissarischer Direktor der Neurologischen Universitätsklinik Hamburg-Eppendorf, seit 2006 Ärztlicher Leiter der Neuro-Rehabilitation der Klinik Schmieder Allensbach. Derzeit außerplanmäßige Professur an der Universität Freiburg. Wissenschaftliche Schwerpunkte: Plastizität des Gehirns, Evaluation von Rehabilitationsmethoden.



Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere zeitschriftenübergreifende Datenbank

[Bilddatenbank](#)

[Artikeldatenbank](#)

[Fallberichte](#)

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

[Bestellung e-Journal-Abo](#)

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)