

Alte und neue Hypothesen in der Physiotherapie zur motorischen Funktionsrestitution nach zentralen Läsionen

S. Freivogel

Neurologisches Rehabilitationskrankenhaus, Jugendwerk Gailingen e. V., Gailingen

Zusammenfassung

Behandlungskonzepte zur motorischen Funktionsrestitution lassen sich durch die ihnen zugrundeliegende theoretische Konzeption definieren. In den sogenannten neurophysiologischen Behandlungskonzepten (Bobath, Vojta, PNF) wird von einer reflex-hierarchischen Organisation des ZNS ausgegangen, während neuere Behandlungsansätze von einer modular-heterarchischen Organisation und damit nicht mehr von einem Reiz-Reaktionsmodell, sondern vom ZNS als problemlösendem und lernendem System ausgehen. Eine kurzfristige Tonusreduktion ist als Resultat einer Therapie unzureichend. Ziel muß die Verbesserung selbständiger motorisch-funktionaler Fertigkeiten sein. Dies kann nur erreicht werden, wenn Funktionen und die dafür notwendigen posturalen Mechanismen zielorientiert geübt und die skeleto-muskulären Voraussetzungen verbessert werden. Bewegungsstrategien müssen auf das jeweilige Bewegungsziel hin optimiert werden, und nicht auf eine vermeintlich »physiologische« Bewegung.

Schlüsselwörter: Physiotherapie, motorische Funktionsrestitution, Fazilitation und Inhibition, Behandlungskonzepte, motorisches Lernen

Old and new concepts in physiotherapy about restitution of motor function following central lesions

S. Freivogel

Abstract

Treatment concepts in neurological physiotherapy are defined by an underlying scientific knowledge of brain function. The so-called »neurophysiologically« based treatment schemes (Bobath, Vojta, PNF) suppose – in a Sherringtonian view – that CNS is organised in a hierarchy of reflexes (stimulus-reaction-model). In contrast, modern treatment approaches regard CNS to be heterarchically and modularly organised, being an adaptive, learning and problem-solving system. Short time reduction of muscle tone does not suffice as a result of treatment. Its goal lies in improving independent motor skills. This can be achieved by repetitive training of specific motor skills (motor learning), its underlying postural mechanisms and by adjusting the skeletal muscular preconditions. Motor strategies should be optimised with respect to the aim of movement and not towards a supposed »psychological« movement.

Key words: Physiotherapy, restoration of motor function, facilitation and inhibition, treatment concepts, motor learning

Neurol Rehabil 1998; 4 (3-4): 119-124

Schon Förster hat 1936 [8] Vorschläge zur Übungsbehandlung bei zentralen Paresen gemacht. Diese sind jedoch nicht weiter entwickelt und von den krankengymnastischen Schulen kaum aufgenommen worden.

Unabhängig davon haben sich in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts, gestützt auf Arbeiten von Sherrington, Magnus und Jackson [31, 22, 16] (Tab. 1), Behandlungstechniken entwickelt, die sich auf eine neurophysiologische Grundlage berufen (Bobath, PNF, Vojta) [4, 20, 35]. Diese neurophysiologischen Techniken nehmen für sich in Anspruch, direkt am zentralen Nervensystem wirksam zu sein im Gegensatz zu der vorher gebräuchlichen Übungsbehandlung, der nur ein peripher am Muskel ansetzender Effekt attestiert wurde.

Die verschiedenen neurophysiologischen Behandlungskonzepte (Bobath, PNF, Vojta) sind in ihrer Technik zwar sehr unterschiedlich, gehen aber von gemeinsamen Grundannahmen aus. Grundannahme ist die reflex-hierarchische Organisation des ZNS und der Bewegungsentwicklung. Angenommen wird dabei, daß die höheren kortikalen Strukturen die tiefer gelegenen motorischen Kerngebiete kontrollieren und daß die Bewegungsentwicklung in Entwicklungsstufen (»Meilensteinkonzept«) erfolgt und eine Hemmung spinaler und supraspinaler Reflexmotorik bedeutet. In diesem Modell stellt eine zentrale Läsion einen Verlust der kortikalen Kontrolle und damit eine Entthemmung der tiefer gelegenen neuronalen Strukturen dar.

Abnorme Bewegungsmuster ebenso wie die Tonuserhöhung sind Folge dieser fehlenden Hemmung. Sowohl in der motorischen Entwicklung als auch nach ZNS-Läsionen erfolgt der Erwerb motorischer Funktionen in einer klar determinierbaren Weise von proximal nach distal sowie von kranial nach kaudal; Kopfkontrolle wird vor Drehen und Aufsitzen, Sitzen vor Stehen, Stehen vor Gehen und Schulterbewegungen vor der Handmotorik erworben.

- Das Gehirn kontrolliert Bewegungen und nicht Muskeln [16].
- Bewegungskontrolle und Bewegungsentwicklung sind hierarchisch [16, 31].
- Sensorischer Input bestimmt motorischen Output [22, 31].

Tab.1: Grundsätze der Physiotherapie

Bewegungsentwicklung wird verstanden als zunehmende kortikale Kontrolle über die tiefer gelegenen »niedrigeren« neuronalen Strukturen. Werden die Stufen der Bewegungsentwicklung nicht eingehalten, wird befürchtet, daß die gewünschte Kortikalisierung motorischer Funktionen nicht stattfindet. Diese Überlegungen begründen die Forderung, höhere motorische Leistungen wie Stehen und Gehen erst dann zu üben, wenn niedrigere motorische Funktionen wie Drehen oder Aufsitzen bei normaler Tonusentwicklung möglich sind.

Zentrale Bedeutung für die Formulierung therapeutischer Konzepte hatte die klinisch-praktische Erfahrung, daß Bewegungsmuster durch sensible/sensorische Reize verändert werden können. Darauf und auf die theoretischen Arbeiten von *Sherrington* und *Magnus* abgestützt, hat sich das Paradigma: »sensorischer Input bestimmt motorischen Output« entwickelt und in der Folge das Fazilitations/Inhibitionskonzept. Durch die entsprechenden propriozeptiven Reize werden die gewünschten normalen Bewegungsmuster fazilitiert und die unerwünschten pathologischen inhibiert. Die Fazilitation/Inhibition der gewünschten Bewegungsmuster erfolgt als taktile/propriozeptive Stimulation über sogenannten Schlüsselpunkten (u. a. proximale Extremitätengelenke, Halswirbelsäule [Bobath], Hautarealen [Bobath, Vojta]) oder über eine Dehnung von Muskelspindeln und exterozeptive Stimuli (PNF). Implizite Annahme ist, daß bei ausreichender Wiederholung des mit der entsprechenden Stimulation korrigierten Bewegungsablaufs ein Bewegungsmuster sich nicht nur kurzzeitig verändert, sondern daß dadurch strukturelle Veränderungen im ZNS und damit lang andauernde Effekte bewirkt werden können. Die Vorstellung ist, daß sich dadurch im ZNS die richtigen synaptischen Verbindungen etablieren und damit ein normaler Bewegungsablauf »gebahnt« wird. Werden stattdessen die unerwünschten, pathologischen Bewegungsmuster benützt, werden die falschen synaptischen Verbindungen ausgebildet und damit das pathologische Muster im ZNS fixiert, »eingeschliffen«. Die Chance für den Erwerb normaler physiologischer Bewegungsmuster wird dadurch endgültig verspielt. Geht man von dieser Annahme aus,

muß folgerichtig entweder die unerwünschte Aktivität vermieden werden oder die Korrektur der pathologischen Bewegungsmuster nicht nur im Rahmen der krankengymnastischen Behandlung stattfinden, sondern bei allen Aktivitäten eines Patienten. Auf dieser Vorstellung begründet sich das sogenannte »24-Stunden-Konzept« (Bobath) [6], bei dem alle betreuenden Personen angewiesen werden, unerwünschte motorische Reaktionen durch eine Veränderung des sensiblen Inputs zu inhibieren, und selbständige Aktivitäten eines Patienten so lange unterbleiben müssen, bis ein normaler Bewegungsablauf bei einer normalen Tonusentwicklung möglich ist.

Auf neuronaler Ebene bedeutet Fazilitation eine Verbesserung der Entladungsbereitschaft des Alpha-Motoneurons, so daß auch bei nur geringer Impulsdichte kortiko-spinaler Erregungen Aktionspotentiale und damit eine Muskelkontraktion ausgelöst werden. Inhibition bedeutet umgekehrt, die Entladungsbereitschaft des Alpha-Motoneurons zu vermindern, so daß durch segmentale oder supra-spinal deszendierende Erregungen keine überschießende Muskelkontraktion bzw. eine spastische Reaktion ausgelöst wird. Das Prinzip von Fazilitation und Inhibition ist im Kern unbestritten. Es wird durch neuere Arbeiten bestätigt [10] und ist auch auf kortikale Motoneurone übertragbar [2, 15]. Motivation, Intention, Aktivierung gegen Widerstand oder die Aktivierung der nicht paretischen Seite können als zentrale Fazilitationsmechanismen verstanden werden. Es läßt sich hingegen bezweifeln, ob inhibierende und fazilitierende Maßnahmen gleichzeitig parallel angewendet werden können. Dies wäre jedoch notwendig, um einerseits eine überschießende spastische Tonusentwicklung zu vermindern und andererseits dem zentral gelähmten Muskel eine ausreichende Aktivierung zu ermöglichen. Nicht bestätigt hat sich in der klinischen Anwendung auch die Annahme, daß nach einer vorangehenden Inhibition nachfolgend eine verbesserte selbständige Bewegungsausführung gegeben ist. So ist z. B. durch die inhibierenden Maßnahmen der Bobath-Methode wie langsames Bewegen, Bewegen unter Gewichtsabnahme zwar eine verminderte Tonusentwicklung beobachtbar, aber nicht, wie erwartet wird, eine nachfolgende verbesserte selbständige Bewegungsfähigkeit bei normaler Tonusentwicklung.

Mit anderen Worten, die Verminderung der Spastik führt nicht automatisch zu einem Funktionsgewinn [18]. Therapeutische Maßnahmen dürfen sich deshalb nicht darin erschöpfen, durch inhibitorische Techniken eine Tonussenkung zu bewirken oder umgekehrt durch fazilitierende Maßnahmen Aktivität »herauszukitzeln«, sondern müssen immer darauf hinzielen, daß Bewegungen ziel- und funktionsorientiert und ohne äußere Stimulation möglich werden [9, 12]. Wird dem nicht Rechnung getragen, erschöpft sich – entgegen der eigentlichen Intention der neurophysiologischen Konzepte – die Wirkung von Fazilitation und Inhibition auf der Ebene von Muskelaktivierung und -inaktivierung.

In letzter Zeit wurde zunehmend Kritik an den erwähnten neurophysiologischen Behandlungskonzepten geübt, da in

vergleichenden Effizienzuntersuchungen keine Überlegenheit der »neurophysiologischen« Methoden gegenüber der traditionellen Übungsbehandlung im Erwerb von selbständigen motorisch funktionellen Fertigkeiten aufgezeigt werden konnte. Übersichten hierzu geben *Odaka* [27] und *Hummelsheim* [14].

Kontrovers diskutiert wird die Rolle der einzelnen Sinnessysteme in ihrer Bedeutung für die motorische Funktionsrestitution und damit auch die in jüngerer Zeit entwickelten Behandlungskonzepte (Affolter-, Perfetti-Konzept [1, 29]), die die Rolle der somato-sensiblen Afferenzen für die Restitution motorischer Leistungen betonen. Ausgangspunkt der Diskussion um die Bedeutung der somato-sensiblen Afferenz sind die 1895 publizierten Experimente von *Mott* und *Sherrington* [24], die bei Affen mit einer Durchtrennung der Hinterwurzeln den sensiblen Einstrom einer oberen Extremität ausschalteten und zeigen konnten, daß die Affen den deafferentierten Arm weder zum Klettern noch zum Greifen einsetzten. Darauf stützen sich die Annahme »Man kann nur bewegen, wenn man spürt« und die Forderung, daß vor der Wiederherstellung motorischer Funktionen die Förderung der sensiblen Afferenz zu stehen hat. Diese Annahme wurde jedoch in Frage gestellt, als *Knapp, Taub* und *Bermann* [19] zeigen konnten, daß die deafferentierten Affen sehr wohl in der Lage waren, zielgerichtet zu bewegen und auch Bewegungen unter visueller Kontrolle zu lernen. Voraussetzung war, daß sie entsprechend trainiert wurden und die Bewegungen einen genügend großen Anreiz darstellten.

Rothwell [30] konnte schließlich an Patienten mit sensiblen, peripheren Neuropathien die Bedeutung der sensiblen Afferenz zur Fehlerkontrolle bei Kraftdosierung und Zielbewegungen nachweisen, zeigte aber auch auf, daß durch die visuelle Information die fehlende somato-sensible Afferenz weitgehend kompensiert werden kann.

Bedeutsam für die Bewertung von Therapiestrategien, die die Förderung der somato-sensiblen Afferenz in den Vordergrund stellen, sind die Arbeiten von *Jenkins* [17] und *Pause* [28]. *Jenkins* konnte belegen, daß sich sensible kortikale Areale sowohl nach zentraler als auch nach peripherer Läsion durch ein Sensibilitätsstraining umstrukturieren. Diese Umstrukturierung findet jedoch bei nur passiver Applikation von sensiblen Reizen nicht statt, sondern nur dann, wenn eine Aufmerksamkeit für den entsprechenden Reiz vorhanden ist und eine Rückmeldung über die Empfindung gegeben wird. Klinisch bestätigt wird dies durch eine Arbeit von *Pause*, der aufzeigen konnte, daß sich durch ein Sensibilitätsstraining mit der Paarvergleichsmethode eine Verbesserung feinmotorischer Leistungen bei zentralparetischen Patienten erzielen läßt. Bei dieser Versuchsanordnung wurden fehlerhafte Entscheidungen des Patienten ebenfalls durch den Untersuchungsleiter verbal oder visuell korrigiert. Mit anderen Worten, Sensibilitätsstraining stellt eine Form des Lernens dar und ist nur dann erfolgreich, wenn eine entsprechende Rückmeldung erfolgt. Dies ist beim Affolter-Konzept, bei dem ein passives Führen ohne verbale Rückmeldung oder Reflexion zur

Vermittlung taktil-kinästhetischer Information im Zentrum der Bemühungen steht, nicht der Fall, während im Perfetti-Konzept, bei dem die Interpretation unterschiedlicher Oberflächen und das Erkennen unterschiedlicher Gelenkstellungen verlangt wird, das Prinzip des Lernens aufgenommen wird.

Neben der somato-sensiblen haben auch die visuellen und die vestibulären, beschränkt auch akustische Afferenzen für die Planung, Kontrolle und Korrektur eines Bewegungsablaufes Bedeutung. Welches Sinnessystem vorrangig benützt wird, ist abhängig vom Alter des Individuums, vom Automatisierungsgrad der Bewegung sowie von den jeweiligen Umgebungsbedingungen [25, 32]. Grundsätzlich gilt, daß nur die Fernsinne motorische Handlungen ermöglichen, die eine Interaktion mit nicht im Greifraum liegenden Objekten verlangen, und insbesondere die visuelle Information eine feed-forward-Kontrolle erlaubt [7].

Moderne therapeutische Konzeptionen streiten sich nicht mehr über die Bedeutung der einzelnen Sinnessysteme für die Bewegungskontrolle, sondern gehen davon aus, daß das ZNS aus dem Angebot an Afferenzen diejenigen auswählt, die unter den jeweiligen Bedingungen am geeignetsten sind, einen Bewegungsablauf zu optimieren [9, 12].

Grundannahme moderner therapeutischer Konzeptionen ist eine modular-heterarchische Organisation des ZNS. Ausgegangen wird dabei von einer Vielzahl von neuronalen Strukturen, die in ihrer Gesamtheit für Planung, Initiierung, Ausführung und Korrektur einer Bewegung verantwortlich sind und denen eine dynamische Interaktion möglich ist. Das ZNS wird als selbstorganisierendes, problemlösendes und lernendes System betrachtet, das in der Lage ist, Bewegungsabläufe auf ein Ziel hin zu organisieren und zu optimieren [9, 12].

Diese neue Sichtweise verlangt auch eine neues therapeutisches Vorgehen, das davon ausgeht, daß motorische Rehabilitation aktives Problemlösen, Lernen und Kompensation bedeutet. Auf Grund dieser Betrachtungsweise kann z. B. das zirkumduzierende Gehen des Hemiplegikers als adaptive Leistung des ZNS bewertet werden, eine funktionelle Anforderung auch unter veränderten zentralnervösen Bedingungen zu bewältigen. Eine Therapie, die von diesem Ansatz ausgeht, sieht darin nicht mehr ein pathologisches Muster, das es zu hemmen gilt, sondern bewertet es im Gegenteil positiv, als die diesem verletzten Gehirn mögliche Kompensation zur Lösung einer funktionellen Anforderung. Bewegungsstrategien eines Patienten werden primär danach beurteilt, ob ein Bewegungsziel erreicht wird, und nicht vor dem Hintergrund der sogenannten normalen Bewegung. Sie können so lange toleriert werden, wie sie keine Gefährdung des Patienten darstellen. Therapeutisches Vorgehen ist es, Aufgaben zu stellen, die vom Patienten eine aktive Problemlösung verlangen. Die gestellten Anforderungen müssen zielorientiert und funktionell sein. Dieser therapeutische Ansatz wird auch als systemorientiertes Vorgehen bezeichnet. Welche Faktoren dabei zu beachten sind, wird im folgenden thesenhaft skizziert.

Posturale Kontrolle

Wie sehr die Ausführung einer Willkürbewegung mit der entsprechenden posturalen Stabilisierung zusammenhängt, wird schon 1967 durch Arbeiten von *Belen'kii* [3] aufgezeigt. Wird im Stehen eine Elevation des Armes verlangt, zeigt sich in den Rumpffextensoren und den dorsalen Beinmuskeln im EMG eine Aktivierung vor der Aktivierung von *M. deltoideus* und den anderen Armmuskeln. Wird die gleiche Aufgabe hingegen im Liegen ausgeführt, ist keine Aktivität der dorsalen Beinmuskeln vorhanden. Die Aktivierung von Rückenstreckern und den dorsalen Beinmuskeln im Stehen ist funktionell zu erklären und sinnvoll, weil dadurch das Gewicht des nach vorne geführten Armes (»antizipatorisch«) kompensiert wird, um die posturale Stabilität während der Bewegung zu gewährleisten. Wird die Armhebung nur im Liegen geübt, entfällt diese Aktivierung und damit auch eine Voraussetzung für die Verbesserung des Bewegungsablaufes im Stehen. Dies bedeutet, daß höhere motorische Leistungen nicht in niedrigeren Ausgangsstellungen erarbeitet werden können, weil diese hinsichtlich der posturalen Kontrolle ganz andere Bedingungen stellen. Verbessert werden kann die posturale Kontrolle auch nicht, wie die Arbeiten von *Hirschfeld* [11] zeigen, wenn der Patient durch den Therapeuten passiv stabilisiert wird, sondern nur, wenn die Schwerpunktstabilisation durch den Patienten selber erfolgt. Aufgabe des Therapeuten ist es jedoch, den Schwerpunkt des Patienten so zu manipulieren, daß eine Aktivierung in den erwünschten Muskeln ausgelöst wird. Eine gute Möglichkeit zum Üben der posturalen Kontrolle stellen bewegliche Unterstützungsflächen (Wippen, Schaumstoffunterlagen etc.) dar [9]. Bewegliche Unterstützungsflächen können sowohl im Sitzen, im Stehen als auch beim Gehen eingesetzt werden. Günstig ist auch ein Training mit Posturographie-Systemen, bei denen die Schwankungen des Körperschwerpunktes visuell rückgemeldet werden (»postural sway biofeedback«) und die Aufgabe des Patienten darin besteht, den Schwankungsgrad des Schwerlots zu minimieren [33].

Motorisches Lernen

Der Wiedererwerb motorischer Fähigkeiten nach Läsion des ZNS bedeutet motorisches Lernen. Deshalb müssen in die Behandlungskonzepte auch lerntheoretische Grundsätze [23] mit einfließen. So wird z. B. ein Bewegungsablauf schneller erlernt, wenn klar erkennbare Zielvorgaben vorhanden sind, der Sinn einer Bewegung klar ist und die Erreichung des Bewegungsziels rückgemeldet wird. Unbestritten ist, daß motivationale Aspekte beim Bewegungsler-

nen eine wesentliche Bedeutung haben. Deshalb ist es sinnvoll, vorrangig die Funktion zu üben, für die von seiten des Patienten eine hohe Bereitschaft besteht.

Bütefish [5] konnte zeigen, daß sich bei repetitivem Üben von Greifbewegungen sowohl Kontraktionskraft als auch Kontraktions- und Dekontraktionsgeschwindigkeit verbessern. Dies bestätigt die Annahme, daß sich durch die Wiederholung ein Bewegungsablauf und damit das neuronale Programm für diese Bewegung optimiert. Als repetiti-

	Reflex-Hierarchische Organisation	Modular-Heterarchische Organisation
ZNS	- Hierarchische Organisation, höhere Strukturen kontrollieren niedrigere Strukturen	- Modulare Vorstellung - Netzwerk von Subsystemen - Dynamische Interaktion der diversen Subsysteme
Bewegungsauslösend	- Sensorischer Input	- Intension - Motorische Programme - Sensorischer Input
Läsion/ Erholung	- Enthemmung niedriger Reflexebenen - Erholung folgt den motorischen Entwicklungsschritten	- Aktives Problemlösen - Motorisches Wiedererlernen - Kompensation
Behandlungskonzepte	- Fazilitation normaler Bewegungsmuster mit propriozeptivem Input - Inhibition des erhöhten Muskeltonus und der primitiven Reflexe - Verhindern pathologischer motorischer Aktivität zum Schutz des ZNS	- Problemlösendes Vorgehen - Zielorientiertes Vorgehen - Bewegungsanalyse zur Identifikation funktionell kritischer Parameter - Entwicklung effektiver Kompensationsmechanismen

Tab. 2: Reflex-Hierarchische Organisation – Modular-Heterarchische Organisation (modifizierte Abbildung nach Hirschfeld)

ves Üben ist auch das Lokomotionstraining auf dem Laufband zu betrachten. Wird dabei durch den Fallschirmgurt Gewicht abgenommen, sind auch abgeschwächte Muskeln in der Lage, das ihnen mögliche Maß an Kraftgenerierung zu aktivieren und ihre Kraftleistung entsprechend zu verbessern. Der Vorteil der Fallschirmgurt-aufhängung besteht darin, daß damit entsprechend zur Kontraktionskraft Gewicht abgenommen wird, es aber zu keinem passiven Halten und nur zu unwesentlichen Veränderungen der Schwerpunkt-lage kommt.

Lee [21] konnte zeigen, daß sich die aktive Pro- und Supination im Unterarm beim Schlagen einer Trommel deutlicher verbesserten als beim isolierten Üben dieser Bewegungen und weist damit auf die Wichtigkeit des ziel- und aufgabenorientierten Übens auch für die Repetition hin. Angenommen wird, daß für den Erwerb und die Optimierung von Bewegungsabläufen die Repetition unter gleich-

bleibenden Bedingungen (»closed skill«) von Bedeutung ist, hingegen braucht es für die Retention und den Transfer von Bewegungsabläufen zusätzlich das Üben unter wechselnden Bedingungen (»open skill«), d. h. in Alltagssituationen [23].

Skeleto-muskuläre Voraussetzungen

Bei spastischen Paresen kommt es im Laufe der Zeit zu Veränderungen der passiv-mechanischen Eigenschaften eines Muskels [13, 26], die sich als muskuläre Verkürzungen darstellen. Muskuläre Verkürzungen setzen der Willküraktivität des jeweiligen Antagonisten einen mechanisch zu definierenden Widerstand entgegen. Dieser Widerstand verstärkt die Insuffizienz des paretisch abgeschwächten Antagonisten. Nimmt die Verkürzung im Laufe der Zeit zu, kann daraus ein Funktionsverlust resultieren. Adäquate Gegenmaßnahme ist das Dehnen der verkürzten Muskeln. Eingesetzt werden können passiv-manuelle Dehnungen, bei denen die verkürzten Muskeln bei Entspannung durch Entfernung von Ansatz und Ursprung des entsprechenden Muskels passiv gedehnt werden und funktionell aktive Dehnungen, bei denen die Dehnung unter Gewichtsbelastung erfolgt, z. B. für den M. gastrocnemius durch Stehen mit Unterschenkelvorverlagerung oder für die Handgelenksbeuger durch Stützen. Zur Dehnung können auch Dehnlagerungen, Lagerungsschienen und zirkuläre Gipse eingesetzt werden [8, 9]. Durch die Dehnungen kommt es nicht nur zu einer Tonusverminderung, sondern auch zu einer Zunahme der Zahl der Sarkomere und damit zu einem strukturellen Längengewinn der verkürzten Muskulatur [34]. Ist auf Grund von Paresen eine aktive Stabilisierung von Gelenkstellungen nicht möglich, müssen zur Verbesserung funktioneller Fähigkeiten entsprechende Orthesen eingesetzt werden. Eine große funktionelle Bedeutung haben Innenschuhe, Schienen und Schuhzurichtungen zur passiven Stabilisierung von unteren und/oder oberen Sprunggelenken.

Beim systemorientierten Vorgehen werden motorische Fertigkeiten und die dafür notwendige Kraftentwicklung zielorientiert und selbständig geübt. Therapeutische Aufgabe ist es, den Schwierigkeitsgrad der gestellten motorischen Anforderungen an die jeweiligen Möglichkeiten des Patienten anzupassen und kontinuierlich zu steigern sowie abzuklären, ob durch den Einsatz von Hilfsmitteln (z. B. Gehstützen, Schienen oder Schuhzurichtungen) die Bewältigung funktioneller Anforderungen möglich wird.

Dieser Behandlungsansatz kann auf den einfachen Nenner gebracht werden: »Man lernt nur das, was man macht, und kann diese Funktion nur verbessern, wenn man sie übt«. Grundsätzlich gilt deshalb, daß Stehen nur im Stehen und Gehen nur im Gehen erlernt werden kann. Bewegungsstrategien eines Patienten müssen auf ein Bewegungsziel hin optimiert werden, und nicht vor dem Hintergrund eines vermeintlich »physiologischen« Bewegungsablaufs. Die Verbesserung der motorisch-funktionellen Leistungen muß regelmäßig mit standardisierten Skalen überprüft werden [9].

Literatur

- Affolter F: Wahrnehmung, Wirklichkeit und Sprache. Neckar-Verlag, Villingen-Schwenningen 1987
- Asanuma H, Stoney SD, Abzug C: Relationship between afferent input and motor outflow in cat motor sensory cortex. *J Neurophysiol* 1968; 31: 670-681
- Belen'kii VY, Gurfinkel VS, Pal'tsev I: Elements of control voluntary movements. *Biofizika* 1967; 12 (1): 135-141
- Bobath B: Die Hemiplegie Erwachsener. Thieme Verlag, Stuttgart 1980
- Bütefisch CH, Hummelsheim H et al: Repetitive training of isolated movements improves the outcome of motor rehabilitation of the centrally paretic hand. *J Neurol Sci* 1995; 130: 59-68
- Davies PM: Hemiplegie. Springer Verlag, Berlin 1986
- Dietz V, Noth J: Pre-innervation and stretch responses of triceps brachii in man falling with and without visual control. *Brain Res* 1978; 142: 576-579
- Foerster O: Übungstherapie. In: Bumke O, Foerster O (Hrsg): Handbuch der Neurologie. Julius Springer Verlag, Berlin 1936
- Freivogel S: Motorische Rehabilitation nach Schädelhirntrauma. Pflaum Verlag, München 1997
- Hagbarth KE: Excitatory and inhibitory skin areas for flexor and extensor motoneurons. *Acta Physiol Scand* 1952; 94: 1-58
- Hirschfeld H: Postural Control: Acquisition and integration during development. In: Forssberg H, Hirschfeld H (eds): *Movement Disorders in Children*. Med Sport Sci 1996; 36: 199-208
- Hirschfeld H: Theories of motor control. In Fries W (Hrsg): *Ambulante und teilstationäre Rehabilitation von Hirnverletzten*. Zuckschwerdt Verlag, München 1996, 61-74
- Hufschmidt A, Mauritz KH: Chronic transformation of muscle in spasticity: a peripheral contribution to increased tone. *J Neurol Neurosurg Psych* 1985; 48: 676-685
- Hummelsheim H: Die Rehabilitation zentraler Lähmungen – eine Standortbestimmung. *Akt Neurologie* 1996; 23: 7-14
- Hummelsheim H, Mauritz KH: Neurophysiologische Grundlagen krankengymnastischer Übungsbehandlung bei Patienten mit zentralen Hemiparesen. *Fortschr Neurol Psychiat* 1993; 61: 108-216
- Jackson JH (1873/1958) On the anatomical and physiological localisation of movement in the brain. In: Taylor J (ed): *Selected writings of John Hughlings Jackson*. Basic Books, New York
- Jenkins WM, Merzenich MM et al: Functional reorganization of primary somatosensory cortex in adult owl monkeys after behaviorally controlled tactile stimulation. *J Neurophysiol* 1990; 63: 82-104
- Katz RT, Rymer WZ: Spastic hypertonia: Mechanisms and measurement. *Arch Phys Med Rehabil* 1989; 70: 144-155
- Knapp HD, Taub E, Bermann AJ: Movements made in monkeys with deafferented forelimbs. *Exp Neurol* 1963; 7: 305-313
- Knott M, Voss DE: *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation*. Harper & Row, New York 1968
- Lee TD, Swanson LR, Hall AL: What is repeated in a repetition? Effects of practice conditions on motor skill acquisition. *Phys Ther* 1991; 71: 150-156
- Magnus R, de Kleyn A: Die Abhängigkeit des Tonus der Extremitätenmuskeln von der Kopfstellung. *Pflügers Arch ges Physiol* 1912; 145: 455-548
- Majsak MJ: Application of motor learning Principles to the stroke population. *Top Stroke Rehabil* 1996; 3 (2): 27-59
- Mott F, Sherrington CS: Experiments upon the influence of sensory nerves upon movement and nutrition of the limbs. *Proc R Soc London* 1985; 57: 481-488
- Mulder T, Nienhuis B, Pauwels J: Prediction of independent mobility following damage to the nervous system. In: Fries W (Hrsg): *Ambulante und teilstationäre Rehabilitation von Hirnverletzten*, Zuckschwerdt Verlag München 1996: 52-60
- O'Dwyer NJ, Ada L, Neilson PD: Spasticity and muscle contracture following stroke. *Brain* 1996; 119: 1737-1749
- Odaka B: Evaluation of specific physiotherapeutic techniques: a review. In: Mauritz KH, Hömberg V (Hrsg): *Neurologische Rehabilitation*, 2. Hans Huber Verlag, Bern 1992, 232-237

28. Pause M, Kern E, Haller M, Hömberg V: Einfluss eines somatosensiblen Schwellentrainings auf die Handmotorik bei normalen Versuchspersonen und bei Patienten mit Hemiparesen. Dt. Ges f Neurol Rehab, Bonn 1990, 19-25
29. Perfetti C: Der hemiplegische Patient. Pflaum Verlag, München 1997
30. Rothwell JC, Traub, MM, Day BL et al: Manual motor performance in a deafferented man. Brain 1982; 105: 515-542
31. Sherrington CS: The integrative action of the nervous system. Yale University Press, New Haven o. J.
32. Shumway-Cook A: Role of the vestibular system in motor development: theoretical and clinical issues. In: Forssberg H, Hirschfeld H (eds): Movement Disorders in Children. Med Sport Sci, Karger Basel 1992; 36: 209-216
33. Shumway-Cook A, Anson D, Haller S: Postural sway biofeedback: its effects on reestablishing stance stability in hemiplegic patient. Arch Phys Med Rehabil 1988; 69: 395-400
34. Tardieu C, Huet de la Tour E, Bret MD, Tardieu G: Muscle hypoextensibility in children with cerebral palsy: I. clinical and experimental observations. Arch Phys Med Rehabil 1982; 63: 97-102
35. Vojta V, Peters A: Das Vojta-Prinzip. Springer Verlag, Berlin 1992

Korrespondenzadresse:

Susanna Freivogel
Itd. Krankengymnastin
Jugendwerk Gailingen
Kapellenstraße 31
78262 Gailingen