

Forced Use Therapy

Angewandte Neurowissenschaft

ABSTRACT

Ergotherapeut*innen sind Alltagsspezialist*innen. Das Training der Aktivitäten des täglichen Lebens gehört zu den Standards in der ergotherapeutischen Neurorehabilitation, wobei hier häufig Kompensationsstrategien zum Einsatz kommen. Um unseren Beruf weiterzuentwickeln und die Qualität unserer Arbeit stetig zu verbessern, ist es wesentlich, vor allem die Funktion und somit den Einsatz der mehr betroffenen Seite im Alltag zu trainieren. *Forced Use Therapy* ist hierbei eine geeignete Methode, um den Übergang zwischen der Wiedererlangung motorischer Kontrolle und dem Einsatz der mehr betroffenen Extremität im Alltag zu erreichen.

AUTORIN



Sandra Pirkfellner, MSc.

Ergotherapeutin,
Forced Use Specialist nach Utley/Woll,
freiberufliche Ergotherapeutin, i.A. zur
Forced Use Specialist-Instruktorin nach
Utley/Woll
spirkfellner@hotmail.com

Neurorehabilitation als medizinische Richtung ist etwa 100 Jahre alt. Überlebende Soldaten aus dem 1. Weltkrieg wieder mobilisiert werden und stellten Pfleger*Innen vor neue Herausforderungen. Das Gehirn war damals wie eine Black Box, Ärzte und Ärztinnen konnten nur anhand von Beobachtungen Theorien über Ausfälle und Prognosen aufstellen (Frommelt, 2010). Durch die Entwicklung der Bildgebung, wie Magnetresonanztomographie oder PET-Scans, konnte mittlerweile viel über das menschliche Gehirn gelernt werden. Als Professionsangehörige gehört es nun zu unseren Pflichten als Therapeut*innen, aus der Neurorehabilitationsforschung zu lernen und Erkenntnisse kompetent in der Praxis umzusetzen.

Jan Utley und Susan Woll, Physiotherapeutinnen und Bobath Instruktorinnen aus Amerika, setzten sich im Streben nach Weiterentwicklung ihrer Kompetenzen mit den Ergebnissen aus der Neurorehabilitationsforschung, wie von Dr. Carolee Winstein, Dr. Steven Wolf, oder Dr. Eduard Taub auseinander und ließen diese Aspekte in ihre therapeutische Praxis einfließen. Daraus wurden erste Behandlungsstrategien mit Schwerpunkt auf den forcierten Gebrauch der mehr betroffenen Extremitäten zur Wiedererlangung der motorischen Kontrolle, entwickelt. Die *Forced Use Therapy nach Utley/Woll* entstand.

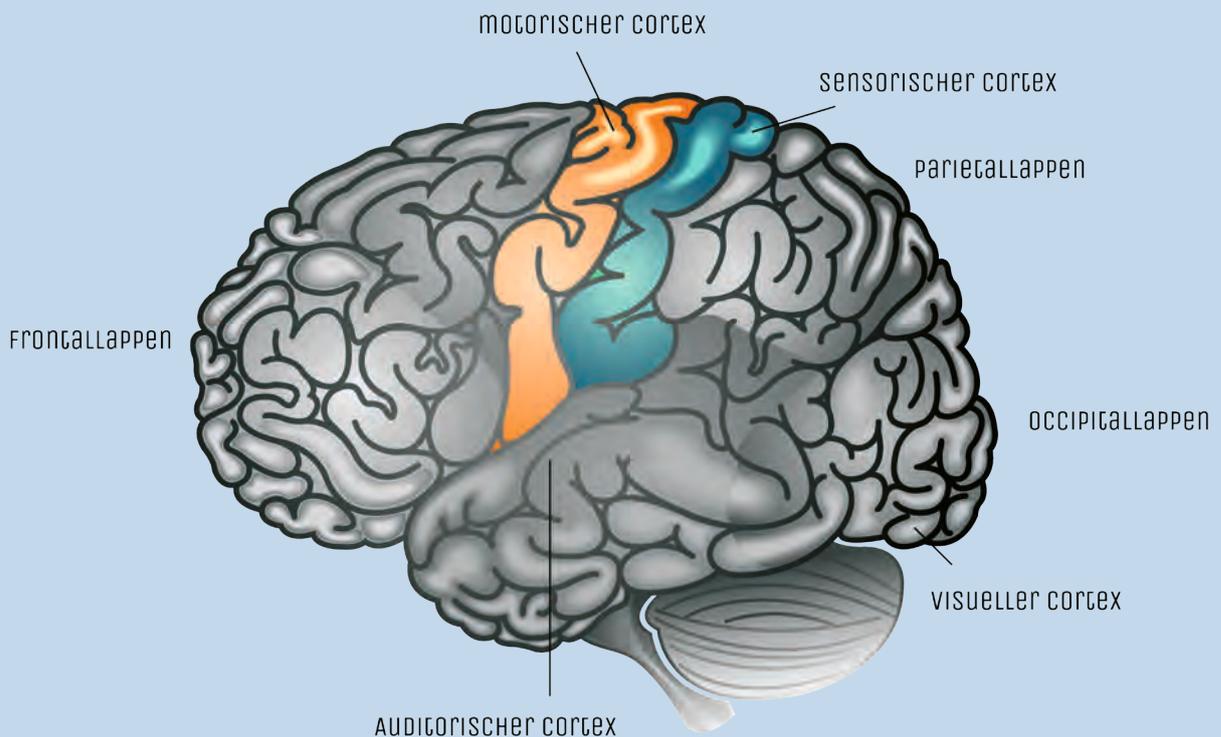
Um Klient*innen erfolgreiche Rehabilitation zu ermöglichen, ist es wesentlich, die Vorgänge im menschlichen Gehirn zu verstehen. Auf diese Weise können Klient*innen durch besseres Verständnis motiviert und angeregt werden, gleichzeitig können Therapeut*innen mit dem richtigen Hintergrundwissen therapeutische Maßnahmen stets an die Bedürfnisse ihrer Klient*innen anpassen und reflektieren.

Um das Forced Use Therapy-Konzept besser verstehen zu können, wird im Folgenden zunächst ein kurzer Einblick in die neurologischen Hintergründe gegeben.

Die Plastizität des menschlichen Gehirns nutzen

Das menschliche Gehirn besitzt die Fähigkeit der Plastizität, das heißt, dass es sich verhaltensabhängig verändern kann. Dies kann sowohl in einer positiven, aber auch in einer negativen Form stattfinden. Wenn die betroffenen Extremitäten nicht eingesetzt werden, kann es zu einer Verkleinerung der Repräsentation dieser Extremität im Gehirn kommen (Liepert et al., 2000). Gleichzeitig kann es zum sogenannten „Learned non-use“ kommen. Hierbei hätten die mehr betroffenen Extremitäten wieder Funktion erlangt, jedoch haben die Klient*innen sich bereits Kompensationsstrategien angeeignet und automatisiert, wodurch die mehr betroffene Seite – trotz Funktion – nicht eingesetzt wird (Doidge, 2008; Mulder, 2007). Im Gegenzug ist auch positive Plastizität möglich. Durch Training oder eine andere Form von verhaltensbezogenem relevanten Einsatz der mehr betroffenen Extremität, kann es zu einer Vergrößerung und Umstrukturierung der Repräsentation der mehr betroffenen Extremität im Kortex

nach Utley/Woll



kommen (Lotze, 2011). Wenn Therapeut*innen also einen Weg finden, ihren Klient*innen dabei zu helfen, die mehr betroffenen Extremitäten zu aktivieren und einzusetzen, können sie damit positive Neuroplastizität im Gehirn herbei führen. Zusätzlich haben Wissenschaftler*innen mittlerweile entdeckt, dass die motorische Kontrolle – nicht wie lange angenommen – allein am Homunculus des primären Motorkortex repräsentiert ist. Es befinden sich weitere homunculäre Repräsentationen der Skelettmuskulatur in verschiedenen Regionen des Gehirns, dazu zählen der somatosensorische Cortex, supplementärmotorische Areale, die Basalganglien und noch weitere Regionen. Hier überall ist es also möglich, durch Aktivierung dieser Areale, die normalerweise vor allem beim Erlernen neuer Aktivitäten eingesetzt werden, Kompensation und somit Funktionsgewinn zu erreichen (Lotze, 2011). Selbst auf der kontralateralen Hemisphäre kann Funktion übernommen werden. Bis auf die intrinsische Muskulatur von Hand und Fuß sind alle Muskeln unseres Körpers bilateral im Großhirn repräsentiert (Ganguly et al., 2009; Chollet & Weiller, 1994; Soteropoulos & Baker, 2008)

SHAPING
Schrittweise
Steigerung der
Anforderungen
bei einer
Übung

Die eigentliche Herausforderung für Therapeut*innen besteht nun darin, diese Art „Reserve-Areale“ des Gehirns langfristig zu aktivieren um es den Klient*innen damit zu ermöglichen, ihre mehr betroffenen Extremitäten wiedereinzusetzen. Laut Erkenntnissen aus der Neurorehabilitationsforschung sind dafür verschiedene Faktoren relevant: Die Komplexität der Bewegungen bzw. eine schrittweise Steigerung der Anforderungen an die Bewegung, sowie Kraft und Schnelligkeit – mit Steigerung der geforderten Muskelkraft und Geschwindigkeit kommt es zu einer Steigerung der kortikalen Aktivierung. Zusammenfassen kann man diese Faktoren als *Shaping*. Unter *Shaping* versteht man die schrittweise Steigerung der Anforderung an Übungen. Hierbei sollten zunächst die Geschwindigkeit und die Kraftanforderung einer Aktivität gesteigert werden und im weiteren Verlauf der Therapie auch die Präzision der Zielbewegungen vermehrt gefordert werden. Ausgeprägtes *Shaping* kann entscheidend für neurologische Veränderungen sein (Lotze, 2011). Ein weiterer wesentlicher und gerade der Ergotherapie sehr nahestehender Aspekt für erfolgreiche Neurorehabilitation

sind sinnvolle Aktivitäten und der Übertrag von motorischen Fortschritten auf Fertigkeiten des Alltags. In der Therapie wird dies oft mit sogenannten „Transfer-Packages“ erreicht. Sie beinhalten tägliche Selbstkontrolle des Einsatzes der mehr betroffenen Extremität in verschiedenen Situationen durch die Klient*innen und aufbauend darauf Problemlösung mit den Therapeut*innen (Gauthier et al., 2008).

Auf Grundlage dieser Erkenntnisse aus der Neurorehabilitationsforschung haben Susan Woll und Jan Utley das *Forced Use Konzept* entwickelt. Dabei wurden die sogenannten Forced Use-Paradigmen – also Grundsätze – definiert.

Der erste Grundsatz der Therapie ist, dass in sämtlichen Übungssituationen der Einsatz der mehr betroffenen Extremität forciert wird durch Erleichterung der Aktivierung. Gleichzeitig wird die weniger betroffene Seite durch entsprechende Übungsgestaltung gehemmt.

Zweiter Grundsatz ist die ‚geschlossene Kette‘. Mittels Gewichtsübernahme auf die mehr betroffene Extremität in der geschlossenen Kette wird die paretische Muskulatur sowohl zentral als auch peripher aktiviert und kann so erfolgreich gekräftigt werden.

Ein weiterer Grundsatz ist die Berücksichtigung der synergistischen Organisation unseres Körpers. Alle Segmente des menschlichen Körpers, also Arme, Beine, unterer und oberer Rumpf sowie Kopf und Nacken, beeinflussen sich gegenseitig. Veränderungen in einem Segment haben einen Einfluss auf die anderen Segmente. Dementsprechend werden Übungen im funktionellen Setting, also nicht im Liegen, sondern wenn möglich im Stehen oder im erhöhten Sitz durchgeführt, so dass die geschwächten Muskelgruppen im Muster der Alltagsaktivität gekräftigt werden (Brouwer & Ambury, 1994).

Die Forced Use Therapy nach Utley/Woll ist in Blöcken intensiven Trainings geplant. Im Idealfall erhalten die Klient*innen über 10 Tage täglich 4-6 Stunden Therapie. Da dies aus gesundheitspolitischen Gründen nicht immer möglich ist, müssen bei der Therapie leider oft Abstriche gemacht werden.

Zielgruppe für diese Therapieform sind sämtliche Personen mit einer motorischen Beeinträchtigung in Folge einer Hirnverletzung durch Schlaganfall, Schädel-Hirn-Trauma, Zerebralparese oder andere Ursachen. Klient*innen können unabhängig vom Schweregrad ihrer Beeinträchtigungen erfolgreich behandelt werden, dabei werden die Grundsätze der Forced Use Therapy anhand der Bedürfnisse und Fähigkeiten der Klient*innen an die Therapie angepasst.

Aufbau der Therapie

Befundung: Zu Beginn jedes Therapieblocks wird eine umfassende Befundaufnahme durchgeführt. Zur Befundung gehören ein modifizierter Wolf Motor Function Test (mWMFT) und weitere Bewegungssequenzen zur Identifizierung des motorischen Hauptproblems. Das Interview „Motor Activity Log“ (MAL), ein Fragebogen über die Häufigkeit und Qualität des Einsatzes der mehr betroffenen Extremität bei Aktivitäten des täglichen Lebens wird ebenso durchgeführt. Um mögliche orthopädische Einschränkungen festzustellen, wird zudem die Beweglichkeit in den verschiedenen Gelenken getestet. Im Anschluss an die Befundung wird mit den Klient*innen ein Alltagsziel formuliert.

Anhand der Zielformulierung erstellen die Therapeut*innen einen Therapieplan. Die Abläufe und Inhalte werden den Klient*innen transparent erläutert. Ein großer Teil der

Therapie ist die Selbstbefähigung der Klient*innen durch Aufklärung über neurologische Hintergründe, Aufzeigen der Möglichkeiten und Grenzen der Therapie und transparente Entscheidungsfindungen.

Therapie: Jeder Tag wird mit einer Besprechung des MAL, zur Selbstreflexion der Klient*innen und Dokumentation begonnen. Der motivationale Ansporn für die Klient*innen ist durch die tägliche Besprechung mit den Therapeut*innen groß. Gleichzeitig können etwaige Probleme bei der Durchführung gefunden und gemeinsam mit den Therapeut*innen gelöst werden.

Im Anschluss daran findet die Mobilisation der orthopädischen Einschränkungen statt. Durch die Immobilität kommt es beim Großteil der Klient*innen nach Schlaganfall oder anderer Art der Hirnschädigung zu Bewegungseinschränkungen. Jede Aktivität im Alltag setzt ein gewisses Bewegungsausmaß voraus, um erfolgreich durchgeführt werden zu können. Um diese Funktionen wieder erlangen zu können, müssen die betroffenen Strukturen das erforderliche Bewegungsausmaß zulassen. So muss beispielsweise ausreichend Handgelenksexension und Pronation im Unterarm vorhanden sein, um auf der Hand stützen zu können (Van Wingerden, 1998).

Nach der Mobilisation folgen sogenannte Vorbereitungsaktivitäten, deren Ziel die Aktivierung und Kräftigung der paretischen Muskulatur sowie die Hemmung von vorhandenem Hypertonus ist. Dabei wird vor allem an der Besserung des motorischen Hauptproblems, wie zum Beispiel einer Hüftinstabilität, gearbeitet.

Die Übungen werden dabei so gestaltet, dass die weniger betroffene Seite gehemmt, und somit der Einsatz der mehr betroffenen Seite forciert wird. Sie werden meistens in geschlossener Kette durchgeführt um über Gelenks- und Muskelrezeptoren die paretische Muskulatur zu aktivieren. (Wilson et al., 2005). Zusätzlich kann durch dieses Setting das Zusammenspiel zwischen Agonist und Antagonist wiedererlernt werden (Dillmann et al., 1994). Bei allen Aktivitäten werden die Klient*innen durch Fazilitation bei der Aktivierung der paretischen Muskulatur unterstützt.

Nach der Aktivierung durch die Vorbereitungsaktivitäten folgt repetitives aufgabenorientiertes Training. Fehlende Bewegungskomponenten des funktionellen Ziels werden im repetitiven Training selektiv und intensiv geübt. Das Training wird je nach funktionellem Ziel sowohl uni- als auch bilateral, sowie bimanuell durchgeführt.

Bilaterales Training kann sowohl in der gleichen Bewegung, aber auch gegengleich bewegt durchgeführt werden (Caurau et al., 2010; Langhorne et al., 2009). Im Alltag werden die Arme beispielsweise beim Tragen großer Gegenstände – wie eines Wäschekorbs – bilateral eingesetzt. Bilaterales Training ist besonders für schwerer betroffene Klient*innen, bzw. bei reduzierten proximalen Funktionen geeignet. Durch den Gegenstand zwischen den Händen wird die interskapuläre Kontrolle unterstützt und die weniger betroffene Seite kann der mehr betroffenen Seite helfen. Auf diese Weise können vor allem der Rumpf, die Skapula und die Schulter mithilfe von bilateralem Training gekräftigt werden (McCombe Waller et al., 2014).

Beim unilateralen Training wird der weniger betroffene Arm der Klient*innen häufig weggebunden, im Sinne der „constraint induced movement therapy“, um die übermäßige Aktivität dieses Armes und der weniger betroffenen Hemisphäre

Forced Use-Paradigmen:

- > Erleichterung der Aktivierung
- > Geschlossene Kette
- > Berücksichtigung der synergistischen Organisation

Abbildung 1

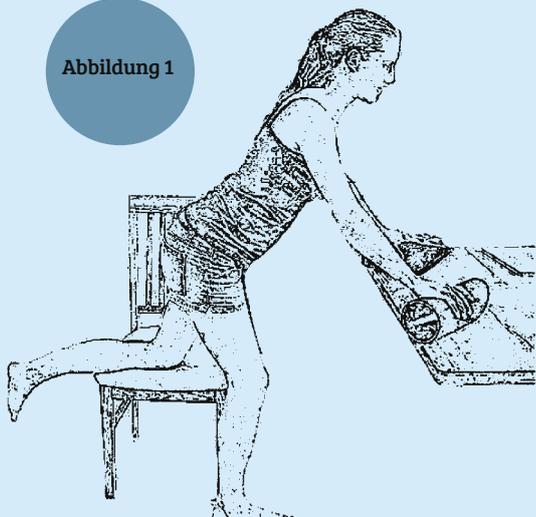


Abbildung 2

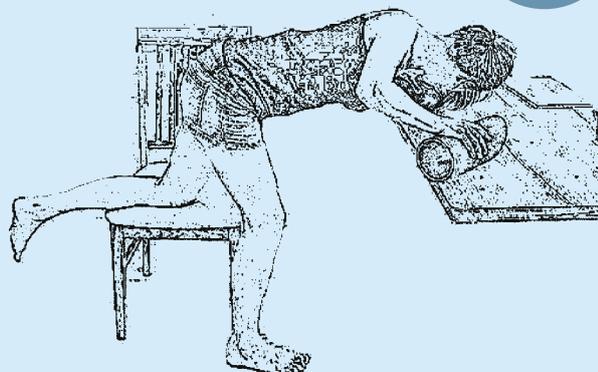


Abbildung 3

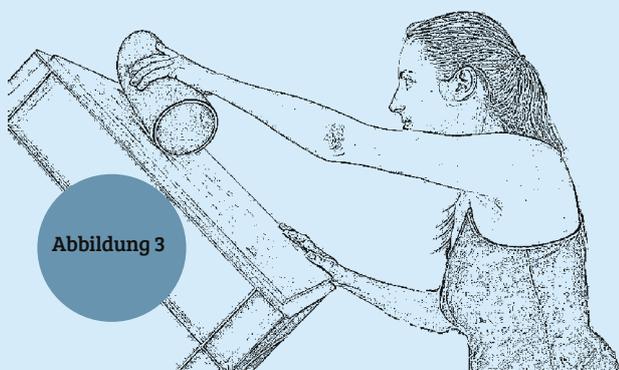


Abbildung 4

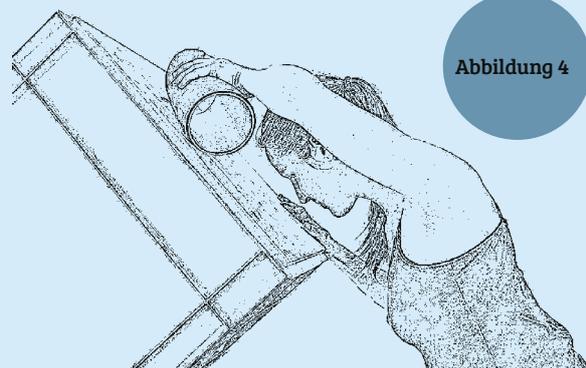


Abbildung 5

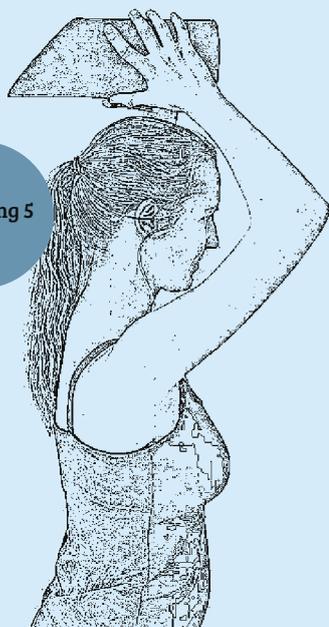


Abbildung 6



zu verhindern (Liepert et al., 2000).

Laut McCombe Waller (2014) ist es sinnvoll, beide Therapieformen zu kombinieren. So ist proximales bilaterales Training mit anschließendem aufgabenorientiertem unilateralem Training erfolgreicher, als die alleinige Durchführung von unilateralem Training.

Unter *bimanuellem Training* versteht man Aktivitäten, bei denen beide Arme aktiv involviert sind, aber unterschiedliche Aufgaben durchführen, wie zum Beispiel ‚eine Flasche aufschrauben‘, oder ‚etwas mit der Schere schneiden‘. Mittels bimanuellem Training kann sowohl eine Verbesserung der Schulter- und Armbewegungen erreicht werden als auch der Feinmotorik (Wolf et al., 2014).

In der Therapie finden zwei bis drei aufeinanderfolgende Sequenzen von repetitivem Training in unterschiedlichen Settings statt, um die erwünschten Bewegungsmuster erfolgreich einzuüben.

Das gesamte repetitive Training wird mit Hilfe von Shaping laufend an die Fortschritte der Klient*innen angepasst. Zusätzlich werden die Aktivitäten mit Besserung der Funktionen zunehmend an das Ziel der Klient*innen angepasst, bis die Klient*innen fähig sind, die Aktivität selber durchzuführen (Panyan, 1980; Taub et al., 1994).

Da die Therapie im Idealfall über 4-6 Stunden geht und somit oft Essenszeit in die Therapiezeit fällt, ist Essbegleitung ein wichtiger Bestandteil der Forced Use Therapy geworden. Sie findet entweder zwischen zwei Sequenzen des repetitiven Trainings, oder im Anschluss daran statt. Ziel ist es dabei, beidhändig mit Besteck zu essen. Bewegungen, die die Klient*innen nicht selber durchführen können, werden von den Therapeut*innen unterstützt – beispielsweise Fazilitation bei der Führung des Armes, oder beim Halten des Bestecks.

Die letzte Therapiesequenz ist das adaptierte Training und das Trainieren des Alltagsziels. Das Ziel wird in adaptierter, oder vereinfachter Form geübt, bzw. in Teilsequenzen erarbeitet. Im Laufe der Therapieeinheiten werden die Unterstützungen reduziert, bis die Klient*innen die Aktivität selbstständig durchführen können.

Der Übertrag der wiedererlangten motorischen Fähigkeiten auf Alltagsaktivitäten ist essentiell, um langfristige neuroplastizitätäre Unterschiede zu erreichen und eine Veränderung im Leben der Klient*innen herbeiführen zu können (Gauthier et al., 2008).

Am Ende der Therapie wird ein Heimprogramm mit den Klient*innen erarbeitet. Es beinhaltet Aktivitäten, die die Klient*innen selbstständig durchführen können, um höhere Wiederholungsraten von verschiedenen Bewegungsmustern zu erreichen und diese so weiter zu kräftigen. Zusätzlich werden gemeinsam Alltagsaktivitäten ausgewählt, die die Klient*innen selbstständig mit der mehr betroffenen Seite durchführen können. Diese Übungen sollen sowohl während der Therapie, aber besonders am Ende des Therapieblocks im Sinne eines Eigentrainingsprogramms durchgeführt werden. Solche weiterführenden Aktivitäten mit Alltagsrelevanz können auch nach Abschluss der Therapie zu weiteren Verbesserungen in den Armfunktionen führen (Takebayashi et al., 2013).

Nach Ablauf des Therapieblocks sollten die Klient*innen fähig sein, ihr gewähltes Ziel mit oder ohne Adaptierungen selbstständig durchführen zu können.

Noch ein Beispiel

Ein Klient*innenbeispiel zeigt im Folgenden auf, wie ein möglicher Therapieaufbau ausschauen könnte. Sämtliche Abbildungen zeigen den theoretischen Übungsaufbau. Um das Setting besser erkennen zu können, fehlen in den Abbildungen Therapeut*innen, es gilt jedoch als selbstverständlich, dass sämtliche Übungen nur mit Fazilitation durch Therapeut*innen durchgeführt werden (siehe Abbildungen 1-6).

Frau W. möchte sich ihre langen Haare wieder selber in einen Pferdeschwanz zusammenbinden können. Die Befund-

aufnahme hat orthopädische Einschränkungen

aufgezeigt: die BWS hat ein Streckdefizit, die

Skapula befindet sich in Elevation und im

Ellbogen, bzw. Unterarm ist die Pronati-

on eingeschränkt. Bei der Testung der

motorischen Fähigkeiten zeigt sich, dass

Frau W. besonders proximal Schwierig-

keiten bei der Verankerung der Skapula

hat. Durch dieses Kraftdefizit und die

orthopädischen Einschränkungen fällt ihr

das Heben des Armes über Kopf, besonders

über längere Zeit – wie beim Haare zusam-

menbinden – schwer. Auch die Feinmotorik

der Hand wird auf Grund des gesteigerten Kraft-

aufwandes für proximale Bewegungen des Armes

beeinträchtigt. In der Hüfte hat Frau W. zudem Instabilität,

besonders in der Transversalebene. Durch diese Schwäche

wird der Tonus im Arm negativ beeinflusst und die Veranke-

rung der Skapula ist durch das falsche Alignment zusätzlich

erschwert.

Um Frau W. das Haare Binden wieder zu ermöglichen, wird ein Therapieplan erstellt, der sowohl die Hüft- als auch die Skapulainstabilität verbessern und die Kraft im Arm steigern soll.

Die Therapie startet mit der Mobilisation des Unterarms in

Pronation. Der Unterarm benötigt sein volles Bewegungs-

ausmaß, um die feinen Anpassungen der Hand beim Haare

Binden zu ermöglichen. Gleichzeitig wird damit die Öffnung

der Hand auf der Unterlage, als Teil der Unterstützungsfläche

etabliert, wodurch die nachfolgenden Mobilisationen und

Übungen in geschlossener Kette erleichtert werden. Anschlie-

ßend wird die Brustwirbelsäule in Streckung mobilisiert, um

die Basis für eine gute Verankerung des Schulterblattes zu

schaffen. Zuletzt folgt die Mobilisation und Dehnung der

Skapula in Depression.

Nach Abschluss der Mobilisation folgen die Vorbereitungsak-

tivitäten. Ihr Ziel ist es, das durch die Mobilisationen wieder

erworbene Bewegungsmaß zu kräftigen und die Instabili-

itäten und Schwächen durch Aktivierung und Kräftigung zu

verbessern. Eine Möglichkeit, dies mit dem Hintergrund des

Haare Bindens zu machen, ist eine Form des vorderen Stüt-

zes. Dabei kann Frau W. bei Liegestütz ihren Kopf zur Hand

bringen, und so am Bewegungsmaß und -muster arbeiten

(Abb. 1 und 2)

Nach den vorbereitenden Kräftigungsübungen folgt das

repetitive Training. Frau W. hat die Aufgabe, einen Kreisel oder

eine Flasche eine schiefe Ebene hinauf zu schieben, oben

zu kontrollieren und in verschiedene Positionen zu bringen.

Zusätzlich wird auch hier der Kopf zur Hand gebracht, um

Kräftigung unter Umkehr von punctum fixum und punctum

mobile zu erreichen (Abb. 3 und 4).

Bei der nächsten Sequenz des repetitiven Trainings wird die

geschlossene Kette langsam geöffnet. Dazu kann ein in einer

Schräge gespanntes Theraband eingesetzt werden. Frau W.

muss ein Rohr bilateral am Theraband entlang führen, nach

oben stemmen oder zu ihrem Hinterkopf bringen. So wird

Die letzte
Therapiesequenz:

Der Übertrag der wiedererlangten motorischen Fähigkeiten auf Alltagsaktivitäten ist essentiell, um langfristige eine Veränderung im Leben der Klient*innen herbeiführen zu können.

wieder an der Kräftigung und Automatisierung des Bewegungsmusters geübt (Abb. 5). Nach erfolgreichem Kraftaufbau folgt eine Sequenz in offener Kette. Frau W. muss unterschiedlich schwere Flaschen über ihren Kopf bringen, zu ihrem Hinterkopf führen und ähnliche Variationen durchführen. Zur Verbesserung der feinmotorischen Fähigkeiten für die Manipulation des Haargummis folgen eigene repetitive Sequenzen. Diese erfolgen mit unterschiedlich großen und strengen Gummis, die über unterschiedlich ausgerichtete Gegenstände, wie Flaschen, Stiele oder ähnliches gestülpt werden. Auf diese Weise wird sowohl die Handkraft trainiert, sowie die feinen Anpassungen in Unterarm und Handgelenk. Zum Ende der Therapie wird jeden Tag an der Durchführung des Ziels gearbeitet. Durch den Kraftaufbau gelingt es Frau W. bald, einfache Haarklammern in ihre Haare zu stecken. Die Aktivität des ‚Haargummi über die Haare Streifens‘ wird zu-

nächst mit Haarbändern aus Stoff begonnen, da diese dicker und somit einfacher zu greifen und manipulieren sind. Da die Manipulation eines Haargummis deutlich komplexer ist und somit sowohl mehr Feinmotorik, aber auch das längere Verharren der Hand über Kopf voraussetzt, wird die Aktivität zunächst erleichtert. In diesem Setting bindet Frau W. zuerst Haare einer Puppe oder der Therapeutin vor ihr zusammen, dabei wird die Höhe der zu bindenden Haare von Ellbogenhöhe kontinuierlich gesteigert. Im weiteren Verlauf legt Frau W. ihre Ellbogen auf einer Unterlage auf. In dem sie den Oberkörper nach vorne lehnt, bringt sie wieder den Kopf zu den Händen und erleichtert sich die Aktivität (Abb. 6). Die Höhe der Unterlage wird wieder kontinuierlich gesteigert. Im Laufe der Therapie kann sie die Arme länger und länger über Kopf halten und die Zeit mit aufgestützten Armen reduzieren, bis am Ende die gesamte Funktion durchgeführt werden kann. ■

QUELLEN

- Brouwer BJ, Ambury P. Upper extremity weight-bearing effect on corticospinal excitability following stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 1994 Aug;75(8):861-6.
- Cauraugh JH, Lodha N, Naik SK, Summers JJ. Bilateral movement training and stroke motor recovery progress: a structured review and meta-analysis. *Hum Mov Sci.* 2010 Oct;29(5):853-70.
- Chollet, F. & Weiller, C. (1994). Imaging recovery of function following brain injury. *Curr Opin Neurobiol*, 4 (2), 226-30.
- Dillman C, Murray T, Hintermeister R. Biomechanical differences of open and closed chain exercises with respect of proprioception, neuromuscular control and subsequently functional stability of the joint. *J Sport Rehab* 1994;3:228-238.
- Doidge, N. *The brain that changes itself*. Penguin books, 2008.
- Frommelt P. (2010) *Historische Perspektiven der Neurorehabilitation*. In: *NeuroRehabilitation*. Springer, Berlin, Heidelberg. S.36-53
- Gauthier, L.V., Taub, E., Perkins, C., Ortmann, M., Mark, V.W. & Uswatte, G. (2008). Remodeling the brain: plastic structural brain changes produced by different motor therapies after stroke. *Stroke*, 39 (5), 1520-1525.
- Ganguly, K., Secundo, L., Ranade, G., Orsborn, A., Chang, E.F., Dimitrov, D.F., Wallis, J.D., Barbaro, N.M., Knight, R.T. & Carmena, J.M. (2009). Cortical representation of ipsilateral arm movements in monkey and man. *J Neurosci*, 29 (41), 12948-56.
- Langhorne P, Coupar F, Pollock A. Motor recovery after stroke: a systematic review. *Lancet Neurol.* 2009 Aug;8(8):741-54.
- Liepert, J., Bauder, H., Wolfgang, H.R., Miltner, W.H., Taub, E. & Weiller, C. (2000). Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans. *Stroke*, 31 (6), 1210-1216.
- Lotze, M. (2011). Zerebrale Repräsentation von Bewegung. *Neuroreha*, 1, 10-17.
- McCombe Waller S, Whittall J, Jenkins T, Magder LS, Hanley DF, Goldberg A, Luft AR. Sequencing bilateral and unilateral task-oriented training versus task oriented training alone to improve arm function in individuals with chronic stroke. *BMC Neurol.* 2014 Dec 14;14:236.
- Mulder T. *Das adaptive Gehirn: Über Bewegung, Bewusstsein und Verhalten*. Thieme Verlag, 2007.
- Panyan MV (1980) *How to use shaping*. H & H Enterprises, Lawrence KS: Texas.
- Soteropoulos D.S. & Baker S.N. (2008). Bilateral representation in the deep cerebellar nuclei. *J Physiol*, 586 (4), 1117-36.
- Takebayashi T, Koyama T, Amano S, Hanada K, Tabusadani M, Hosomi M, Marumoto K, Takahashi K, Domen K. A 6-month follow-up after constraint-induced movement therapy with and without transfer package for patients with hemiparesis after stroke: a pilot quasi-randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2013 May;27(5):418-26.
- Taub E, Crago JE, Burgio LD, Grooms TE, Cook EW 3rd, DeLuca SC, Miller NE. An operant approach to rehabilitation medicine: overcoming learned nonuse by shaping. *J Exp Anal Behav.* 1994 Mar;61(2):281-93.
- Van Wingerden B.A.M. (1998) *Bindegewebe in der Rehabilitation*. Verlag Schaan: Liechtenstein.
- Wilson J, Ferris E, Heckler A, Maitland L, Taylor C. A structure review of the role of gluteus maximus in rehabilitation. *NZ J Physiother.* 2005;33:95-100.
- Wolf A, Scheiderer R, Napolitan N, Belden C, Shaub L, Whitford M. Efficacy and task structure of bimanual training post stroke: a systematic review. *Top Stroke Rehabil.* 2014 May-Jun;21(3):181-96.

