

Mentales Training bei motorischen Störungen nach Schlaganfall

Ch. Dettmers¹, V. Nedelko²

¹Kliniken Schmieder Konstanz und ²Allensbach

Zusammenfassung

Mentales Training umfasst in der Schlaganfallrehabilitation vor allem das Üben mittels Bewegungsvorstellung. Im weiteren Sinne werden auch Spiegeltraining und Videotraining hinzugerechnet, die aber zusätzlich sensorische und/oder visuelle und auch aktive motorische Komponenten beinhalten. Diese Trainingsarten stützen sich auf aktuelle neurowissenschaftliche Konzepte zu den Spiegelneuronen und die Erkenntnis, dass sich die Repräsentationssysteme für die Bewegungsvorstellung stark mit denen für die Bewegungsausführung überlappen. Die aktuelle Fähigkeit zur Bewegungsvorstellung wird bei Patienten mit Schlaganfall selten untersucht. Bei Gesunden wird diese mit Fragebögen und Selbsteinschätzung, chronometrischen Tests und Testaufgaben erfasst, die mit mentaler Rotation von Handstellungen zu tun haben. Inwieweit dieses Vorstellungsvermögen bei Patienten nach Infarkten erhalten ist, wird unterschiedlich eingeschätzt und ist vermutlich auch individuell verschieden. Bewegungsvorstellung aktiviert nicht nur die gesunde, sondern auch die infarzierte Hemisphäre. Kleine kontrollierte, randomisierte Studien sprechen für eine klinische Wirksamkeit des mentalen Trainings mit Bewegungsvorstellung. Auch der Effekt des Spiegeltrainings bei schwereren Paresen ist durch randomisierte, kontrollierte Studien belegt. Videotraining ist bisher weniger gut untersucht, ergänzt das Behandlungsrepertoire vor allem bei leichter ausgeprägten Paresen und ist wegen der guten Akzeptanz bei den Patienten auch für häusliches Eigentraining geeignet.

Schlüsselwörter: Mentales Training, Videotraining, Bewegungsbeobachtung, Bewegungsvorstellung, Spiegelneurone, Schlaganfall

Mental training by motor imagery and motor observation

Ch. Dettmers, V. Nedelko

Abstract

Mental training in neurorehabilitation covers different approaches like motor imagery, mirror therapy and video-therapy. Their neuronal representations are very similar and overlap with those structures responsible for motor control during execution. There are some descriptions which explore patients' capacity for imagery after suffering from strokes with contrasting results. Capacity of stroke patients for motor imagery is not assessed routinely, but there are some options to do so: questionnaires are probably not very good indicators. Other tests use the effects of chronometry or mental rotation tasks. Our own fMRI investigations show that the affected hemisphere in stroke patients is stimulated by observation as well as by imagery. A few randomized controlled trials advocate the effectiveness of motor imagery in stroke rehabilitation. There are some randomized controlled trials using mirror therapy. There is less evidence for the effectiveness of video therapy, which might be very suitable for home-based training.

Key words: motor imagery, motor observation, mirror neurons, video-training, stroke, rehabilitation, mental training

© Hippocampus Verlag 2009

Begriffsbestimmung des mentalen Trainings

Mentales Training bezieht sich auf die Simulation von Bewegungen (S-states) [23]. Dazu zählen Bewegungsbeob-

achtung, Bewegungsplanung oder -vorbereitung, Verbalisierung von Bewegung und Bewegungsvorstellung (motor imagery) [7]. Die Bewegungsvorstellung führt zu einer Aktivierung der mentalen Repräsentationen der Bewegung

innerhalb des Arbeitsgedächtnisses, ohne dass es zu einem Bewegungseffekt kommt [32, 33]. Die motorische Kontrolle arbeitet »off-line« [20]. Bewegungsvorstellung stellt den bewussten Zugang zu der unbewusst ablaufenden Bewegungsvorbereitung dar. Bewegungsvorstellung und Bewegungsvorbereitung sind sich aber funktionell ähnlich [30]. Zentrale Kontrollen für die Bewegungsvorstellung und die Bewegungsausführung überlappen sich zum großen Teil [19, 45]. Während der Bewegungsvorstellung wird jedoch die Ausführung der Bewegung unterdrückt.

Bewegungsvorstellung kann kinästhetisch – wie sich eine Bewegung anfühlt – oder visuell – wie der Bewegungsablauf aussieht – generiert werden. *Solodkin et al.* [44] haben auch für beide Arten der Vorstellung (kinästhetisch versus visuell) unterschiedliche anatomische Netzwerke vermutet. Kinästhetische Vorstellung führt zu einer Fazilitierung im primärmotorischen Kortex, visuelle Bewegungsvorstellung nicht [35].

Assessments

Bewegungsvorstellung entzieht sich unserer unmittelbaren Beobachtung und ist deshalb schwer zu messen. In den letzten Jahren wurde eine Reihe von Fragebögen evaluiert, die zwischen der kinästhetischen und der visuellen Vorstellung unterscheiden. Dabei werden verschiedene Tätigkeiten abgefragt (z. B. Vividness of Movement Imagery Questionnaire, *Isaac et al.* [21]). Ein wichtiges Beurteilungskriterium für das explizite Vorstellungsvermögen ist das Gesetz der Chronometrie. Dieses besagt, dass die Zeit, die man für die Vorstellung einer Tätigkeit benötigt, gut mit der Zeit korreliert, die für die reale Durchführung dieser Tätigkeit notwendig ist. Dies gilt allerdings nur für die kinästhetische Vorstellung, nicht für die visuelle Bewegungsvorstellung [35].

Implizite Bewegungsvorstellung wird getestet, indem man Probanden unterschiedliche Fingerstellungen präsentiert und diese einer rechten oder linken Hand zuordnen lässt. Eine ähnliche Aufgabe stellt die Präsentation einer Stange in verschiedenen Richtungen dar, verbunden mit der Frage, ob man diese Stange mit der rechten Hand besser mit dem Obergriff oder mit dem Untergriff erfassen kann [25].

Zentrale Strukturen für die Bewegungsvorstellung

Eine der ersten Arbeiten zu diesem Thema wurde von *Stephan* 1994 veröffentlicht. In der funktionellen Positionen-Emission-Tomographie (fMRT) sah er, dass sich die Strukturen für die Bewegungsausführung und Bewegungsvorstellung zum großen Teil überlappen. Bei der Bewegungsvorstellung werden vor allem der dorsale und ventrale prämotorische Kortex, der superiore und inferiore parietale Kortex, die supplementärmotorische Area (SMA), die Basalganglien und die Kleinhirnhemisphären aktiviert, die SMA, Basalganglien und das Kleinhirn stärker bei der Bewegungsvorstellung als bei der Beobachtung [19, 41]. Damit die Vorstellung nicht zu einer tatsächlichen Bewe-

gung führt, gibt es offensichtlich einen Top-Down-Prozess, der von der SMA, dem prämotorischen oder präfrontalen Kortex ausgeht. Bei der Bewegungsbeobachtung handelt es sich um einen Bottom-up-Prozess ausgehend von den visuellen Arealen. Die Frage, inwieweit der primärmotorische Kortex (M1) involviert ist, wird abhängig von der Untersuchungsmethode kontrovers diskutiert [15]. In der Zusammenschau muss man annehmen, dass der primärmotorische Kortex während der Bewegungsvorstellung deutlich weniger als bei der Bewegungsausführung aktiviert wird.

Bewegungsvorstellung und motorisches Lernen

Verschiedene Studien zeigen als Effekt der initialen Bewegungsvorstellung eine verbesserte Performance bei der Ausführung dieser Bewegung. Dies konnte z. B. für Geschwindigkeit und Präzision einer Armbewegung nachgewiesen werden [17]. Erstaunlicherweise wurde durch mentales Training auch ein Kraftzuwachs erreicht [55]. Hier war der Trainingseffekt am größten bei der Kombination von physischem und mentalem Training [16]. Sowohl die kinästhetische als auch die visuelle Bewegungsvorstellung werden zur Verbesserung von Bewegungsabläufen von Sportlern genutzt [35]. Allerdings weisen *Milton et al.* darauf hin, dass Bewegungsvorstellungstraining vor allem dazu geeignet ist, bereits erlernte Bewegungsabfolgen zu verbessern [35], weniger um de novo Bewegungen zu erlernen [36]. Studien mit transkranieller Magnetstimulation (TMS) belegen die Reorganisation innerhalb des primärmotorischen Kortex [6], bildgebende Studien zeigen darüber hinaus, dass das Ausmaß der kortikalen Reorganisation nach mentalem und physischem Training vergleichbar ist [22].

Bewegungsvorstellung nach Schlaganfall

Obwohl mentales Training in neueren Übersichtsarbeiten für Schlaganfallpatienten häufig propagiert wird [2, 3, 10, 29, 37, 43], sind nur wenige Autoren der Frage nachgegangen, ob sich Patienten nach einem Schlaganfall mit einer gelähmten Gliedmaße überhaupt Bewegungen vorstellen können. *Holmes* [20] weist darauf hin, dass die Effektivität von Bewegungsbeobachtungs- oder -vorstellungstraining von zahlreichen Faktoren abhängt. Dabei ist die Chronometrie gut geeignet, das Vorstellungsvermögen von Patienten zu überprüfen. Einzelfallberichte belegen, dass parietale Läsionen das Vorstellungsvermögen einschränken können [25]. Diese Patienten differenzieren vermutlich weniger scharf zwischen kinästhetischer und visueller Bewegungsvorstellung und wenden eine »chaotische Bewegungsvorstellung« an (nach *Milton* [35]). Motivation und Aufmerksamkeit sind weitere Faktoren, die nach einem Infarkt das Vorstellungsvermögen reduzieren können. Auch ist für die Bewegungsvorstellung ein intaktes Arbeitsgedächtnis Voraussetzung [31]. Andererseits wiesen *Johnson et al.* [24] in einer Reihe von Untersuchungen nach, dass Patienten

mit hochgradiger Parese bei impliziten Tests (Handerkennung, Obergriff/Untergriff etc.) genauso akkurat arbeiteten wie Gesunde und vergleichbare Reaktionszeiten hatten. Er bezeichnete das als Dissoziation zwischen Vorstellung und Ausführung von Bewegung.

Was lässt sich bei Schlaganfallpatienten mittels Bewegungsvorstellung aktivieren?

Kimberley [26] wies bei zehn Schlaganfallpatienten mittels funktioneller Kernspintomographie nach, dass die Bewegungsvorstellung vornehmlich im Bereich der gesunden Hemisphäre wirkt. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen *Stinear* et al. [46]. Auch sie gaben an, dass die Fazilitierung nur im Bereich der gesunden Hemisphäre auftritt und dies auch nur bei linkshemisphärischen Infarkten. Die Tatsache, dass der Effekt bei linkshemisphärischen Infarkten stärker ausgeprägt sein soll, mag zunächst überraschen, da man das Spiegelneuronensystem eher in der linken Hemisphäre vermutet. Ein linkshemisphärischer Ausfall müsste daher das Spiegelneuronensystem beeinträchtigen. Sind aber die Basalganglien betroffen, dann könnte dies zu einer Enthemmung des kortikalen Spiegelneuronensystems führen. Eine andere Erklärung wäre, dass bei linkshemisphärischen Infarkten die dominante Hemisphäre durch die gesunde rechte Hemisphäre weniger stark unterdrückt wird als bei rechtshemisphärischen Infarkten. Ein Ungleichgewicht der Hemisphären hinsichtlich der transkallosalen Inhibition ist lange vermutet worden [8, 9, 28] und mittlerweile auch in seiner Auswirkung auf die Infarkte gut belegt [12, 13, 27]. Beide Beobachtungen, die fehlende Aktivierung der infarzierten Hemisphären und die geringe Aktivierung der gesunden Hemisphäre bei linkshemisphärischen Infarkten, müssen kritisch überprüft werden, bevor die Therapie mit Bewegungsvorstellung in größerem Umfang für Schlaganfallpatienten propagiert wird.

Weiss et al. [52] gehörten zu den ersten Autoren, die den klinischen Effekt der Bewegungsvorstellung bei einer kleinen Gruppe von Patienten mit Schlaganfall überprüften. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass diese Methode den Rehabilitationsprozess fördert. Die Arbeitsgruppe von *Page* folgte dann mit mehreren Pilotuntersuchungen, teilweise auch mit kleineren randomisierten Studien [39]. Darin wurden 32 chronische Patienten 2 x 30 Minuten pro Woche für insgesamt sechs Wochen behandelt. Die Interventionsgruppe übte mittels realer Handübungen und mentalem Training. Die Kontrollgruppe erhielt im selben Umfang Übungen in Kombination mit Entspannungstherapie. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass Bewegungsvorstellung in der Kombination mit Üben stärker rehabilitativ wirksam ist als das Üben alleine.

Insgesamt erscheint uns das Training mittels Bewegungsvorstellung nicht einfach. Patienten müssen vermutlich hoch selektiert sein, um die erforderliche Motivation und Vorstellungsfähigkeit zu besitzen. Die Therapeuten müssen dementsprechend qualifiziert sein und Vorerfahrung mit mentalen Trainingsmethoden haben.

Spiegeltherapie

Altschuler hatte das Behandlungsprinzip von *Ramachandran* von Patienten mit Phantomschmerzen auf Schlaganfallpatienten übertragen [1]. Dabei sitzt der Patient etwas versetzt zur gesunden Seite an einem Tisch, auf dem in der Sagittalebene ein Spiegel aufgestellt ist. Er bekommt die Aufgabe, mit der gesunden Hand einfache Tätigkeiten zu verrichten. Dabei sieht der Patient das Spiegelbild der gesunden Hand im Spiegel und hat den Eindruck, dass sich seine gelähmte Hand bewegt. In einer Variante dieses Trainings wird der gelähmte Arm synchron zur Bewegung des gesunden Arms von einer Therapeutin bewegt. Durch die Bewegung im Schultergelenk erhält der Patient auf der gelähmten Seite neben dem visuellen Feedback auch ein sensorisches Feedback. In einer weiteren Variante wird die Tätigkeit der gesunden Hand durch den Spiegel mit einer Videokamera aufgenommen. Sieht der Patient sich hinterher die Aufnahme an, die spiegelbildlich zur Darstellung kommt, hat er den Eindruck, es handle sich um seine gelähmte Hand. Auch dies hat einen sehr stark suggestiven Charakter. Eine Komponente dieses Trainings ist das visuelle Feedback, das einen stark fazilitierenden Effekt auf die Aktivierung oder den Abruf der Bewegungsmuster hat [5, 6]. Neben der ideengebenden Arbeit von *Altschuler* sind einige kleine Fallserien beschrieben [34], zuletzt auch kontrollierte randomisierte Studien durchgeführt worden, die alle einen positiven Effekt der Spiegeltherapie auf die Hand- und Beinmotorik nachweisen konnten [11, 47, 54]. Grundlage dieser fazilitierenden Wirkung der visuellen Rückkoppelung oder Imitation ist offensichtlich das Spiegelneuronensystem [6]. Dabei handelt es sich um ein Konzept, das vor allem von *Rizzolatti* entwickelt wurde und das besagt, dass Neurone gleichzeitig für Beobachtung, Imitation, Erkennung und Ausführung der Handmotorik zuständig sind [42]. Diese Neuronenverbände liegen vor allem im ventralen Teil des prämotorischen Kortex und im unteren Anteil des parietalen Kortex.

Bewegungsbeobachtung, Bewegungsvorstellung und Altern

Wendet man ein Trainingskonzept, das bisher bei jungen – häufig überdurchschnittlich geübten – Gesunden untersucht wurde, auf die Schlaganfallklientel an, so stellt sich zunächst die Frage, inwieweit das fortgeschrittene Alter das Trainingsergebnis beeinflusst. Hierzu gibt es eine Reihe von Studien, die den Effekt des Alters auf die kognitive Leistungsfähigkeit [4, 18] und auf das motorische System [48, 49, 50, 51] untersucht haben. Bekannt ist, dass im Alter mehr neuronale Kapazität erforderlich ist, um eine Aufgabe mit derselben Leistung (Performance) wie bei jungen Menschen durchzuführen. Wir waren jedoch überrascht, dass wir diesen Effekt nicht für das Spiegelneuronensystem nachweisen konnten [53]. Das Spiegelneuronensystem ist offensichtlich hocheffizient, sodass es bei einfachen Aufgaben wie der Beobachtung von Handbewegungen keine kompensatorische Mehraktivierung im Alter benötigt.

	Bewegungsvorstellung	Spiegeltherapie	Bewegungsbeobachtung/Videotherapie
Anatomische Strukturen	Zusätzlich SMA, Basalganglien und Kleinhirn	Zusätzlich S1	SPL, IPL, PMv, PMd, V5
Motorisches Lernen	Experten		Alltagslernen in Kindheit und Jugend
Notwendige Motivation	hoch	gering	gering
Compliance	schwierig	leicht	leicht
Patientenselektion		schwer betroffene	mäßig oder leicht betroffene
Häusliches Eigentaining			+
RCT	+	+	noch nicht ausreichend

Tab. 1: Vergleichende Darstellung von Training mittels Bewegungsvorstellung, Spiegeltherapie und Videotherapie. **RCT** randomisierte kontrollierte Studien; **SPL** superiorer parietaler Kortex, **IPL** inferior parietaler Kortex, **PMv** ventraler Teil des prämotorischen Kortex, **PMd** dorsaler Teil des prämotorischen Kortex, **V5** Sehrinde für das Bewegungssehen.

Dieser Befund könnte sich als Vorteil für die Therapie bei Schlaganfallpatienten erweisen.

Videotherapie

Neben der Spiegeltherapie ist auch das Videotraining auf dem Konzept der Spiegelneurone aufgebaut. *Binkofski* hat mit seinen Mitarbeitern in den letzten Jahren in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe aus Parma ein Training für Schlaganfallpatienten entwickelt und evaluiert. Dabei haben chronische Schlaganfallpatienten über vier Wochen täglich 90 Minuten Training erhalten [14]. Sie mussten einfache motorische Aufgaben in einem Video konzentriert beobachten und die Handübungen anschließend mit der gelähmten Hand nachmachen. Nach dem Behandlungszeitraum zeigte sich eine Verbesserung der Funktionsfähigkeit der Hand. In einer begleitenden kernspintomographischen Untersuchung wurde nachgewiesen, dass Areale, die mit dem Spiegelneurosystem assoziiert sind, nach der Videotherapie vermehrt aktiviert werden. Damit erklärten sie den Zugewinn an Funktion. Dies war für uns der Grund, in Zusammenarbeit mit Herrn *Binkofski* das Videotraining bei Schlaganfallpatienten weiter zu entwickeln. Es wurden 45 Handtätigkeiten unterschiedlichen Schweregrades von Ergotherapeuten und Physiotherapeuten mit der Videokamera aufgenommen. Dabei handelt es sich zum Teil um sehr schwierige feinmotorische Tätigkeiten, z. B. Münzen einzeln aus der Hand auf den Tisch zu legen und sie anschließend einzeln wieder aufzusammeln. Wenn die Hand plegisch ist, wurden nur Schulterbewegungen (z. B. in stehender Position die gelähmte Hand von einem Regal auf das nächst höhere legen) durchgeführt.

Voruntersuchungen bei gesunden Probanden haben gezeigt, dass die Beobachtung einfacher motorischer Handübungen zu einer bilateralen Aktivierung des superioren und inferioren parietalen Kortex, des dorsalen und ventralen prämotorischen Kortex, des ventrolateralen und dorsolateralen präfrontalen Kortex und des okzipitalen Kortex führen. Kritische Ausgangsuntersuchungen hatten darauf hingewiesen, dass der fazitätierende Effekt der Bewegungsvorstellung vor allem oder ausschließlich in der gesunden Hemisphäre auftritt [26, 46]. Unsere bisherigen Untersuchungen bei Schlaganfallpatienten sprechen aber dafür, dass auch die infarzierte Hemisphäre stimuliert wird [38]. Wenn sich das bestätigte, wären dies günstige Voraussetzungen für die

Wirksamkeit der Therapie bei den Schlaganfallpatienten. Offensichtlich fällt es Schlaganfallpatienten leichter, mit Hilfe von Videos zu beobachten und Bewegungsversuche durchzuführen, als dies rein mental mittels Bewegungsvorstellung zu versuchen. Insofern ist die Videobeobachtung für Schlaganfallpatienten die deutlich einfachere Variante.

Was ist erfolgversprechender: Bewegungsbeobachtung oder Bewegungsvorstellung?

Bewegungsvorstellung aktiviert das motorische System umfangreicher als die Bewegungsbeobachtung. Professionelle Sportler und Musiker nutzen regelmäßig die Bewegungsvorstellung in ihrem Trainingsrepertoire. Vor allem die Arbeitsgruppe von *Page* et al. wies die klinische Effizienz auch bei Patienten nach Schlaganfall nach. Unserer eigenen Erfahrung nach ist es sogar bei selbstständigen Patienten mit eher geringen Paresen schwierig, diese zu einem konsequenten Gebrauch der Bewegungsvorstellung anzuregen. Die Fragebögen zur Selbsteinschätzung des Vorstellungsvermögens werden eher nivelliert, wenig differenziert ausgefüllt. Die Durchführung eines mentalen Nine Hole Peg Test (NHPT) weist darauf hin, dass Patienten sich eine Handbewegung mit der betroffenen Hand spontan zunächst im Tempo der gesunden Hand vorstellen. Selten kommt in der Chronometrie die Zeit für die Bewegungsvorstellung mit der betroffenen Hand der Zeit für die reale Durchführung nahe. Patienten mit höhergradigen Paresen sind im Allgemeinen schnell bei dem Versuch überfordert, sich eine Bewegung mit der betroffenen Hand vorzustellen. Auch ist die Überprüfung der durchgeführten Aufgabe durch den Therapeuten schwierig. Umgekehrt ist die Compliance bei dem Videotraining sehr hoch. Hier scheint das Videotraining eine einfache Möglichkeit darzustellen, die Patienten zu einem regelmäßigen Eigentaining zu Hause anzuregen. Vorteilhaft ist es, wenn die Übungen vom persönlichen Therapeuten des Patienten individuell entsprechend seinen Fähigkeiten zusammengestellt werden (vgl. Tab. 1).

Zusammenfassung und Ausblick

Das Interessante und Spannende an der Schlaganfallrehabilitation ist derzeit, dass sich neue therapeutische Konzepte entwickeln, die sich sehr stark an den physiologischen

Vorstellungen wie z.B. denen des Spiegelneuronensystems orientieren. Für diese neuen Konzepte fehlen im Augenblick noch gute vergleichende Einschätzungen der Effektstärken. Wir gehen davon aus, dass die Effektstärken beim CIMT-Training (Constrained-induced Movement Therapy) vermutlich die größten sind. Andererseits könnte sich das mentale Training durchaus als sinnvolle Ergänzung erweisen. So wurde auch jüngst eine Studie durchgeführt, die CIMT mit Elementen der Bewegungsvorstellung kombinierte (Page et al. [40]). Es bleibt abzuwarten, welche Spielarten des mentalen Trainings bei Schlaganfallpatienten besser zum Einsatz kommen können. Auch gilt es weiter abzuklären, inwieweit diese Techniken als Add-on-Therapie zum Einsatz kommen oder sich in bestehenden Rehabilitationsstrukturen einordnen lassen. Manche Therapien sind möglicherweise auch besonders gut für Heimtraining geeignet. Während sich klassischerweise die Schlaganfallrehabilitation vor allem aus der praktischen Erfahrung entwickelt hat, stehen heute immer mehr evidenzbasierte Verfahren und Behandlungen nach Leitlinien zur Verfügung. Aus neurogeriatrischer Sicht ist die Erkenntnis wichtig, dass innovative Therapien wie Videotraining, Spiegeltraining, mentales Training, bilaterales Training, Roboter-unterstütztes Training oder der Einsatz der repetitiven Magnetstimulation auch für die Behandlung älterer Schlaganfallpatienten geeignet sind.

Literatur

- Altschuler EL, Wisdom SB, Stone L, Foster C, Galasko D, Llewellyn DME, Ramachandran VS. Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *The Lancet* 1999; 353: 2035-2036.
- Braun SM, Beurskens AJ, Borm PJ, Schack T, Wade DT. The effects of mental practice in stroke rehabilitation: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87: 842-852.
- Buccino G, Solodkin A, Small SL. Functions of the mirror neuron system: implications for neurorehabilitation. *Cog Behav Neurol* 2006; 19: 55-63.
- Cabeza R. Cognitive neuroscience of aging: contributions of functional Neuroimaging. *Scand J Psychol* 2001; 42: 277-286.
- Celnik P, Stefan K, Hummel F, Duque J, Classen J, Cohen LG. Encoding a motor memory in the older adult by action observation. *NeuroImage* 2006; 29: 677-684.
- Celnik P, Webster B, Glasser DM, Cohen LG. Effects of action observation on physical training after stroke. *Stroke* 2008; 39: 1814-1820.
- Decety J, Grèzes J. Neural mechanisms subserving the perception of human actions. *Trends Cogn Sci* 1999; 3: 172-178.
- Dettmers C, Fink GR, Lemon RN, Stephan KM, Passingham R, Silbersweig D, Holmes D, Ridding M, Brooks DJ, Frackowiak RSJ. The relation between cerebral activity and force in the motor areas of the human brain. *J Neurophysiol* 1995; 74: 802-815.
- Dettmers C, Ridding MC, Stephan KM, Lemon RN, Rothwell JC, Frackowiak RSJ. Comparison of regional cerebral blood flow (rCBF) with transcranial magnetic stimulation (TMS) at different forces. *J Appl Physiol* 1996; 81: 596-603.
- De Vries S, Mulder T. Motor imagery and stroke rehabilitation: a critical discussion. *J Rehabil Med* 2007; 39: 5-13.
- 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* 2008; doi: 10.1177/1545968308324786.
- Duque J, Hummel F, Celnik P, Murase N, Mazzocchio R, Cohen LG. Transcallosal inhibition in chronic subcortical stroke. *Neurimage* 2005; 28: 940-946.
- Duque J, Murase N, Celnik P et al. Intermanual differences in movement-related interhemispheric inhibition. *J Cogn Neurosci* 2007; 19: 204-213.
- Ertelt 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; doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.03.043
- Fadiga L, Buccino G, Craighero L, Fogassi L, Gallese V, Pavesi G. Corticospinal excitability is specifically modulated by motor imagery: a magnetic stimulation study. *Neuropsychologia* 1999; 37: 147-158.
- Fontani G, Migliorini S, Benocci R, Facchini A, Casini M, Corradeschi F. Effect of mental imagery on the development of skilled motor actions. *Perceptual and Motor Skills* 2007; 105: 803-826.
- Gentili R, Papaxanthis C, Pozzo T. Improvement and generalization of arm motor performance through motor imagery practice. *Neuroscience* 2006; 137: 761-772.
- Grady CL. Functional Neuroimaging studies of aging. In: Squire LR (Hrsg): *Encyclopedia of Neuroscience*. Academic Press, Oxford 2008.
- Grèzes J, Decety J. Functional anatomy of execution, mental simulation, observation, and verb generation of actions: a meta-analysis. *Hum Brain Mapping* 2001; 12: 1-19.
- Holmes PS. Theoretical and practical problems for imagery in stroke rehabilitation: an observation study. *Rehabilitation Psychology* 2007; 52: 1-10.
- Isaac A, Marks D, Russell E. An instrument for assessing imagery of movement: The Vividness of Movement Imagery Questionnaire (VMIQ). *J Mental Imagery* 1986; 10: 23-30.
- Jackson PL, Lafleur MF, Malouin F, Richards CL, Doyon J. Functional cerebral reorganization following motor sequence learning through mental practice with motor imagery. *Neurimage* 2003; 20: 1171-1180.
- Jeannerod M. Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *Neuroimage* 2001; 14: 103-109.
- Johnson SH, Sprehn G, Saykin AJ. Intact motor imagery in chronic upper limb hemiplegics: evidence for activity-independent action representation. *J Cogn Neurosci* 2002a; 14: 841-852.
- Johnson SH, Rotte M, Grafton ST, Hinrichs H, Gazzaniga MS, Heinze H-J. Selective activation of parietofrontal circuit during implicitly imagined prehension. *Neuroimage* 2002b; 17: 1693-1704.
- Kimberley TJ, Khandekar G, Skraba LL, Spencer JA, van Gorp EA, Walker SR. Neural substrates for motor imagery in severe hemiparesis. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 2006; 20: 268-277.
- Lewis GN, Perreault EJ. Side of lesion influences interhemispheric inhibition in subjects with post-stroke hemiparesis. *Clin Neurophysiol* 2007; 118: 2656-2663.
- Liepert J, Dettmers C, Terborg C, Weiller C. Inhibition of ipsilateral motor cortex during phasic generation of low force. *Clin Neurophysiol* 2001; 12: 114-121.
- Lotze M, Cohen LG. Volition and imagery in neurorehabilitation. *Cog Behav Neurol* 2006; 19: 135-140.
- Lotze M, Halsband U. Motor imagery. *J Physiol* 2006; 99: 386-395.
- Malouin F, Belleville S, Richards CL, Desrosiers J, Doyon J. Working memory and mental practice outcomes after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85: 177-183.
- Malouin F, Richards CL, Durand A, Doyon J. Clinical assessment of motor imagery after stroke. *Neurorehabil Neural Repair* 2008a; DOI: 10.1177/1545968307313499.
- Malouin F, Richards CL, Durand A, Doyon J. Reliability of mental chronometry for assessing motor imagery ability after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2008b; 89: 311-319.
- Miltner R, Simon U, Netz J, Hömberg V. Bewegungsvorstellung in der Therapie von Patienten mit Hirninfarkt. In: Dettmers C, Rijntjes M, Weiller C: *Funktionelle Bildgebung und Physiotherapie*. Hippocampus Verlag, Bad Honnef 1998.
- Milton J, Small SL, Solodkin A. Imaging motor imagery: Methodological issues related to expertise. *Methods* 2008; 45: 336-341.
- Mulder T, Zijlstra S, Zijlstra W, Hochstenbach J. The role of motor imagery in learning a totally novel movement. *Exp Brain Res* 2004; 154: 211-217.
- Mulder T. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *J Neural Transm* 2007; DOI 10.1007/s00702-007-0763-z.
- Nedelko V, Hassa F, Hamzei F, Weiller C, Schoenfeld A, Dettmers C. Action observation and imagery in stroke patients stimulate both hemispheres: the affected and non-affected. *J Neurology* 2009; 256 (2): 32.
- Page SJ, Levine P, Leonard A. Mental practice in chronic stroke. Results of a randomized, placebo-controlled trial. *Stroke* 2007; 38: 1293-1297.

40. Page SJ, Levine P, Khoury J. Modified Constrained-Induced Movement Therapy combined with Mental Practice: Thinking through better motor outcomes. *Stroke* 2008; 40(2): 551-554
41. Piefke M, Kramer K, Korte M, Schulte-Rüther M, Korte JM, Wohlschläger AM, Weber J, Shah NJ, Huber W, Fink GR. Neurofunctional modulation of brain regions by distinct forms of motor cognition and movements features. *Human Brain Mapping* 2009; 30: 432-451.
42. Rizzolatti G, Craighero L. The mirror-neuron system. *Ann Rev Neurosci* 2004; 27: 169-192.
43. Sharma N, Pomeroy VM, Baron JC. Motor imagery: a backdoor to the motor system after stroke. *Stroke* 2006; 37: 1941-1952.
44. Solodkin A, Hlustik P, Chen EE, Small SE. Fine modulation in network activation during motor execution and motor imagery. *Cereb Cortex* 2004; 14: 1246-1255.
45. Stephan KM, Fink GR, Passingham RE, Silbersweig D, Ceballos-Baumann AO, Frith CD, Frackowiak RSJ. Imagining the execution of movements. Functional anatomy of the mental representation of upper extremity movements in healthy subjects. *J Neurophysiol* 1994; 73: 373-386.
46. Stinear CM, Fleming MK, Barber PA, Byblow WD. Lateralization of motor imagery following stroke. *Clin Neurophysiol* 2007; 118: 1794-1801.
47. Sütbeyaz S, Yavuzer G, Sezer N, Koseoglu F. Mirror therapy enhances lower-extremity motor recovery and motor functioning after stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 555-559.
48. Talelli P, Waddingham W, Ewas A, Rothwell JC, Ward NS. The effect of age on task-related modulation of interhemispheric balance. *Exp Brain Res* 2008a; 186: 59-66.
49. Talelli P, Ewas A, Waddingham W, Rothwell JC, Ward NS. Neural correlates of age-related changes in cortical neurophysiology. *NeuroImage* 2008b; 40: 1772-1781.
50. Ward NS, Frackowiak RSJ. Age-related changes in the neural correlates of motor performance. *Brain* 2003; 126: 873-888.
51. Ward NS, Swayne OBC, Newton JM. Age-dependent changes in the neural correlates of force modulation: An fmri study. *Neurobiol Aging* 2008; 29: 1434-1446.
52. Weiss T, Hansen E, Rost R, Beyer L. Mental practice of motor skills used in poststroke rehabilitation has own effects on central nervous activation. *Int J Neurosci* 1994; 87: 157-166.
53. Wenkeler V, Hassa T, Tüeschler O, Weiller C, Dettmers C. Age dependency of activation in the visuomotor system during observation and imagination. *Klinische Neurophysiologie* 2008; 29: 77
54. Yavuzer G, Selles R, Sezer N, Sütbeyaz S. Mirror therapy improves hand function in subacute stroke. A randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89: 393-398.
55. Yue G, Cole KJ. Strength increase from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. *J Neurophysiol* 1992; 67: 1114-1123.

Danksagung:

Frau A. Ruchay-Plössl, Frau C. Rothmeier und Herrn M. Arndt danken wir für die Erstellung der Videos. Frau C. Rothmeier ist darüber hinaus maßgeblich für die Testungen der Patienten verantwortlich.

Interessenvermerk:

Es besteht kein Interessenkonflikt.

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. Christian Dettmers
Kliniken Schmieder Konstanz
Eichhornstr. 68
78464 Konstanz
E-Mail: c.dettmers@kliniken-schmieder.de





T. Haid, M. Kofler

Periphere Dysgraphien

Hippocampus Verlag
Bad Honnef 2008
A4, br., 56 S., zahlreiche Schriftbeispiele in Originalgröße
€ 29,90, ISBN 978-3-936817-30-0

Die Beurteilung handschriftlicher Proben neurologischer Patienten jenseits (schrift-)sprachsystematischer Defizite fristet klinisch ein Schattendasein. Als Beitrag zur Schließung dieser Lücke erarbeiten die Autoren auf Basis neurologischer Fallbeispiele potenziell eigenständig zu beobachtende handschriftliche Störungsphänomene sowie Untersuchungs- und Beschreibungsvorschläge für die klinische Diagnostik der peripheren Dysgraphien. Das vorliegende Buch richtet sich primär an Berufsgruppen, die diagnostisch und therapeutisch im Bereich der Neurorehabilitation tätig sind.

Für Neuropsychologen, Neurologen, Ergotherapeuten, Logopäden