

Spiegeltherapie nach Schlaganfall

NeuroGeriatric 2012; 9 (2): 71–78

© Hippocampus Verlag 2012

Ch. Dohle

Zusammenfassung

Im Rahmen der Spiegeltherapie wird ein Spiegel in der Körpermitte des Patienten auf einem Tisch platziert, die betroffene Extremität liegt dabei hinter dem Spiegel. Schaut der Patient in den Spiegel, so nimmt er das Spiegelbild seiner nicht betroffenen Extremität als das seiner betroffenen Gliedmaße wahr. Der besondere Aspekt, den die Spiegeltherapie in die motorische Rehabilitation einbringt, ist die gezielte Aktivierung der visuellen Repräsentation des Körperschemas. Die Spiegeltherapie ist somit vor allem zur Therapie derjenigen Symptome interessant, bei denen über die »klassischen«, vorwiegend somatosensorisch orientierten Therapieverfahren nur schwer eine Aktivierung der betroffenen Hemisphäre erreicht werden kann, also schwere Armlähmungen, Einschränkungen in der Wahrnehmung der betroffenen Extremität und schmerzhafte Bewegungseinschränkungen. Im Rahmen modularer Therapiekonzepte motorischer Störungen kann die Spiegeltherapie als »Prä-Forced-Use«-Element eingesetzt werden.

Schlüsselwörter: Spiegeltherapie, schwere Armlähmung, motorische Störung, Aktivierung der visuellen Repräsentation des Körperschemas

*MEDIAN KLINIK Berlin Kladow,
Berlin*

Prinzip

Das Prinzip der Spiegeltherapie besteht darin, einen Spiegel in der Körpermitte des Patienten auf einem Tisch zu platzieren und die betroffene Extremität hinter dem Spiegel zu lagern (Abb. 1). Der Patient schaut in den Spiegel und sieht dort das Spiegelbild seiner nicht betroffenen Extremität, als wäre es die betroffene Extremität.

Historische Entwicklung

Die Idee zum therapeutischen Einsatz des Spiegels stammt ursprünglich aus der Beobachtung, dass sein Einsatz bei teilamputierten Patienten zu Sensationswahrnehmungen in der amputierten Gliedmaße führte [45, 46]. Im Rahmen einer Pilotstudie von Altschuler und Mitarbeitern wurde dann die prinzipielle Wirksamkeit dieses Therapieverfahrens bei Schlaganfallpatienten gezeigt [2].

Neurophysiologische Grundlagen

In den letzten Jahren hat es sowohl in der neurowissenschaftlichen Grundlagenforschung als auch im Bereich der neurologischen Rehabilitation eine Reihe neuer Erkenntnisse gegeben. Wesentliche Fortschritte für das Verständnis der zerebralen Organisation von Bewegung hat das Aufkommen der bildgebenden Verfahren (z. B. Positronen-Emissions-Tomographie, funktionelle Kernspintomographie, Magnetenzephalographie) gebracht, die es erlauben, menschliche Hirnaktivität nichtinvasiv abzubilden. Nachdem hiermit zunächst die Strukturen identifiziert werden konnten, die an der Ausführung von Bewegung beteiligt sind [12, 48, 49, 50], zeigten zahlreiche nachfolgende Studien, dass ähnliche

Areale bereits bei der Vorstellung von Bewegung [13, 55] oder der Bewegungsbeobachtung [8, 47] aktiviert werden. Eine ausführliche Übersicht der Gemeinsamkeiten und der Unterschiede der Aktivierungsmuster unter den verschiedenen Konditionen findet sich beispielsweise bei Grèzes und Decety [27].

Von besonderer Wichtigkeit für die neurologische Rehabilitation ist dabei die Frage der Lateralisierung, d. h. die Unterschiede der Aktivierungsmuster bei Bewegung der rechten oder linken Seite. Bei der Ausführung von Bewegung findet sich stets eine somatotop organisierte Aktivierung der jeweils kontralateralen primären sensomotorischen Areale [25, 26, 29]. Allerdings findet sich regelhaft auch eine Aktivierung der jeweils homologen Areale ipsilateral zur bewegten Gliedmaße [14, 24, 30], deren Ausmaß abhängig von der jeweilig gewählten Aufgabe ist [19, 42, 61]. In der Organisation der höheren motorischen Areale findet sich allerdings eine aufgabenspezifische Spezialisierung der Hemisphären [7, 31, 36].

Speziell für die Bewegungsvorstellung (Erkennung der Lateralität einer visuell dargebotenen Hand) konnte in einer Untersuchung an Split-Brain-Patienten gezeigt werden, dass diese Aufgabe nur jeweils in der »zuständigen« Hemisphäre geleistet werden kann [43]. Somit lag die Vermutung nahe, dass die Spiegelung von Bewegung zu einer Aktivierung der jeweils kontralateralen Hemisphäre führen würde. Dieser Nachweis gelang erstmals Dohle und Mitarbeitern in einer Studie unter Einsatz der funktionellen Kernspintomographie [14]. In einem Experiment, in dem Fingerbewegungen unter Benutzung einer Videokamera entweder normal oder gespiegelt dargeboten wurden, wurden durch die Spiegelung lateralisierte Aktivierungen der primären und höheren visuellen Areale nachgewiesen, und zwar jeweils streng in der Hemisphäre, die für die Kontrolle der visuell

Mirror therapy after stroke

Ch. Dohle

Abstract

While practicing mirror therapy, a mirror is placed on a table in front of the patient in a medial position. The affected limb is hidden behind the mirror, the corresponding and uninjured part is positioned in front of it. When looking into the mirror, the patient perceives the reflection of his unaffected limb as if it were his injured body part. Mirror therapy adds to motor rehabilitation a special aspect: the activation of the body schemes' visual representation. This makes mirror therapy a suitable approach for treating symptoms like severe arm paralysis, a limited perception of the affected limb, and painful restricted mobility. These symptoms cannot be treated with conventional, mainly somato-sensory-oriented techniques, which hardly activate the affected hemisphere. In modular treatment concepts of motor dysfunction mirror therapy can be used as a "pre-forced-use"-element.

Key words: mirror therapy, severe arm paralysis, motor dysfunction, activation of the body schemes' visual representation

NeuroGeriatric 2012; 9 (2): 71–78

© Hippocampus Verlag 2012

dargebotenen Hand zuständig war. Diese Aktivierungen waren unabhängig von denen, die durch die motorische Bewegungsausführung hervorgerufen wurden. In einem ähnlichen Paradigma, aber unterschiedlicher Auswertungsstrategie, fanden Matthys und Mitarbeiter ebenfalls eine Aktivierung der jeweils kontralateralen Hemisphäre, allerdings mit Schwerpunkt in V2 und dem superioren temporalen Sulcus [33]. In einem Experiment mit Variation der visuellen Rückkopplung mittels virtueller Realität zeigte sich eine isolierte lateralisierte Aktivierung des Präcuneus [18].

Unter Benutzung der transkraniellen Magnetstimulation konnte gezeigt werden, dass diese lateralisierten Aktivierungen auch funktionelle Konsequenzen haben: Die Betrachtung gespiegelter Fingerbewegungen führt zu einer erhöhten muskulären Erregbarkeit der nicht aktiven, aber als aktiv wahrgenommen Hand [22, 23]. Eine mögliche Ursache der Wirksamkeit der Spiegeltherapie könnte somit die Änderung der muskulären Erregbarkeit durch lateralisierte Aktivierung der entsprechenden Hemisphäre sein.

Alle oben genannten Befunde wurden an Normalpersonen erhoben. Bisher gibt es nur eine Studie, die ähnliche Mechanismen bei Patienten nachweisen konnte. Aufbauend auf die Studie von Matthys und Mitarbeitern untersuchten Michielsen und Mitarbeiter den Effekt der Spiegelillusion auf die zerebrale Aktivierung bei Patienten nach erstmaligem Schlaganfall mittels funktioneller Kernspintomographie. Sie fanden keine spezifische Aktivierung durch die Spiegelillusion, aber eine Aktivierung des anterioren Präcuneus sowie des posterioren Cingulums in bimanuellen Bewegungen unter Benutzung des Spiegels [38].

Die Befunde bei Spiegelung einer Extremität sind allerdings noch einmal unterschiedlich zu denen bei Spiegelung der Position der Extremität im Raum. Dies lässt sich auch mittels funktioneller Bildgebung nach-

weisen: In dem bereits erwähnten Experiment unter Benutzung virtueller Realität zeigte sich die lateralisierte Aktivierung im Wesentlichen als Reaktion auf die Variation der Lateralität des Arms. Die (unabhängig modifizierte) Koordinatenspiegelung führte zu einer Aktivierung der insulären Region [18].

Die Durchführung bimanueller Bewegungen unter gespiegelter visueller Rückkopplung einer Hand stellt eine zusätzliche Anforderung dar. In diesem Fall gibt es für jede Extremität sowohl eine kinästhetische als auch eine visuelle Rückkopplung der Bewegung. Sind diese im Wesentlichen gleichartig, kann die Benutzung des Spiegels in einer verbesserten Synchronizität der Bewegungsausführung resultieren [21]. Sind sie unterschiedlich, führt die gespiegelte visuelle Rückkopplung zu einer veränderten Bewegungsausführung des nicht sichtbaren Arms [1]. Zudem kann es in diesem Fall zu unangenehmen Wahrnehmungen bis hin zu Schmerz kommen [20, 34]. Bildgebungsstudien legen nahe, dass für beide Hände der rechte präfrontale Kortex eine zentrale Rolle für den Abgleich zwischen visueller und kinästhetischer Information einnimmt [20].

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist allerdings eine besondere Beachtung auf die Unterscheidung zwischen proximaler und distaler Motorik zu legen. Befunde an Normalpersonen und an Patienten legen nahe, dass die proximale Motorik stärker bilateral organisiert ist, während die distale Motorik stärker lateralisiert ist [3, 16, 41]. Auch die oben genannten Befunde sind in der Mehrzahl für distale Bewegungen erhoben worden. Daher sind Effekte durch die Bewegungsspiegelung auch eher im Bereich der distalen Motorik zu erwarten.

Effekte bei Schlaganfallpatienten

Nach der bereits oben erwähnten Pilotstudie von Altschuler und Mitarbeitern gab es lange Zeit nur anekdotische Berichte über den Effekt der Spiegeltherapie. In den letzten Jahren sind allerdings mehrere hochqualitative randomisierte Studien zu diesem Thema durchgeführt und publiziert worden.

Im Rahmen der Pilotstudie von Altschuler und Mitarbeitern wurden neun Patienten im chronischen Stadium ihrer Erkrankung (sechs Monate bis 26,25 Jahre nach Ereignis) über einen Gesamtzeitraum von acht Wochen jeweils 2 x 15 min täglich (sechs Tage/Woche) behandelt. Die Behandlung erfolgte über jeweils vier Wochen mit der Spiegeltherapie oder mit einer Kontrolltherapie mit direkter visueller Kontrolle der betroffenen Hand, wobei die zuerst durchgeführte Behandlungsart zwischen den Patienten randomisiert wurde. In einer verblindeten, videobasierten Auswertung fanden die Beurteiler bei mehr Patienten eine (nicht näher spezifizierte) Verbesserung unter der Spiegeltherapie als unter der Kontrolltherapie. Leider finden sich in der Arbeit weder eine explizite Darstellung der Defizite noch der erzielten Verbesserungen. Zudem war die Patientengruppe in vielen Bereichen unbalanciert: So waren beispielsweise

sieben der neun behandelten Patienten Rechtshänder mit rechtshemisphärischen Läsionen. Deutlich wurde jedoch, dass schwer betroffene Patienten mehr von der Spiegeltherapie profitieren als Patienten mit leichten Defiziten.

In einer Pilotstudie zur Evaluierung einer Kombination aus verschiedenen kognitiven Therapieansätzen verglichen Miltner und Mitarbeiter u. a. Spiegeltraining mit und ohne passive Mitbewegung der betroffenen Seite. In ihrer Studie an neun chronischen Schlaganfallpatienten unterschiedlichster Schweregrade zeigte sich die passive Mitbewegung effektiver als Spiegeltherapie ohne derartige Mitbewegung [39].

Nachfolgend wurden zunächst nur wenige Arbeiten mit präziser klinischer Evaluierung publiziert. So finden sich insgesamt drei Fallstudien ohne Vergleich zu einer Kontrolltherapie [54, 56, 57]. Sathian und Mitarbeiter behandelten einen Patienten mit leichten motorischen Defiziten sechs Monate nach einem lakunären Infarkt in einem (nicht näher spezifizierten) kombinierten Ansatz aus Spiegeltherapie und »Forced-Use«-Training. Über einen Gesamtzeitraum von drei Monaten mit wöchentlichem Vor-Ort-Training und Anleitung zum Heimtraining fanden sich Verbesserungen in Griffkraft, Bewegungsumfang und Bewegungszeit in verschiedenen motorischen Aufgaben [54]. Stevens und Stoykov nutzten den Spiegel zur Förderung der Bewegungsvorstellung. Sie behandelten insgesamt drei Patienten im chronischen Stadium der Erkrankung (14 Monate bis sechs Jahre nach Ereignis) in einem kombinierten Therapieregime mittels täglicher Bewegungspräsentation durch Computeranimationen sowie durch den Einsatz des Spiegels. Sie erreichten hierdurch über einen Zeitraum von vier bzw. drei Wochen Verbesserungen in verschiedenen motorischen Tests (Fugl-Meyer-Skala, Untertests des Jebsen-Tests) sowie in Griffkraft und Bewegungsumfang [56, 57].

Rothgangel und Mitarbeiter publizierten 2007 die Ergebnisse einer 2002 durchgeführten placebokontrollierten Therapiestudie an insgesamt 16 Patienten (jeweils acht pro Gruppe) im chronischen Stadium ihrer Erkrankung [52]. Sie beschreiben nach fünfwöchigem Behandlungszeitraum stärkere Verbesserungen der motorischen Funktion (gemessen mit dem Action Research Arm Test) sowie auf einer Skala der subjektiven Patientenzufriedenheit (Patient Specific Complaint Scale) in der Experimentalgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die beiden Patientengruppen bereits in den Ausgangswerten erheblich differierten, sodass die beobachteten Unterschiede nicht ausschließlich auf die Spiegeltherapie zurückzuführen sind.

Yavuzer und Mitarbeiter zeigten 2008 in einer placebokontrollierten Studie an insgesamt 40 Schlaganfallpatienten (jeweils 20 pro Gruppe) verschiedenster Schweregrade innerhalb des ersten Jahres nach dem Ereignis signifikante Verbesserungen in den Brunnstrom Stadien der Arm-/Handfunktion und den Hand-Items des Functional Independence Measure (einer ADL-Skala),



Abb. 1: Das Prinzip der Spiegeltherapie

die auch sechs Monate nach Abschluss der Therapie noch nachweisbar waren [63]. Effekte auf die Spastizität fanden sich nicht.

Die randomisierte, placebokontrollierte Studie von Dohle und Mitarbeitern konzentrierte sich auf Patienten mit schwerer Armparese in der Frühphase nach dem schädigenden Ereignis. Insgesamt wurden 36 Patienten innerhalb der ersten drei Monate nach erstmaligem Insult (im Stromgebiet der Arteria cerebri media) über einen Zeitraum von sechs Wochen entweder mit der Spiegeltherapie oder mit einer Kontrolltherapie behandelt [17]. Eine ausführliche Testung umfasste die Motorik, die Sensibilität, Schmerz und passives Bewegungsausmaß ebenso wie eine neuropsychologische Testung, insbesondere im Hinblick auf Neglekt. Dabei zeigten sich in der Gesamtgruppe bzw. in entsprechenden Untergruppen drei Effekte: In der Untergruppe der Patienten mit distaler Plegie zeigten sich nach der Spiegeltherapie signifikant bessere distale Funktionen. Bei allen Patienten fanden sich signifikante Effekte auf die Oberflächensensibilität. In der Untergruppe der ehemaligen Rechtshänder mit rechtshemisphärischen Läsionen fand sich ein signifikanter Effekt auf den Neglekt.

Bei allen genannten Studien wurde die Spiegeltherapie durch Therapeuten in einer 1:1-Betreuung durchgeführt. Kürzlich publizierten jedoch Michielsen und Mitarbeiter eine Arbeit, die den Effekt eines supervidierten Eigentrainings bei Patienten mit leichten bis mittelschweren Armlähmungen im chronischen Stadium nach Schlaganfall belegte. In ihrer Studie übten Schlaganfallpatienten über einen Zeitraum von vier Wochen an fünf Tagen pro Woche jeweils eine Stunde pro Woche im häuslichen Umfeld und einmal wöchentlich unter der Aufsicht eines Therapeuten. Zur Sicherung der Therapietreue erhielten Patienten zudem ein Instruktionsmaterial mit Photographien und Filmen. Im Vergleich zu Patienten, die eine Kontrolltherapie erhielten, zeigten sich in der Spiegeltherapie-Gruppe signifikante Verbesserungen auf der Fugl-Meyer-Skala, aber nicht auf den anderen

verwandten Skalen (Griffkraft, Spastik, Schmerz, ARAT, ABILHAND-Fragebogen, Erfassung des spontanen Armgebrauchs mittels Accelerometrie). Diese Effekte waren in der 6-Monats-Verlaufsuntersuchung nicht mehr nachweisbar [37]. In einer Untergruppe der Patienten wurden auch Untersuchungen mit funktioneller Kernspintomographie durchgeführt. Hier fand sich in der Gruppe der mit der Spiegeltherapie behandelten Patienten ein signifikanter Shift der Aktivierung in die betroffene Hemisphäre, der bei den Patienten der Kontrolltherapie nicht nachweisbar war.

Da für die Spiegeltherapie sowohl Effekte auf eine Halbseitenssymptomatik nach Schlaganfall als auch auf Schmerzsyndrome wie das komplex-regionale Schmerzsyndrom (CRPS) oder Phantomschmerz berichtet wurden, lag es nahe, dass die Spiegeltherapie auch bei CRPS nach Schlaganfall wirksam sein könnte. Dieser Nachweis gelang Cacchio und Mitarbeitern 2009. Sie verglichen in einer randomisierten klinischen Studie eine vierwöchige Spiegeltherapie mit einer Kontrolltherapie (1 h/Tag, 5 Tage/Woche) bei 48 Patienten im Mittel fünf Monate nach erstmaligem Schlaganfall und Symptomen eines komplexen regionalen Schmerzsyndroms (CRPS). Als primärer Endpunkt fand sich eine signifikante Reduktion der Schmerzsymptomatik (gemessen mit der »Visual Analogue Scale« (VAS)) unmittelbar nach der Intervention, aber auch im 6-Monats-Follow-Up. Auch in der als sekundärer Endpunkt erhobenen motorischen Funktion (gemessen mit dem Wolf Motor Function Test und der »Quality of Movement«-Subskala des Motor Activity Log [MAL]) zeigten sich signifikante Verbesserungen – sowohl unmittelbar nach der Intervention als auch im 6-Monats-Follow-Up [9].

Aus der gleichen Arbeitsgruppe wurde auch eine dreiarmlige Therapiestudie an 24 chronischen Schlaganfallpatienten berichtet. Hier fand sich durch eine vierwöchige Spiegeltherapie (30 min/d) – im Vergleich zu der Kontrolltherapie mit abgedecktem Spiegel und einer rein mentalen Trainingsstrategie – ebenfalls eine signifikante Reduktion der Schmerzsymptomatik unmittelbar nach der Intervention. Der langfristige Effekt und der Effekt auf die (ebenfalls erhobene) motorische Symptomatik wurde nicht berichtet [10].

Die oben dargestellten Studien beschäftigten sich sämtlich mit dem Einsatz der Spiegeltherapie in der Rehabilitation der oberen Extremität. Es wurde jedoch auch eine randomisierte Studie publiziert, die Verbesserungen der Funktion der unteren Extremität zeigte [59].

Aktuell werden die berichteten Effekte im Rahmen einer Metaanalyse zusammengefasst [60]. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass alle bisher publizierten Studien signifikante Verbesserungen der motorischen Funktionen fanden, die zum Teil auch im längerfristigen Follow-Up noch nachweisbar waren. Auch wenn immer wieder berichtet wird, dass die Anwendung der Spiegeltherapie unmittelbar nach der Intervention zu einer Reduktion des Muskeltonus führt, zeigte keine der beschriebenen Studien einen signifikanten langfristigen

Effekt auf die Spastik. Die Daten sind allerdings unter dem Vorbehalt zu betrachten, dass diese Studien alle darauf angelegt waren, den Effekt der visuellen Rückkopplung zu untersuchen, aber nicht den Vergleich zu einer Standardtherapie. Das heißt, dass im Rahmen der Studienprotokolle die Patienten in der Kontrolltherapie entweder Bewegungen im Rahmen ihrer residuellen Funktionen durchführten oder die betroffene Extremität vollständig immobilisiert wurde. Bei hochgradiger Parese bedeutet dies, dass im Rahmen der Kontrolltherapie praktisch keine aktive oder passive Bewegung der betroffenen Extremität erfolgte. Somit gibt es keine Befunde darüber, welchen Effekt die Spiegeltherapie im Vergleich zu einer Standardtherapie erzielen würde. Daher erlauben diese Befunde keine direkten Aussage darüber, bei welchen Patienten die Spiegeltherapie als Ersatz für eine Standardtherapie zum Einsatz kommen kann.

Über die Anwendung bei Patienten nach Schlaganfall hinaus wurde die Spiegeltherapie auch zur Therapie von Schmerzsyndromen postuliert, so z.B. zur Reduktion des Phantomschmerzes bei Zustand nach Amputation [46] sowie bei Schmerzzuständen im Rahmen peripherer Schädigungen [35]. Trotz des im Wesentlichen gleichen therapeutischen Aufbaus sind bei diesen Indikationen unterschiedliche zerebrale Wirkmechanismen anzunehmen [34]. Die Wirksamkeit der Spiegeltherapie scheint jedoch bei diesen Krankheitsbildern mittlerweile gut belegt.

Praktische Umsetzung

Wie ausgeführt, liegen mittlerweile mehrere hochqualitative Studien zum klinischen Effekt der Spiegeltherapie vor. Es ist jedoch zu beachten, dass unter dem Begriff »Spiegeltherapie« verschiedene Ausführungsvarianten möglich sind, die sich in bestimmten Aspekten nicht unerheblich unterscheiden [15]. Eine ausführliche Darstellung der praktischen Umsetzung findet sich an anderer Stelle [4], daher sollen hier nur die wesentlichen Elemente skizziert werden.

Eine unabdingbare Voraussetzung für alle Varianten der Spiegeltherapie ist das Vorhandensein eines reizarmen Raums. Dies bedeutet, dass Spiegeltherapie nur in Einzelsitzungen und möglichst auch in Räumen ohne starke visuelle Ablenkungen (z. B. Bilder oder durch Fenster sichtbare Bewegungen) durchgeführt werden sollte.

Der prinzipielle Therapieaufbau ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Größe des Spiegels muss dabei ausreichend groß gewählt werden. So soll der Blick des Patienten auf seinen betroffenen Arm verhindert werden, zudem müssen die gespiegelten Bewegungen der nicht betroffenen Extremität vollständig zu sehen sein. Um eine Blickwendung der Patienten hin zur nicht betroffenen Extremität zu vermeiden, wurde von manchen Autoren eine zusätzliche Abdeckung benutzt, die allerdings den Bewegungsumfang der nicht betroffenen Extremität deutlich einschränkt [37, 59]. In vielen Arbeiten wird die sogenannte »Mirror Box« benutzt, die von

Ramachandran und Mitarbeitern in den ursprünglichen Arbeiten an Phantomschmerz-Patienten benutzt wurde [45, 46]. Bei dieser Konstruktion ist die betroffene Extremität in einem kastenförmigen Aufbau eingeschlossen. In einem derartigen Aufbau sind jedoch nur Finger- und Handbewegungen durchführbar, zudem kommt es durch die räumliche Nähe von nicht betroffener Extremität und ihrem Spiegelbild regelhaft zu dem Perzept einer bimanuellen Bewegung. Nach Erfahrung des Autors kann dieser Aufbau daher für die Anwendung bei Schlaganfallpatienten nicht uneingeschränkt empfohlen werden.

Darüber hinaus unterscheiden sich die Therapieprotokolle vor allem in zwei Punkten:

1. Aufgabe der nicht betroffenen Extremität,
2. Aufgabe der betroffenen Extremität.

Aufgabe der nicht betroffenen Extremität

Die Handlungsanweisung für die nicht betroffene Extremität bestimmt das visuelle Perzept bei der Therapiedurchführung. Eine wesentliche Frage ist dabei, ob hierbei Objekte manipuliert werden sollen oder die Aufmerksamkeit auf die Konfiguration der Extremität an sich gerichtet werden soll, also ob transitive oder nicht transitive Aufgaben verlangt werden. In den initialen Arbeiten zur Spiegeltherapie wird kein Objektgebrauch beschrieben [2, 54], in den nachfolgenden Berichten kommen diese jedoch häufig zum Einsatz [51, 56, 57].

Prinzipiell scheint das Training transitiver Aufgaben einen höheren Lerneffekt zu haben als eine Konzentration auf die Bewegung der Extremität an sich [62]. Dies ist jedoch für die Interaktion mit Objekten im Spiegel differenzierter zu betrachten, da es in diesem Fall nicht nur zu einer Veränderung des Fokus der Aufmerksamkeit kommt, sondern eine zusätzliche Koordinatentransformation (Bewegungsspiegelung) verlangt wird [18]. Während die Spiegelung einer Extremität in der Regel problemlos geleistet werden kann, stellt die Durchführung objektzentrierter Bewegungen im Raum (z. B. Zeichnen, Greifen) bereits für Normalpersonen eine große Schwierigkeit dar [32]. Patienten mit bestimmten Läsionen im Bereich des parietalen Kortex können diese Transformationen unter Umständen gar nicht oder nur mit erheblichen Schwierigkeiten leisten – ein Phänomen, das unter dem Namen »Spiegelagnosie« beschrieben worden ist [5, 6, 44].

Aus diesen Gründen kann der Einsatz von Objekten nicht uneingeschränkt empfohlen werden. Im Rahmen des »Bonner Therapieprotokolls« der Studie des Autors wurde ein Therapieprotokoll verwandt, in dem bestimmte Positionen bzw. Konstellationen der oberen Extremität durch Zahlen gekennzeichnet sind und auf Anforderung reproduziert werden müssen. Um den Grad der Anforderung dem kognitiven Niveau des Patienten anpassen zu können, gibt es zu jeder Grundbewegung feinmotorische Variationen, die ebenfalls genau definiert sind [4]. Da die klinische Studie des Autors gezeigt hatte, dass bei schwerer betroffenen Patienten der Effekt der

Spiegeltherapie auf die distale Motorik stärker ist als auf die proximale, wäre dieses Vorgehen jedoch zu optimieren: Schwerpunkt sollten distale Aufgaben sein, die zur Steigerung des Schwierigkeitsgrades um proximale Aufgaben ergänzt werden. Dieses Protokoll wird derzeit als »Berliner Variante« des Bonner Therapieprotokolls evaluiert. Nach Ansicht des Autors sollten nur bei Patienten, die mit einem Therapieprotokoll mit vielen Variationen noch unterfordert sind, Objekte ergänzend zum Einsatz kommen.

Aufgabe der betroffenen Extremität

Die Handlungsanweisung für die nicht betroffene Extremität bestimmt das kinästhetische (oder propriozeptive) Perzept bei der Therapiedurchführung. Auch hier existieren verschiedene Varianten der Therapiedurchführung:

- passive Bewegung der betroffenen Extremität (in gleicher Art und Weise wie die nicht betroffene Extremität),
- aktive Bewegung der betroffenen Extremität »so gut wie es geht«,
- keine Bewegung der betroffenen Extremität.

Hier ist die Wahl der als optimal zu wertenden Trainingsstrategie nicht trivial. Streng genommen sind die Unterschiede nur für die Patienten relevant, die eine mehr oder weniger ungestörte propriozeptive Wahrnehmung haben. Bei diesen Patienten kann der Effekt der Spiegelung noch um den einer (aktiven oder passiven) Mitbewegung der betroffenen Extremität ergänzt werden. Der Effekt des bilateralen Trainings auf die motorische Erholung nach Schlaganfall an sich ist ja bereits gut belegt [11]. Entsprechend den oben genannten Befunden zur bilateralen Organisation proximaler Bewegungen ist der Effekt auf diese Komponente stärker ausgeprägt [58]. Bezüglich der Spiegeltherapie gibt es Befunde, dass ihre Anwendung mit passiver Bewegung effektiver als die ohne Bewegung der betroffenen Extremität ist [39].

Andererseits können starke Divergenzen zwischen visuellem und propriozeptivem Feedback zu Irritationen und teilweise sogar schmerzhaften Zuständen führen [20, 34]. Somit sollte die bimanuelle Bewegung nur dann angewandt werden, wenn eine hohe Kongruenz zwischen den gespiegelt sichtbaren und den passiv durchgeführten Bewegungen erreicht werden kann. Diese zeitlich strenge Synchronisierung erfordert sowohl vom Patienten als auch vom Therapeuten ein hohes Maß an Konzentration und Instruktionsverständnis und ist daher im therapeutischen Alltag nur sehr schwer umzusetzen.

Die weiter oben dargestellten Grundlagenexperimente zeigten bei Normalpersonen Effekte der Körper Spiegelung auf zerebrale Aktivierung und muskuläre Erregbarkeit, ohne dass die jeweils andere Extremität bewegt wurde [14, 23]. Für den therapeutischen Einsatz bietet sich daher der folgende Ansatz an: Sollten die Patienten ein ausreichendes Aufmerksamkeitsniveau

aufweisen, können die im Spiegel sichtbaren Bewegungen durch den Therapeuten passiv nachgeführt werden, um auf diese Weise auch vom möglichen zusätzlichen Nutzen eines bilateralen Trainings zu profitieren. Ist dies nicht möglich oder führt die passive Bewegung zu Problemen oder Irritationen beim Patienten, sollte darauf verzichtet werden und die therapeutische Führung auf eine Konzentration des Patienten auf das Spiegelbild gelenkt werden. In diesem Fall muss die betroffene Extremität allerdings gut, stabil und beschwerdefrei gelagert werden, um Irritationen zu vermeiden. In einem derartigen Setting ist auch ein Eigentaining möglich.

Welche Patienten können profitieren?

Durch die oben ausgeführten Studien ist der Effekt der gespiegelten visuellen Rückkopplung auf die Motorik, aber auch auf Sensibilität, Schmerz und Neglekt gut belegt. Allerdings steht die Evaluierung des Effekts im Vergleich zu einer Standardtherapie noch aus. Daher erlauben diese Befunde keine direkten Aussage darüber, bei welchen Patienten die Spiegeltherapie als Ersatz für eine Standardtherapie zum Einsatz kommen kann.

Indirekt lassen sich jedoch die folgenden Empfehlungen ableiten: Nach Ansicht des Autors ist die Spiegeltherapie vermutlich bei den Patienten der Standardtherapie überlegen, bei denen eine aktive Beübung der betroffenen Extremitäten nicht erfolgen kann. Dies sind nach Ansicht des Autors vor allem die folgenden Gruppen:

1. Patienten mit schwerer Armparese bis hin zur Plegie, vor allem der distalen Motorik. Wird die Spiegeltherapie hier noch mit einer passiven Bewegung der betroffenen Extremität kombiniert, ist zu erwarten, dass ihr Effekt den der Standardtherapie noch übertrifft. Sobald Funktionen abrufbar sind, sollte die Spiegeltherapie beendet werden und die erreichten Funktionen im Rahmen eines aktiven Trainings weiter beübt und ausgebaut werden. Somit kann die Spiegeltherapie beispielsweise dazu dienen, distale Funktionen aufzubauen, die dann im Rahmen des »Forced-Use«-Trainings weiter ausgebaut werden [17, 53].
2. Patienten mit motorischen Funktionen, die diese aber nicht abrufen können bzw. keinen »Zugang« zur betroffenen Extremität finden, insbesondere bei simultan vorliegenden sensiblen Defiziten oder schwerem Hemineglekt [17].
3. Patienten mit schmerzhaften Bewegungseinschränkungen, insbesondere im Rahmen eines komplexen regionalen Schmerzsyndroms. Hier scheinen zwei Effekte synergistisch zu wirken: Zum einen ermöglicht die Spiegeltherapie überhaupt eine wie auch immer geartete Beübung der betroffenen Extremität. Zum anderen scheint aber die Spiegeltherapie auch einen eigenständigen positiven Effekt auf die Schmerzsymptomatik zu haben [9, 10].

4. Möglicherweise wird die Spiegeltherapie auch einen eigenständigen Stellenwert in der Therapie sensibler Störungen bekommen. Eine derartige therapeutische Anwendung wurde für das komplexe regionale Schmerzsyndrom bereits gezeigt [40].

Für alle Patientengruppen hängt allerdings die zerebrale Aktivierung in erheblichem Maße von der Aufmerksamkeit des Patienten ab. Daher ist ein sinnvoller Einsatz nur bei den Patienten möglich, die in der Lage sind, die Ausführungsanweisungen sinnvoll umzusetzen. Ob sich – analog zum mentalen Training [28] – zerebrale Strukturen finden lassen, die zur Ausführung der Spiegeltherapie unabdingbar sind, ist derzeit noch unklar.

Eine aphasische Störung ist dabei prinzipiell kein Hinderungsgrund, solange der Patient (beispielsweise durch Imitation) den Handlungsanweisungen folgen kann. Auch Patienten mit apraktischen Störungen können in der Regel gut einem entsprechend adaptierten Therapieprotokoll folgen.

Zusammenfassung

Der besondere Aspekt, den die Spiegeltherapie in die motorische Rehabilitation einbringt, ist die gezielte Aktivierung der visuellen Repräsentation des Körperschemas. Die Spiegeltherapie ist somit vor allem zur Therapie derjenigen Symptome interessant, bei denen über die »klassischen«, vorwiegend somatosensorisch orientierten Therapieverfahren nur schwer eine Aktivierung der betroffenen Hemisphäre erreicht werden kann, also schwere Armlähmungen, Einschränkungen in der Wahrnehmung der betroffenen Extremität und schmerzhaftige Bewegungseinschränkungen. Im Rahmen modularer Therapiekonzepte motorischer Störungen kann die Spiegeltherapie als »Prä-Forced-Use«-Element zum Einsatz kommen.

Literatur

1. Altschuler E. Interaction of vision and movement via a mirror. *Perception* 2005; 34: 1153-1161.
2. 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: 2035-2036.
3. Bawa P, Hamm J, Dhillon P, Gross P. Bilateral responses of upper limb muscles to transcranial magnetic stimulation in human subjects. *Exp Brain Res* 2004; 158: 385-390.
4. Bieniok A, Govers J, Dohle C. Spiegeltherapie in der Neurorehabilitation. Schulz-Kirchner-Verlag, Idstein 2009.
5. Binkofski F, Buccino G, Dohle C, Seitz RJ, Freund HJ. Mirror agnosia and mirror ataxia constitute different parietal lobe disorders. *Ann Neurol* 1999; 46: 51-61.
6. Binkofski F, Butler AJ, Buccino G, Heide W, Fink GR, Freund H-J, Seitz RJ. Mirror apraxia affects the peripersonal mirror space. A combined lesion and cerebral activation study. *Exp Brain Res* 2003; 153: 210-219.
7. Brown G, Caligiuri M, Meloy M, Ebersson S, Kindermann S, Frank LR, Eyer Zorilla L, Lohr J. Functional brain asymmetries during visomotor tracking. *J Clin Exp Neuropsych* 2004; 26: 356-368.
8. Buccino G, Binkofski F, Fink GR, Fadiga L, Fogassi L, Gallese V, Seitz RJ, Zilles K, Rizzolatti G, Freund HJ. Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study. *Eur J Neurosci* 2001; 13: 400-404.

9. 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* 2009a; 23: 792-799.
10. Cacchio A, De Blasis E, Necozone S, di Orio F, Santilli V. Mirror therapy for chronic complex regional pain syndrome type 1 and stroke. *N Engl J Med* 2009b; 361: 634-636.
11. Cauraugh J, Summers J. Neural plasticity and bilateral movements: A rehabilitation approach for chronic stroke. *Prog Neurobiol* 2005; 75: 309-320.
12. Colebatch J, Deiber M, Passingham R, Friston KJ. Regional cerebral blood flow during voluntary arm and hand movements in human subjects. *J Neurophysiol* 1991; 65: 1392-1401.
13. Decety J, Perani D, Jeannerod M, Bettinardi V, Tadary B, Woods R, Mazziotta JC, Fazio F. Mapping motor representations with positron emission tomography. *Nature* 1994; 371: 600-602.
14. Dohle C, Kleiser R, Seitz RJ, Freund H-J. Body scheme gates visual processing. *J Neurophysiol* 2004; 91: 2376-2379.
15. Dohle C, Nakaten A, Püllen J, Rietz C, Karbe H. Grundlagen und Anwendung des Spiegeltrainings. In: Minkwitz K, Scholz E (Hrsg). *Standardisierte Therapieverfahren und Grundlagen des Lernens in der Neurologie*. Schulz-Kirchner-Verlag, Idstein 2005, 59-68.
16. Dohle C, Ostermann G, Hefter H, Freund H-J. Different coupling for the reach and the grasp components in bimanual prehension movements. *Neuroreport* 2000; 11: 3787-3791.
17. Dohle C, Puellen J, Nakaten A, Kuest J, Rietz C, Karbe H. Mirror therapy promotes recovery from severe hemiparesis: A randomized, controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair* 2009; 23: 209-217.
18. Dohle C, Stephan KM, Valvoda JT, Hosseiny O, Tellmann L, Kühlen T, Seitz RJ, Freund H-J. Representation of virtual arm movements in precuneus. *Exp Brain Res* 2011; 208 (4): 543-555.
19. Ehrsson HH, Fagergren A, Jonsson T, Westling G, Johansson RS, Forssberg H. Cortical Activity in Precision- Versus Power-Grip Tasks: A fMRI Study. *J Neurophysiology* 2000; 83: 528-536.
20. Fink GR, Marshall JC, Halligan PW, Frith CD, Driver J, Frackowiak RS, Dolan RJ. The neural consequences of conflict between intention and the senses. *Brain* 1999; 122: 497-512.
21. Franz E, Packman T. Fooling the brain into thinking it sees both hands moving enhances bimanual spatial coupling. *Exp Brain Res* 2004; 157: 174-180.
22. Fukumura K, Sugawara K, Tanabe S, Ushiba J, Tomita Y. Influence of mirror therapy on human motor cortex. *Int J Neurosci* 2007; 117: 1039-1048.
23. Garry M, Loftus A, Summers J. Mirror, mirror on the wall: viewing a mirror reflection of unilateral hand movements facilitates ipsilateral M1 excitability. *Exp Brain Res* 2005; 163: 118-122.
24. Grafton ST, Mazziotta JC, Woods RP, Phelps ME. Human functional anatomy of visually guided finger movements. *Brain* 1992; 115: 565-587.
25. Grafton ST, Woods RP, Mazziotta JC, Phelps ME. Somatotopic mapping of the primary motor cortex in humans: activation studies with cerebral blood flow and positron emission tomography. *J Neurophysiol* 1991; 66: 735-743.
26. Grafton ST, Woods RP, Mazziotta JC. Within-arm somatotopy in human motor areas determined by positron emission tomography imaging of cerebral blood flow. *Exp Brain Res* 1993; 95: 172-176.
27. Grèzes J, Decety J. Functional Anatomy of Execution, Mental Simulation, Observation and Verb Generation of Actions: A Meta-Analysis. *Hum Brain Mapp* 2001; 12: 1-19.
28. Johnson SH. Imaging the impossible: intact motor representations in hemiplegics. *Neuroreport* 2000; 11: 729-732.
29. Kawashima R, Itoh H, Ono S, Satoh K, Furumoto S, Gotoh R, Koyama M, Yoshioka S, Takahashi T, Yanagisawa T, Fukuda H. Activity in the human primary motor cortex related to arm and finger movements. *NeuroReport* 1995; 6: 238-240.
30. Kawashima R, Yamada K, Kinomura S, Yamaguchi, Matsui H, Yoshioka S, Fukuda H. Regional cerebral blood flow changes of cortical motor areas and prefrontal areas in humans related to ipsilateral and contralateral hand movement. *Brain Res* 1993; 623: 33-40.
31. Kertzman C, Schwarz U, Zeffiro TA, Hallett M. The role of posterior parietal cortex in visually guided reaching movements in humans. *Exp Brain Res* 1997; 114: 170-183.
32. Lajoie Y, Paillard J, Teasdale N, Bard C, Fleury M, Forget R, Lamarre Y. Mirror drawing in a deafferented patient and normal subjects: visuoproprioceptive conflict. *Neurology* 1992; 42: 1104-1106.
33. Matthys K, Smits M, Van der Geest JN, Van der Lugt A, Seurinck R, Stam HJ, Selles RW. Mirror-induced visual illusion of hand movements: a functional magnetic resonance imaging study. *Arch Phys Med Rehabil* 2009; 90: 675-681.
34. McCabe C, Haigh R, Halligan P, Blake D. Simulating sensory-motor incongruence in healthy volunteers: implications for a cortical model of pain. *Rheumatology (Oxford)* 2005a; 44: 509-516.
35. McCabe C, Haigh R, Ring B, Halligan P, Wall P, Blake D. A controlled pilot study of the utility of mirror visual feedback in the treatment of complex regional pain syndrome (type 1). *Rheumatology* 2005b; 42: 97-101.
36. Medendorp W, Goltz H, Crawford J, Vilis T. Integration of target and effector information in human posterior parietal cortex for the planning of action. *J Neurophysiol* 2005; 93: 954-962.
37. Michielsen M, Selles R, van der Geest J, Eckhardt M, Yavuzer G, Stam H, Smits M, Ribbers G, Bussmann J. Motor Recovery and Cortical Reorganization After Mirror Therapy in Chronic Stroke Patients: A Phase II Randomized Controlled Trial. *Neurorehabil Neural Repair* 2011a; 25(3): 223-233
38. Michielsen ME, Smits M, Ribbers GM, Stam HJ, van der Geest JN, Bussmann J, Selles RW. The neuronal correlates of mirror therapy: an fMRI study on mirror induced visual illusions in stroke patients. *J Neurol Neurosurg Psych* 2011b; 82: 393-398.
39. Miltner R, Simon U, Netz J, Hömberg V. Bewegungsvorstellung in der Therapie von Patienten mit Hirninfarkt. *Neurol Rehabil* 1999; 5: 66-72.
40. Moseley G, Wiech K. The effect of tactile discrimination training is enhanced when patients watch the reflected image of their unaffected limb during training. *Pain* 2009; 144: 314-319.
41. Müller F, Kunesch E, Binkofski F, Freund H-J. Residual sensorimotor functions in a patient after right-sided hemispherectomy. *Neuropsychologia* 1991; 29: 125-145.
42. Newton J, Sunderland A, Gowland P. fMRI signal decreases in ipsilateral primary motor cortex during unilateral hand movements are related to duration and side of movement. *Neuroimage* 2005; 24: 1080-1087.
43. Parsons LM, Gabrieli JD, Phelps EA, Gazzaniga MS. Cerebrally lateralized mental representations of hand shape and movement. *J Neurosci* 1998; 18: 6539-6548.
44. Ramachandran VS, Altschuler EL, Hillyer S. Mirror agnosia. *Proc Biol Sci* 1997; 264: 645-647.
45. Ramachandran VS, Rogers-Ramachandran D, Cobb S. Touching the phantom limb. *Nature* 1995; 377: 489-490.
46. Ramachandran VS, Rogers-Ramachandran D. Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors. *Proc Royal Soc London - B: Biol Sci* 1996; 263: 377-386.
47. Rizzolatti G, Fadiga L, Matelli M, Bettinardi V, Paulesu E, Perani D, Fazio F. Localization of grasp representations in humans by PET: 1. Observation versus execution. *Exp Brain Res* 1996; 111: 246-252.
48. Roland P, Larsen B, Lassen N, Skinhoj E. Supplementary motor area and other cortical areas in organization of voluntary movements in man. *J Neurophysiol* 1980a; 43: 118-136.
49. Roland P, Meyer E, Shibasaki T, Yamamoto Y. Regional cerebral blood flow changes in cortex and basal ganglia during voluntary movements in normal human volunteers. *J Neurophysiol* 1982; 48: 467-480.
50. Roland P, Skinhoj E, Lassen N, Larsen B. Different cortical areas in man in organization of voluntary movements in extrapersonal space. *J Neurophysiol* 1980b; 43: 137-150.
51. Rothgangel A, Morton A. Schlaganfall-Rehabilitation: Spiegeltherapie. *Illusion mit Erfolg. physiopraxis* 2004; 44-47.
52. Rothgangel A, Morton A, van der Hout J, Beurskens A. Spiegeltherapie in der Neurologischen Rehabilitation: Effektivität

- in Bezug auf die Arm- und Handfunktion bei chronischen Schlaganfallpatienten. *Neurol Rehabil* 2007; 13: 271-276.
53. Sathian K. Mirror, mirror, move my manu! *Neurorehabil Neural Repair* 2009; 23: 207-208.
 54. Sathian K, Greenspan AI, Wolf SL. Doing it with mirrors: a case study of a novel approach to neurorehabilitation. *Neurorehabil Neural Repair* 2000; 14: 73-76.
 55. Stephan KM, Fink GR, Passingham RE, Silbersweig D, Ceballos-Baumann AO, Frith CD, Frackowiak RS. Functional anatomy of the mental representation of upper extremity movements in healthy subjects. *J Neurophysiol* 1995; 73: 373-386.
 56. Stevens JA, Stoykov MEP. Simulation of bilateral movement training through mirror reflection: A case report demonstrating an occupational therapy technique for hemiparesis. *Top Stroke Rehabil* 2004; 11: 59-66.
 57. Stevens JA, Stoykov ME. Using motor imagery in the rehabilitation of hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil* 2003; 84: 1090-1092.
 58. Stoykov M, Lewis G, Corcos D. Comparison of bilateral and unilateral training for upper extremity hemiparesis in stroke. *Neurorehabil Neural Repair* 2009; 23: 945-953.
 59. Sutbeyaz S, Yavuzer G, Sezer G, Koseoglu B. Mirror therapy enhances lower-extremity motor recovery and motor functioning after stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 555-559.
 60. Thieme H, Merholz J, Pohl M, Behrens J, Dohle C. Mirror therapy for improving motor function after stroke. *Cochrane Protocol* 2010.
 61. Verstynen T, Diedrichsen J, Albert N, Aparicio P, Ivry R. Ipsilateral motor cortex activity during unimanual hand movements relates to task complexity. *J Neurophysiol* 2005; 93: 1209-1222.
 62. Wulf G, Prinz W. Directing attention to movement effects enhances learning: a review. *Psychon Bull Rev* 2001; 8: 648-660.
 63. Yavuzer G, Selles R, Sezer G, 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: 393-398.

Interessenvermerk:

Es besteht kein Interessenkonflikt.

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Christian Dohle
 MEDIAN KLINIK Berlin-Kladow
 Rehabilitationsklinik für Neurologie und Orthopädie
 Kladower Damm 223
 14089 Berlin
 christian.dohle@median-kliniken.de

**Hinweis:**

Diese Übersicht ist dem Buch »Motorische Therapie nach Schlaganfall«, hg. von Christian Dettmers und Klaus-Martin Stephan, entnommen, das 2011 im Hippocampus Verlag erschienen ist.



Ch. Dettmers, K. M. Stephan

Motorische Therapie nach Schlaganfall

Hippocampus Verlag,
 Bad Honnef 2011

gebunden, 322 S., zahlr. Abb.
 € 49,00; ISBN 978-3-936817-70-6

Die Physiotherapie befindet sich derzeit im Aufbruch. Im Zuge der Akademisierung werden die klassischen Schulen hinsichtlich ihrer Evidenzbasierung kritisch überprüft; durch die funktionelle Bildgebung wächst seit etwa 15 Jahren das Interesse an Phänomenen der Plastizität und Reorganisation, wie sie in der Rehabilitation täglich zu beobachten sind. Ferner geben benachbarte Disziplinen wie Psychologie, Sportwissenschaften und Neurowissenschaften höchst interessante Impulse, die neue Möglichkeiten in der Neurorehabilitation schaffen. Das vorliegende Buch stellt diese aktuellen Forschungsansätze in einer stimulierenden Übersicht für das motorisch interessierte Reha-Team dar. Neben grundlegenden Erkenntnissen zum motorischen Lernen werden neue Behandlungsansätze mittels sensorischer und zentraler Stimulation sowie gerätegestützte Methoden vorgestellt. Im Hinblick auf eine längerfristige neurobiologische Perspektive werden die vorgestellten Behandlungsmethoden zu strategischen, leitliniengestützten Behandlungskonzepten zusammengestellt.

Für Neurologen, Physiotherapeuten, Ergotherapeuten, Sporttherapeuten