



**Dr. med. Dipl. Phys.
ETHZ Fabio M. Conti**



**Prof. Dr.
Roger Gassert**

Aktuelles und Rehabilitationsrelevantes über die Organisation der Handmotorik

Einführung

Ziel dieser Ausführungen ist es, auf aktuelle Forschungsergebnisse aufmerksam zu machen, die für das Verständnis der Organisation der Handmotorik von Interesse sind und zugleich rehabilitationsrelevant sein könnten. Forschungserkenntnisse, die ständig weiterentwickelt und revidiert werden, dienen als unentbehrliche Grundlage für die Weiterentwicklung der therapeutischen Übungen, können und sollen aber gleichzeitig die klinische Erfahrung nicht ersetzen. Ziel soll es sein, eine sinnvolle Kombination von Denkanregungen unter Berücksichtigung beider Gesichtspunkte zu erreichen (Steck, 2016).

Angesprochen werden Forschungsergebnisse über die ipsi- und kontralateralen Auswirkungen der zentralnervösen Läsionen auf die Netzwerke der Sensomotorik, über die Bedeutung der Lokalisation der Läsion, sowie über Aspekte der Somatosensorik im Zusammenhang mit Lernprozessen. Hypothesen über mögliche Folgen für unsere praktische Arbeit werden vorgestellt.

Die vereinfachte Darstellung der fachlichen Inhalte soll das Verständnis dieses schwierigen Sachverhaltes erleichtern.

Lokalisation der Läsion

Die Lokalisation und Ausdehnung der Läsion beeinflusst in verschiedener Weise die Organisation der Motorik und sehr wahrscheinlich auch die spontanen und therapiegeleiteten Reorganisationsprozesse (Krakauer, 2005; Riley, 2011; Park, 2016). Die Entwicklung der klinischen Manifestationen bei fokalen ischämischen Läsionen gestaltet sich in der akuten Phase selbst bei vergleichbaren Läsionslokalisationen und Symptomen sehr individuell. Von den verschiedenen bekannten Gründen (Rossini, 2003) sind aus unserer Sicht die mehrfachen Repräsentationen der gleichen Funktion in verschiedenen kortikalen Arealen und die Präsenz einer Anzahl alternativer neuraler Verbindungen von besonderem Interesse (Rossini, 2001).

Die meisten unserer Patienten mit ischämischen Läsionen, welche zu motorischen Defiziten der oberen Extremität führen, haben kombinierte kortikale/subkortikale Infarkte erlitten. Dabei werden der primärmotorische Kortex (M1) und der primärsensible Kortex (SI) sowie die Pyramidenbahn direkt und/oder indirekt in verschiedenem Ausmaß beschädigt. Die fokale Pathologie ist in einer Hemisphäre lokalisiert, und sehr oft ist eine Involvierung des Frontal- und/oder des Parietallappens vorhanden. Beim Hemisyndrom, auch wenn nur in diskreter und variabler Art, ist auch die zur Läsion ipsilaterale Extremität betroffen. Die Folgen für die Greifbewegungen im Raum sind zudem je nach Läsionsseite verschieden (Krakauer, 2005; Winstein, 1995; Haaland, 2004). Beim Bewegungsvergleich zwischen betroffenem und "nicht betroffenem" Arm im Rahmen der therapeutischen Strategie darf dies nicht vernachlässigt werden.

Bei zentralnervösen Läsionen, die zu motorischen Defiziten der oberen Extremität führen, sind in der Regel Störungen der Propriozeption und der taktil-kinästhetischen Sensibilität sowie eine veränderte Rekrutierung motorischer Einheiten vorhanden. Es entsteht somit eine veränderte Perzeption bzw. Interaktion mit dem Objekt (mit der Umwelt), die einen Einfluss auf die interne Repräsentation des ertasteten Objektes hat. Was uns hier besonders interessiert, ist, dass rechtsseitige Läsionen sich von linksseitigen in den Störungen auf der kognitiven Ebene unterscheiden. Die Hirnhemisphären weisen, vorwiegend im tempoparietalen heteromodalen Assoziationskortex, eine funktionelle Spezifität auf (Schnider, 1997). Das neuropsychologische Profil des Patienten beeinflusst die Wahrnehmung des Raumes (insbesondere bei rechtsseitigen Läsionen) bzw. die verbalen/semantischen Inhalte der Handlung (insbesondere bei linksseitigen Läsionen). Zudem beeinflussen die angestrebten Ziele und die Erfahrung (Gedächtnisinhalte) die Interpretation der wahrgenommenen Informationen.

Mit der Anwendung der neurokognitiven Übung (Perfetti, 1998; 2007) haben wir uns eine große Erfahrung bei der Berücksichtigung der kognitiven Defizite mit ihrem typischen Profil angeeignet. Das Mentale ist erfahrungsabhängig und die kognitiven Prozesse, die in den Übungen angesprochen werden sind nicht davon zu trennen. Das subjektive Erleben des Patienten spielt in den Prozessen der Rehabilitation eine Rolle, die nicht unterschätzt werden darf. Das Einbeziehen der individuellen Komponenten der präläsionalen Erfahrung hat sich in der Übungsstrategie im Rahmen der motorischen Imagination als erfolgsversprechend gezeigt (Perfetti, 2007). Durch gezielten Einsatz des episodischen Gedächtnisses werden die Gedächtnisspuren aus der Erfahrung eingesetzt (Wopfner, 2015). Bei autobiographischen Erinnerungen von Handlungen werden auch bewegungsrelevante Areale aktiviert, die bei der Planung einer motorischen Handlung eine Rolle spielen, wie Teile des präfrontalen Kortex (insbesondere Area 9 und 44) sowie des prämotorischen Kortex (Area 6) (Svoboda, 2006; Héту, 2013). Was die Rolle der motorischen Imagination bei der Wiedererlangung motorischer Funktionen betrifft, sind Resultate der Studien widersprüchlich, auch wenn die eigene klinische Erfahrung mit Ansätzen motorischer Imagination durchaus positiv zu werten ist (Conti, 2011).

Die gezielte Involvierung kognitiver Prozesse ist die fundamentale Hypothese der neurokognitiven Übung für die Förderung der Erholungsprozesse (Perfetti, 1992). Aus dem Gesichtspunkt der "konnektionistischen" Modelle der Kognition werden Informationen und ihre Bearbeitung über das ganze neuronale Netz verteilt (Goldenberg, 2007). Je nach Intention, Ziel und Kontext der Bewegung, wird die Organisation der neuronalen Prozesse anders angesprochen. Die Struktur der neurokognitiven Übung mit der Involvierung zahlreicher intra- und interhemisphärischen Netzwerke der Kognition eignet sich zur Aktivierung von neuronalen Netzwerken. Man kann annehmen, dass dadurch der interhemisphärische Transfer von Informationen gefördert wird.

Ipsi- und kontralaterale Folgen der Läsion auf die Netzwerke der Motorik

Das Modell der Konnektivität am Beispiel der Greifbewegung

Die kurze Schilderung eines Beispiels aus dem (sehr lesenswerten) Buch von Schneider/Fink (Schneider/Fink, 2013, Kap. 28) kann auf die zentralen Elemente des Konnektivitätsmodells hinweisen. Das Modell der Konnektivität beschäftigt sich mit den "Verbindungen eines Areals oder eines Netzwerks von Arealen". Die kontextspezifische Modulation der Konnektivität, z.B. bei Bewegung einer Hand, beinhaltet positive und negative Modulationen

"zwischen motorischen Schlüsselregionen", sowohl intra- und interhemisphärisch (Grefkes, 2008). Die Greifbewegung mit einer Hand basiert auf einer intra- und interhemisphärischen (hauptsächlich via corpus callosum, i. e. dem Gehirnbalken) sensomotorischen Integration. Somit sind verschiedene Areale in beiden Hemisphären involviert, welche innerhalb der beiden Hemisphären sowie über den Gehirnbalken zwischen den Hemisphären kommunizieren.

Die wichtigsten motorischen Zentren einer Hirnhemisphäre, i. e. M1 (primär motorischer Kortex), SMA (supplementär motorischer Kortex) und PMC (lateraler prämotorischer Kortex) sind reziprok positiv untereinander gekoppelt (im Sinne der verstärkenden Wirkung), mit einer starken einseitigen positiven Kopplung auf M1.

Diese motorischen Areale sind auch mit den homologen Zentren der kontralateralen Hemisphäre reziprok verbunden. Bei Bewegung einer Hand werden die Aktivitäten der kontralateralen motorischen Zentren aktiviert, die ipsilateralen aber gleichzeitig inhibiert. Interessant ist es, dass bei einer bimanuellen Aufgabe keine gegenseitige Inhibitionen stattfindet. In diesem Fall ist sogar eine positive Modulation zwischen beiden M1 und SMA vorhanden (Schrafl-Altmet, 2016).

Fokale ischämische Läsionen stören die intra- und interhemisphärische Konnektivität

Fokale ischämische Läsionen führen zu zeitlich veränderlichen Störungen der Verbindungen zwischen Hirnarealen und Hemisphären (Ward, 2004). Der Zeitpunkt scheint von großer Bedeutung zu sein, um zu wissen, welche neuronale Verbindungen aktiv sind, und zwar mit excitatorischem oder inhibitorischem Einfluss.

Dynamische Faktoren wie die Diaschisis und andere Reorganisationsphänomene beeinflussen das klinische Bild. Die Diaschisis hat von Monakow als "Trennung auf Distanz" von funktionell verbundenen Hirnzentren definiert (Monakow, 1914), die von Hess (Hess, 1995) folgendermaßen wiedergegeben wird: "Zeitlich befristete, herdförmige Minderfunktion des Zentralnervensystems nach Stimulationsverlust aus einer anatomisch abgesetzten, neuronal verbundenen Hirnläsion".

Die moderne Auffassung der Diaschisis (Andrews, 1991; Hess, 1995; Price, 2001) berücksichtigt Aktivitätsminderungen (Inhibition) und Aktivitätssteigerungen (Disinhibition) in Regionen, die mit dem Läsionsort neuronal verbunden sind. Sie berücksichtigt nicht nur synaptische Hemmungen (Inhibitionen), sondern auch den Ausfall synaptischer Hemmungen (Disinhibitionen) "als mögliche Fernwirkung" der Diaschisisphänomene (Hess, 1995).

Die interhemisphärische Inhibition ist ein wichtiges Beispiel für ein Diaschisis-Phänomen, das für die Erholung von Bedeutung ist (Cassidy, 2014). Das Abklingen der Diaschisisphänomene («Resolution of diaschisis») wird als positiv für die Funktionserholung angesehen (Seitz, 1999; Krakauer 2005). Diese Einsicht war von Anfang an wichtig für das Procedere bei der neurokognitiven Übung: „Die Phase der Diaschisis sollte überwunden werden, die Lösung der Diaschisis ist von grundsätzlicher Bedeutung für die Entwicklung der Symptomatologie“ (eigene Übersetzung aus Perfetti, 1979).

Dafür besonders gut geeignet wird, neben dem ganzen therapeutischen Procedere aus Sicht der neurokognitiven Therapie, die Anwendung der Übung 1. Grades erachtet. Diese Übungsstufe kann bereits beim plegischen Arm angewendet werden. Der stufenweise Aufbau des Einsatzes des paretischen Armes ist aus unserer Sicht auch als Element der Lösung der Diaschisis wichtig. Dieser Ansicht stehen andere Meinungen kritisch gegenüber, die so früh wie möglich einen maximalen motorischen Einsatz des paretischen Armes verlangen („constraint induced movement therapy“) (Rossini, 2003; Taub, 1993).

Untersuchungen über die Änderung der effektiven Konnektivität (Konnektivität der involvierten Areale während der untersuchten Handlung) bei Schlaganfall (Grefkes, 2013) liefern sehr interessante Hinweise über die zeitliche Entwicklung der Reorganisationsprozesse. In den ersten zwei Wochen nach einem subkortikalen Infarkt entstehen Störungen der kortikalen Netzwerkaktivität innerhalb und zwischen den Hemisphären (Rehme, 2010). Die Hirninfarkte unserer Patienten betreffen oft subkortikale Hirnstrukturen, insbesondere die Capsula interna mit Beeinträchtigung des kortikospinalen Traktes, z. B. bei Infarkten der Arteria cerebri media.

Die Wiederherstellung der kortikalen Konnektivität, besonders für exzitatorische Einflüsse und speziell aus der kontraläsionellen M1, korreliert mit einer frühen guten motorischen Erholung der Handfunktionen (Untersuchungen nach circa 4 Monaten) (Grefkes, 2013).

Eine bleibende Asymmetrie der Aktivierungen zugunsten der nicht-betroffenen Hemisphäre (bei subkortikalem Infarkt) entspricht einer schlechteren Erholung und ist somit ein schlechter prognostischer Faktor (Calautti, 2001 u. 2007). Im Allgemeinen lässt sich sagen: eine größere bleibende Reorganisation außerhalb des betroffenen primären sensomotorischen Kortex entspricht in der Regel einer schlechteren Erholung der Funktionen (Rossini 1998; Johansen-Berg, 2002).

Faktoren, welche die Normalisierung der Aktivität neuronaler Netzwerke fördern können

Zwei Wissensgrundlagen könnten aus therapeutischer Sicht sehr interessant sein.

Auf der einen Seite gibt es Evidenzen, dass der Wegfall der Aktivität von Arealen, die kognitive Aufgaben im Rahmen der motorischen Handlung aufweisen, zu einer Verschlechterung der Erholung der motorischen Handfunktion von Schlaganfallpatienten zur Folge hat.

Schon frühe Studien hatten gezeigt, dass bei guter Erholung der Handmotorik eine erhöhte Involvement von spezifischen Prozessen der Aufmerksamkeit und der Handlungsabsicht festzustellen ist (Weiller, 1991), was auch unserer Erfahrung mit der neurokognitiven Übung entspricht. Eine Studie mit Imagination (mentale Bewegungsvorstellung; Sharma, 2009, zitiert aus Schneider/Fink, 2013) hat dies in diesem Sinne bestätigt mit der Feststellung einer signifikant erhöhten Kopplung des dorsolateralen Präfrontalkortex (dPMC, aktiv bei bewussten Aufmerksamkeitsprozessen) mit der SMA und dem lateralen Prämotorikortex im Vergleich zu neurologisch unauffälligen Probanden. Die Autoren interpretieren dieses Resultat „als eine verstärkte Kontrolle durch kognitive Prozesse bei der Planung der Bewegung mit der paretischen Hand“, „was zur guten klinischen Erholung der Patienten beigetragen haben könnte“ (aus Schneider/Fink, 2013, S. 642). Als Therapie-Folge konnte in einer anderen Studie mehr Aktivität im ipsiläsionellen dorsalen prämotorischen Kortex (dPMC) festgestellt werden, insbesondere bei gutem Therapie-Erfolg der Rehabilitation der betroffenen Hand (Johansen-Berg, 2002; Fridman, 2004). „Eine Störung der dPMC-Aktivität durch transkranielle magnetische Stimulation verursacht bei Schlaganfallpatienten eine Verschlechterung der motorischen Leistungen der paretischen Hand“, was bei den gesunden Kontrollpersonen nicht geschieht (Schneider/Fink, 2013, Kap. 40).

Die motorische Erholung geht, je nach Schweregrad der Einschränkungen, im Vergleich zu den Aktivierungen bei gesunden Individuen, mit einer Aktivierung zusätzlicher nicht-motorischer Areale einher, z.B. des dorsolateralen präfrontalen Cortex und des oberen parietalen Cortex. Eine interessante Rolle könnten aus dieser Sicht bimanuelle Aufgaben spielen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass bimanuelle Aufgaben neben parietalen und frontalen assoziativen Netzwerken auch interhemisphärische Verbindungen über den Corpus callosum rekrutieren (Wiesendanger, 1996; Schwinnen, 2004; Wiesendanger, 2004; Schrafl-Altermatt, 2016), um eine einheitliche Handlung zu ermöglichen (die nie auf einem ganz symmetrischen Beitrag basiert). Bei bilateralen Bewegungen kann die Aktivierung der intakten Hemisphäre die der läsierten

fördern (Morris, 2008; Summers, 2007). Diese Hypothese sollte auch aus Sicht der praktischen Arbeit überprüft werden, insbesondere in der frühen Erholungsphase. Mehrere Publikationen haben sich schon damit beschäftigt, und die Resultate sind erfolgversprechend (Foley, 2013).

Auf der anderen Seite gibt es Evidenzen, dass die Tendenz zur Normalisierung der effektiven Konnektivität mit einer besseren funktionellen Erholung korreliert (siehe vorigen Abschnitt). Man kann sich fragen, ob Übungstherapien einen Beitrag zur Normalisierung der intra- und interhemisphärischen Konnektivität und zur Involvierung kognitiver Leistungen für die Motorik leisten können.

Man kann die Hypothese aufstellen, dass der intra- und insbesondere der interhemisphärische Transfer von Informationen durch den gezielten Einsatz integrativer Faktoren wie die Imagination (Handlungsrepräsentation in einem bestimmten Kontext), die sprachliche Beschreibung der Aufgaben, den Rückgriff auf Gedächtnisinhalte (v.a. auf das episodische Gedächtnis sowie auf das autobiographische Gedächtnis), den Gebrauch von Affordances (geometrische Formen, Objekte des täglichen Lebens, Bilder/spezifische Repräsentationen), die Handlungsbeobachtung, sowie durch bimanuelle Handlungen und solche mit einem multisensoriellen Kontext gefördert wird. Diese kognitiven Prozesse sind typischerweise bei der neurokognitiven Übung involviert.

Wie schon im Abschnitt "Lokalisation der Läsion" ausgeführt wurde, weisen die Hirnhemisphären eine funktionelle Spezifität auf. Die typischerweise einseitige Hemisphärenpathologie (z. B. bei einem Schlaganfall) verursacht ein Ungleichgewicht der Leistungsfähigkeit zwischen den beiden Hemisphären. Kann bei der Wahl der Übungsmodalitäten der Einsatz kognitiver Strategien, welche für die rechte oder linke Hemisphäre spezifischer sind, die Funktionen der läsierten Hemisphäre unterstützen? Dies ist aus unserer Sicht eine erfolgversprechende Hypothese, welche sich zur Zeit noch nicht auf entsprechende Studienresultate stützen kann.

Erfahrung auf praktischer Ebene haben wir aber schon reichlich gesammelt. Auch wenn nicht immer bewusst, beachten wir diesen Gesichtspunkt seit längerer Zeit, wie die folgenden Beispiele zeigen. Wir haben gelernt, dass bei rechtsseitigen Läsionen ein verbal beschreibbarer Kontext respektiv bei Läsion links eine visuell/räumliche Charakterisierung des übungsspezifischen Problems von Vorteil sein kann. Es gibt Evidenzen, dass entsprechende Gedächtnisinhalte semantischer respektiv visuell/nicht-semantischer Art den linken respektiv den rechten Temporallappen aktivieren (Dalton, 2016). In der Praxis beobachtet man auch, dass bei einer Läsion links (oft sind dabei Schwierigkeiten in der zeitlich/räumlichen Gestal-

tung der Handlung vorhanden) die Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf die Bestandteile der Handlung dienen kann. Dasselbe gilt für den Einbezug raumbezogenen Affordances bei Läsionen links.

Das Studium der Therapieresultate auf klinischer Ebene unter diesem Gesichtspunkt in Abhängigkeit des genauen Läsionsortes könnte Informationen liefern, die einer Verfeinerung der Übungsstrategien dienen könnten. Dafür ist es notwendig, die Läsionen näher zu charakterisieren als dies üblicherweise von uns gemacht wird. Diese Charakterisierung sollte auf klinischer (Neurostatus, neuropsychologische Untersuchung), auf neuroradiologischer (meist mittels MRT) sowie auf physiologischer Ebene (elektrophysiologische Untersuchungen) erfolgen.

Lernprozesse und Somatosensorik

Krakauer setzt den Akzent auf die Lernprozesse (mit Vermeidung des einfachen Wiederholens von Bewegungen), die wichtige Rolle des sensorischen Inputs, auf die Bedeutung der Variabilität und Intensität der Übungspraxis. Diese Grundsätze werden von der neurokognitiven Übung erfüllt.

Die neurokognitive Übung stellt den Patienten vor eine Vielzahl sensomotorischer Probleme in einem variablen Kontext, die er mit seinem Körper lösen muss, im Rahmen eines wohl geplanten Lernprozesses. Eine solche Handlung aktiviert eine Vielzahl ipsi- und kontralateraler kortikaler und subkortikaler Hirnstrukturen. Die neurokognitive Übung involviert alle Schritte, die bei der Interaktion mit der Umgebung notwendig sind: von der Intention zur Handlung, der Imagination und Repräsentation der Handlung im Gedächtnis bis zu ihrer Ausführung, im Rahmen einer Komplexität, die der aktuellen Pathologie angemessen ist (Perfetti, 1997 u. 2007). Die Art der kognitiven Prozesse, die aktiviert werden und die Modalität ihrer Involvierung sind wesentlich für die Qualität der Wiedererlangung der Handlungsfähigkeit (Perfetti, 1992 u. 1997).

Im Folgenden werden besondere Aspekte der Hand/Objekt – Interaktion – aus diesem Betrachtungswinkel beleuchtet.

Die Parameter (kinematische, dynamische) der Hand – Objekt Interaktion werden in der neurokognitiven Übung berücksichtigt (Objekte mit variabler Größe, Oberflächenbeschaffenheit, deformierbar/nicht deformierbar). Die Übung berücksichtigt bewusst wahrgenommene Informationsunterschiede und stützt sich auf den Vergleich zwischen Erwartetem und reell Wahrgenommenem. Die Akzentsetzung auf die Integration der somatosensorischen Afferenzen mit der motorischen Aktivität ist für die Erholung auf klinischer Ebene von größter Bedeutung (Nudo,

2013). Verbindungen zwischen SI (primärsensorischer Kortex) und MI (primärmotorischer Kortex) sind bekannt und wahrscheinlich sehr wichtig für die Verarbeitung sensorischer Informationen (Naito, 2002; Hakuta, 2014). Die Qualität der Manipulation hängt in starkem Ausmaß von der Sensibilität ab. Patienten mit Läsionen, die das SI-Areal betreffen, zeigen eine Reorganisation dieser zentralen rezeptiven Felder nach Schlaganfall, welche mit der Erholung korrelieren (Xerri, 2014).

Wie schon gesagt, wird angenommen, dass Schlaganfallpatienten, bei welchen keine rasche gute motorische Erholung stattgefunden hat, die Rekrutierung zusätzlicher (bilateraler) Hirnareale benötigen. Dabei spielen eine erhöhte Integration sensorischer Informationen und der Einsatz zusätzlicher kognitiver Ressourcen in der Ausführung (Aufmerksamkeit auf die Handlung, mehr Ressourcen in der Planung der Bewegung) eine wichtige Rolle. Es scheint, dass eine bessere Erholung der ipsiläsionalen SI-Funktionen von einer bilateralen Rekrutierung von SI (welche Projektionen von allen 4 Subarealen von SI erhält), i. e. 1, 2, 3a (Muskelspindeln: Palpation eines Objektes, Exploration, Fingerbewegung/-position, bimanuelle Informationen) und 3b unterstützt wird (Xerri, 2014).

Reorganisationen, die erfahrungsabhängig sind, beeinflussen hauptsächlich die Areale 1 und 2 von SI. Hier sitzen Neuronen, die besonders empfindlich auf komplexere Merkmale der Stimuli reagieren, wie Oberflächengeometrie und -beschaffenheit, Objektkonsistenz, und deren Kombination. Areal 1 ist aktiv bei taktiler Wahrnehmung von Bewegungsrichtung, Bewegungsgeschwindigkeit und Oberflächenmerkmalen, und Areal 2 bei der Wahrnehmung von dreidimensionalen taktilen Stimuli, bei ihrer Integration über mehrere Finger, sowie bei bimanuellen Informationen (Xerri, 1998). Eine erhöhte Aktivierung von SI soll mit einer besseren langfristigen motorischen Erholung bei chronischen Schlaganfallpatienten einhergehen (Floel, 2004; Schächter, 2006; Ward, 2006; Laible, 2012; zitiert aus Xerri, 2014). Aus therapeutischer Sicht ist es somit wahrscheinlich von Vorteil, im Rahmen der Übungen so früh wie möglich eine angemessene Komplexität der sensomotorischen Interaktionen anzustreben. Man kann auch annehmen, dass solche Handlungen besser das taktile Arbeitsgedächtnis involvieren können. Dies, weil taktile Entscheidungen multimodale Assoziationsareale im parietalen und frontalen Lappen involvieren (Hegner, 2015).

Zusammenfassung und Ausblick

Die neurokognitive Therapie basiert auf Erkenntnissen der Kognition, Bewegung und Bewegungswahrnehmung sowie der sensomotorischen Intergration. Sie widmet sich dem motorischen Lernen und ist, basierend auf unseren Erfah-

rungen, auf klinischer Ebene erfolgreich. Sie ist somit ein vielversprechender Ansatz, der gerade auch stark betroffenen Patienten eine fordernde und interaktive Therapie bietet.

Wie in jedem Gebiet, das sich wie die Neurorehabilitation im konstanten Wandel befindet, müssen die Erkenntnisse, auf denen unser Ansatz basiert, immer wieder aktualisiert und hinterfragt werden, um den Patienten die bestmögliche Therapie zu bieten. So kann z. B. das aktuelle Wissen über die Interaktion der Hirnareale und der Hemisphären noch besser ausgeschöpft werden, z.B. durch die Wahl der Übungsstrategien oder durch bimanuelle Handlungen. Die Effizienz unseres Ansatzes kann ergänzend zu unserer Erfahrung durch klinische Studien aufgezeigt und verbessert werden. Die Robotik ist hier ein wertvolles Hilfsmittel (genau dosierte Interaktionen der Effektoren mit dem Objekt, aber auch zwischen den beiden Gliedern, präzise und objektive Erfassung auch kleinster Veränderungen, etc.) (Metzger, 2014a; Metzger, 2014b; Lambercy, 2016; Gassert, 2016), das uns zugleich erlaubt, neue Kenntnisse zu gewinnen, aus welchen dann neue Impulse für unsere wertvolle Arbeit entstehen können.

Literatur- und Quellennachweise auf Seite 53.

JETZT SCHON VORMERKEN:

20. Internationales Symposium des VFCR

15. – 16.06.2018

Parkhotel Kolpinghaus
Fulda

Goethestraße 13
30043 Fulda



Wir feiern den 20. Geburtstag des VFCR! Es wird also ein besonderes Symposium.

Neben spannenden wissenschaftlichen Vorträgen werden auch die ersten Absolventen der Weiterbildung ihre Abschlussarbeiten präsentieren.

Den Termin deshalb unbedingt vormerken!