

# Bimanuelle Bewegungen



## **Dr. med. Dipl. Phys. ETHZ Fabio M. Conti, Spezialarzt FMH für Neurologie, Leitender Arzt Rehaklinik Bellikon (Schweiz)**

in Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Dr. Roger Gassert,  
Rehabilitation Engineering Laboratory, ETH Zürich

### **Bimanuelle Bewegungen im Alltag**

Täglich hunderte Male greifen, bewegen und benutzen wir mehr oder weniger bekannte Objekte. Der gleichzeitige Einsatz der beiden Hände ist dabei sehr häufig. Die bimanuellen Bewegungen dominieren im Alltag. Man schätzt sie als circa 70% aller Bewegungen ein.

### **Wie definieren wir eine bimanuelle Handlung?**

Um zum Ziel bei den meisten Alltagshandlungen zu kommen, wie z. Bsp. beim Öffnen einer Flasche, unterstützen sich die Hände gegenseitig. Der Einsatz der Hände kann simultan oder zeitlich gestaffelt geschehen. Bei gleichzeitigem Einsatz der Hände ist die Integration beider Handbewegungen in einem Gesamtplan der Handlung Voraussetzung für den Erfolg.

Eine Handlung definieren wir als bimanuell, wenn beide Hände gleichzeitig für das Erreichen eines gemeinsamen Zieles eingesetzt werden. Wir werden somit im Folgenden nur in diesem Sinne von bimanuellen Bewegungen sprechen.

### **Vorteile bimanueller Bewegungen im Alltag**

Bimanuelle Bewegungen bieten erhebliche Vorteile beim Bewältigen von sehr vielen Alltagsaufgaben die wir auf uns selbst beziehen (wie sich waschen, sich anziehen) oder als Ziel haben, ein Objekt zu manipulieren.

Wichtige vorteilhafte Aspekte bimanueller Handlungen im

Vergleich zu einem gestaffelten Einsatz beider Hände, möchten wir im Folgenden kurz besprechen:

- die Erhöhung der Effizienz durch Sicherheit und Präzision der Bewegungen
- die Möglichkeit der Hände, abwechselnde Aufgaben zu übernehmen
- die effizientere Informationsaufnahme und das Abgleichen der Informationen zwischen den beiden Händen.

*Bimanuelle Handlungen erhöhen die Effizienz der Zielverwirklichung durch Verbesserung ihrer Sicherheit und Präzision.*

Beim Manipulieren eines Objektes, kann z. Bsp. eine Hand stabilisierend wirken, während der somit gesicherten dynamischen Manipulation mit der anderen Hand. Ebenfalls kann eine Hand Halt bieten, während der Ausübung eines Druckes auf das Objekt durch die andere Hand.

*Die bimanuelle Objektmanipulation geschieht in der Regel mit abwechselnden Aufgaben beider Hände.*

Beide Hände sind in der Regel in der Lage, alle Aufgabe bei der Manipulation eines Objektes zu übernehmen. Oft sind es asymmetrische Einsätze der Hände (Guiard, 1987), die abwechselungsweise geschehen. Eine Folge der zielgerichteten abwechselnden Übernahme von verschiedenen Aufgaben durch beide Hände ist die Optimierung der Bewegungsabfolgen und des Zeitbedarfs.

Besondere funktionelle Eigenschaften beider Hände bleiben auch bei bimanuellen Handlungen bestehen und werden mit Vorteil ausgenutzt (Talvas, 2014).

Für die Realisierung des motorischen Planes mit dem dazugehörigen Ablauf der Teilbewegungen ist in der Regel die linke dominante Hemisphäre führend (Serrien, 2003). Die dominante Hand (in der Regel die rechte) «dominiert» mit ihrem Beitrag: sie ist treibende Kraft der Handlung. Die rechtsseitige Handedominanz wird im Alltag bei der Manipulation von Objekten bestätigt. Die linke Hand wirkt dann unterstützend, z. B. stabilisierend beim Festhalten des Objektes, zusätzlich ist sie aber auch Quelle von Informationen über Lage, Konsistenz und Beschaffenheit des Objektes.

*Bimanuelle Handhabungen optimieren die Informationsaufnahme.*

Informationen über das Gewicht, die Position, die Länge und Ausrichtung der Kanten oder Kurven, die Ausdehnung und Krümmung der Flächen, die Größe und die struktu-

rellen Eigenschaften (Oberflächenbeschaffenheit, Konsistenz) eines Objektes sind die Basis einer erfolgreichen Manipulation. Diese multisensoriellen Informationen werden im Zentralnervensystem integriert.

Je nach Ziel und Umstände dominieren bei der Manipulation von Objekten alternierend somatosensoriale oder visuelle Informationen. Z. Bsp. sind für die Wahrnehmung der Beschaffenheit eines Objektes die somatosensorialen Informationen dominierend, die visuell feststellbaren Eigenschaften beeinflussen trotzdem erfahrungsbedingt die Entscheidung.

Bei visuell nicht erkundbaren verborgenen Anteilen eines Objektes übernehmen taktile Informationen naturgemäß die Aufgabe der Erkundung (Bruno und Pavani, 2018). Bei Erkennung der Form, der Ausdehnung, der Oberflächenbeschaffenheit und der Konsistenz eines Objektes durch bimanuelle Manipulation desselben, verstärken sich visuelle und haptische Informationen gegenseitig. Dadurch profitiert die Genauigkeit der Erkennung. Auch die erneute Erkennung des Objektes nach Änderungen seiner Orientierung im Raum wird unter diesen Bedingungen erleichtert.

Die Hände am Objekt vermitteln mit dem Tastsinn und der Propriozeption die nötigen haptischen Wahrnehmungen, die durch bimanuelle Handlungen gefördert wird (Talvas, 2014). Man nimmt an, dass die Wahrnehmung der Härte eines Objektes effizienter bimanuell geschieht. Bimanuelle Bewegungseinsätze sind für die Raum-Position-Wahrnehmung vorteilhaft. Zweihändig, durch gegenseitige Raumreferenz, wird ein besseres Raumgefühl erzielt. Die Wahrnehmung der Distanz und der Ausrichtung im Raum von Bestandteilen des Objektes können besser bimanuell als durch separaten Einsatz der Hände geschehen.

Dies wird durch eine Integration der Informationen aus beiden Händen bei gegenseitiger Kontrolle der Positionswahrnehmung erreicht. Auch gleichzeitige taktile Signale aus verschiedenen Objektregionen helfen bei der Bestimmung der Orientierung im Raum.

Auch in diesem Zusammenhang sei abschließend daran erinnert, dass die einzelne Hand je nach Ziel einen besonderen informativen Beitrag leisten kann. Die Oberflächenbeschaffenheit sowie feine Unterschiede z. B. in der Krümmung des Objektes, werden besser mit einer Hand wahrgenommen, während symmetrische Formen besser beidhändig wahrgenommen werden, als asymmetrische (Talvas, 2014).

*Bei bimanuellen Bewegungen steigert das Abgleichen der Informationen zwischen den beiden Händen die Effizienz der Handlung.*

Der Transfer von Informationen von einer Hand zur anderen und die Integration der relevanten Informationen ist zentral für die Effizienz des Einsatzes der Hände bei einer

bimanuellen Aufgabe. Eine solche Handlung fördert den interhemisphärischen Transfer der aufgenommenen Informationen. Ein Beispiel ist der Transfer von Informationen über Härte oder Krümmung eines Objektes.

Am Beispiel des Transfers von Informationen über die Trajektorie von der non-dominanten auf die andere Hand und von Informationen über die Zielposition von der dominanten auf die non-dominante Hand, scheint, dass bei einzelnen Erkennungsprozesse eine asymmetrische Aufgabenzuteilung vorhanden ist (Talvas, 2014; Criscimagna-Hemminger, 2003), die einen interhemisphärischen Abgleich benötigen.

Während des Wahrnehmungsprozesses geschieht eine Integration visueller, taktil-kinästhetischer und propriozeptiver Informationen aus beiden Händen.

In der Regel ist die Informationsmenge redundant: wahrscheinlich gibt das Gehirn einem Teil der Informationen Vorrang (integriert nicht einfach alle Informationen) («sensory selection»), auch wenn alle Informationen ihre Bedeutung hätten (Squeri, 2012).

Diese Prozesse der Schwerpunktsetzung in den Wahrnehmungsprozessen geschehen in der Regel unbewusst, sie können aber auch bewusst gelenkt werden. Eine bewusste Beeinflussung der Rollen der beiden Hände ist durch Aufmerksamkeitsverschiebungen möglich. Die Aufmerksamkeit kann schwerpunktmäßig z. B. von den visuellen auf die haptischen Informationen geleitet werden (Hitckley, 1997). Ein bewusstes Eingreifen in diese Prozesse kann je nach Ziel, je nach Rahmenbedingungen und je nach Erfahrung des Subjektes sicherer zu einem bestimmten Ziel führen.

### **Neuronale Organisation der bimanuellen Bewegungen**

*Die neuronale Organisation bimanueller Bewegungen weist eine eigene Spezifität auf.*

Die motorische Organisation der bimanuellen Bewegungen hat Eigenheiten, die nicht aus den Gesetzen der Bewegung der einzelnen oberen Gliedmaßen hergeleitet werden können (Swinnen, 2002). Partiiell getrennte neuronale Populationen sind bei bimanuellen Bewegungen aktiv, die bei unimanuellen Bewegungen nicht involviert sind (Howard, 2010).

Hirnareale mit spezifischen Repräsentationen für bimanuelle Koordination konnten aber nicht identifiziert werden (Weiss-Blankenhorn und Fink, in Schneider und Fink, 2013, S. 290).

Ein Netzwerk von verschiedenen Hirnregionen (primärer motorischer Kortex, supplementärmotorischer Kortex, parietoprämotorische Verbindungen) werden je nach Aufgabe und Kontext bilateral dynamisch und variabel involviert. Man nimmt dabei einen interhemisphärischen

aufgabespezifischen flexiblen Informationsfluss für die motorische Armsteuerung bei bimanuellen Handlungen an (Cardoso de Oliveira, 2002).

*Hinweise auf wichtige motorische intra- und interhemisphärische neuronale Netzwerke bei bimanuellen Bewegungen.*

Koordinierte bimanuelle Bewegungen setzen funktionierende inter-hemisphärische neuronale Verbindungen voraus. Diese Vernetzungsfähigkeit von Hirnregionen ist grundsätzlich vorgegeben (intrinsische Konnektivität). Sie sind interindividuell verschieden effizient entwickelt.

Bei den verschiedenen Bewegungen werden jeweils andere neuronalen Netzwerke aktiv (effektive Konnektivität). Die wichtigsten intrahemisphärischen Verbindungen sind reziprok zwischen dem Prämotorkortex, dem supplementär motorischen Kortex (SMA) und dem primären motorischen Kortex. Zwischen diesen Hirnarealen bestehen auch reziproke interhemisphärische Verbindungen via Corpus Callosum.

Bei unimanuellen Bewegungen dominiert die Aktivität der kontralateralen Hemisphäre mit starker positiver Kopplung auf M1 und gegenseitiger Inhibition der Verbindungen zu den Hemisphären. Diese Inhibitionen scheinen bei bimanuellen Bewegungen, zugunsten einer starken interhemisphärischen Kooperation der Hirnareale zu entfallen (Weiss-Blankenhorn und Fink, in Schneider und Fink, 2013, S. 290).

*Relevante interhemisphärische Interaktionen bei taktiler Informationsaufnahme.*

Darüber gibt ein Artikel von Luigi Tamè von 2018 (Tamè, 2018) Auskunft. Taktile Informationen aus beiden Körperseiten werden dank transkallosalen Verbindungen integriert. Am stärksten zeigt sich der Effekt bei synchronen und lokalisatorisch symmetrischen taktilen Stimulationen (an den Fingern). Der Schwierigkeitsgrad der taktilen Aufgabe für die Finger fördert die bilaterale Integration der Stimuli. Involviert sind die Areale SI (somatosensorischer Primärareal) und SII (somatosensorischer Sekundärareal), insbesondere und interessanterweise geschieht eine Integration schon auf Niveau von SI.

*Somatosensorische Informationen werden nahtlos in die motorische Planung eingebunden.*

Bei dieser sensomotorischen Integration spielt der hintere parietale Kortex, zu welchem die sensorischen Afferenzen aus SI und SII fließen, eine grundsätzliche Rolle. Er ist Ort der multisensoriellen Integration somatosensorischen und visuellen Informationen.

Somatosensorische Informationen aus beiden Hemisphären werden via Corpus Callosum zum hinteren parietalen

Kortex geführt. Für die Planung, Ausführung und Kontrolle der Bewegungen ist dieser kontinuierliche Informationsfluss mit seiner entsprechenden Integration unentbehrlich. Der Handlungserfolg mit bimanuellen Bewegungen ist davon entscheidend abhängig.

### **Kognitive Prozesse bei bimanuellen Handlungen**

Eine bimanuelle Handlung wie eine Tasse im Raum halten und zugleich mit einem Löffel den Inhalt umrühren, verlangt motorisch und kognitiv die beidseitige Involvierung einer Vielzahl von Hirnareale, inbegriffen solche denen man hauptsächlich kognitive Aufgaben zuschreibt. Solche kognitiven Aufgaben sind z. B. das Erkennen des Objektes, das man greifen möchte, mit seinen Eigenschaften und seinen Einsatzmöglichkeiten, die angemessene Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf die Teilschritte der Handlung und der Einsatz von Gedächtnisleistungen um das Erfahrungswissen einzusetzen. Ebenfalls gehören dazu die Operationen im Raum, wie die Wahl von Distanzen und Richtungen und die Abschätzung von Geschwindigkeiten beider Hände.

Die bimanuelle Integration der Informationen kann die Effizienz der kognitiven Analyse der Aufgabe verbessern (Hinckley, 1997). Beim Gebrauch von zwei Händen kann die Person Gesichtspunkte über die Aufgabe ändern bzw. erweitern, somit alternative Strategien für die Lösung der Aufgabe einsetzen (Hickley, 1997).

Eigentlich, beim Hantieren mit einem Objekt oder Instrument, geht es immer um das Finden einer Problemlösung. Der Einsatz bimanueller Bewegungen führt zu einer Reduktion der Variabilität in der Suche nach der Lösung der Aufgabe (Eliassen, 2000).

Eine objektbezogene Aufgabe, wie die Drehung des Objektes in den Händen um eine Gesamtschau über seine Struktur zu erhalten oder seine Rotation in eine neue Position, beide um es effizienter einzusetzen, sind kognitive Aufgaben. Sie gelingen bimanuell sicherer und mit wenigen Teilschritten als mit gestaffeltem Einsatz beider Hände (Hickley, 1997).

Die meisten Aufgaben im Alltag, die wir beidhändig lösen, sind einfache Routine. Neue Ziele, beidhändig mit einem bekannten Werkzeug zu erreichen oder sogar mit einem noch nicht ausreichend bekannten Werkzeug arbeiten, können zu schwierigen Aufgaben auf motorischer und kognitiver Ebene werden. Solche Herausforderungen bei bimanuellen Aufgaben werden daher fast immer eher in einer asymmetrischen Art gelöst, mit Ausführung verschiedener Teilaufgaben je nach Hand, im Sinne einer Verringerung des Schwierigkeitsgrades der Aufgabe (Talvas, S. 13).

## Bimanuelle Bewegungen nach Schlaganfall

*Bei Schlaganfallpatienten sind bimanuelle Bewegungen in der Regel beeinträchtigt.*

Bei hemisphärischen Läsionen und insbesondere bei Läsionen des Corpus callosum kann die Möglichkeit der korrekten Ausführung bimanueller Fertigkeiten betroffen sein (Johansen-Berg, 2007; Lehmann, 2019).

Bei Hemisyndrom mit Plegie des betroffenen Armes sind nur Bewegungen des kontralateralen Armes möglich. Bei Paresen verschiedenen Grades sind mono- und bimanuelle Handlungen mit variablen Einschränkungen je nach Schweregrades der sensomotorischen Defizite ausführbar. In beiden Fällen können die Bewegungen spontan oder auf Aufforderung geschehen. Bei diesen motorischen Störungen handelt es sich definitionsgemäss nicht um Apraxien der Gliedmaßen.

Diese letzten können nicht durch «elementare» sensomotorische Defizite erklärt werden. Wohl können zusätzlich, im Falle einer linksseitigen Läsion, Gliedmaßenapraxien mit beidseitigen Störungen der Ausführung von Bewegungen vorhanden sein.

*Es gibt Aspekte der motorischen Beeinträchtigung, die je nach Läsionsseite verschieden sind.*

Ob die rechte oder die linke Hand plegisch ist, hat Folgen auf funktioneller Ebene. Eine typische hemisphärische Läsion links betrifft in der Regel die motorisch dominante Hand. Der plegische Arm zeigt dann Besonderheiten, die mit der Dominanz der linken Hemisphäre bei der Organisation bestimmten Aspekte der Bewegung in Zusammenhang stehen: eine Beeinträchtigung der Kontrolle der Geschwindigkeit der Bewegung, der Trajektorie der Bewegung und der Verkettung der Teilbewegungen sind in der Regel mit variabler Ausprägung festzustellen.

Aus diesen Gründen verursachen linksseitige Läsionen mit motorischen Defiziten eine stärkere Beeinträchtigung der bimanuellen Koordination als bei rechtsseitigen Läsionen (Swinen, 2002).

Rechtsseitige Läsionen, die die sensomotorischen Areale involvieren, zeigen in der Regel ebenfalls spezielle Aspekte: die Präzision der Trajektorie und der Endposition der Bewegung werden beeinträchtigt. Alle diese Einschränkungen zeigen ihre Geschwindigkeitsabhängigkeit: rasche Bewegungen akzentuieren sie.

*Die Patienten mit Hemisyndrom zeigen Schwierigkeiten, die betroffene paretische Hand spontan in bimanuelle Handlungen einzusetzen.*

Die klinische Erfahrung zeigt, dass Patienten mit Paresen der oberen Extremitäten leichteres Schweregrades und in

der Regel auch mit leichteren kognitiven Defiziten, auch wenn zögernd, spontan versuchen, bimanuelle Handlungen wie vor dem Eintreffen der Pathologie auszuführen. Das gilt für rechtsseitige sowie linksseitige Läsionen. Bei rechtsseitigen Läsionen können Neglekt-Symptome die Ausführung bilateraler Handlungen erschweren.

Bei schweren motorischen Defiziten, unabhängig von der Läsionsseite, zeigen die Patienten eine klare Tendenz zur Vernachlässigung des Einsatzes bimanueller Bewegungen. Das ist durch die großen Schwierigkeiten beim Einsatz der paretischen Hand wenigstens zum Teil zu verstehen.

Wenn sich die sensomotorischen Defizite im chronischen Stadium befinden, akzentuiert sich diese Vernachlässigungstendenz weiter. Die Erfahrung zeigt, dass diese Erscheinung auf eine Tendenz die plegische obere Extremität nur für einfache Handlungen oder für «Hilfshandlungen» einzusetzen basiert. Denkbar ist auch die Möglichkeit, dass mangelnde Übung mit bimanuellen Bewegungen in der für den Patienten neuen Situation diese Vernachlässigungstendenz fördert.

*Patienten mit Hemiplegie können eine Vielzahl kognitiver Defizite aufweisen, einzelne davon können die Ausführung bimanueller Handlungen empfindlich erschweren.*

Bei der Planung neurokognitiven Therapie sollten die kognitiven Defizite auch im Falle der bimanuellen Übungen sorgfältig berücksichtigt werden. Hier sei speziell nur auf wenige wichtige Aspekte hingewiesen. Problematisch können sich Störungen der Aufmerksamkeit sein, insbesondere der geteilten Aufmerksamkeit auf die Übungsausführung auswirken.

Besonders auf Störungen der Wahrnehmung von Richtungen, Distanzen und Orientierung im Raum sollte geachtet werden. Der Einsatz der motorischen Imagination kann durch Einschränkungen der Repräsentationsfähigkeiten erschwert werden.

## Neuronale Organisation nach Schlaganfall

Der Artikel «Aktuelles und Rehabilitationsrelevantes über die Organisation der Handmotorik», der in unserer Zeitschrift 2016 erschienen ist (Fabio M. Conti u. Roger Gasert. VFCR Rundbrief Nr. 21, Dezember 2016), bietet das notwendige Basiswissen «über die ipsi- und kontralateralen Auswirkungen zentralnervösen Läsionen auf die Netzwerke der Sensomotorik, über die Lokalisation der Läsion, sowie über Aspekte der Somatosensorik im Zusammenhang mit Lernprozessen» (S. 5-9).

Wir verweisen gerne für eine Einführung über pathologische Situationen, welche bimanuelle Bewegungen beeinträchtigen, auf diesen Artikel.

Wir erwähnen hier daher nur einen besonders wichtigen Aspekt der neuronalen Organisation nach Schlaganfall, der für das Verständnis der Auswirkung der Pathologie bei bimanuellen Bewegungen besonders wichtig ist.

Bimanuelle Bewegungen involvieren bilaterale komplexe neuronale Netzwerke unter Wegfall der gegenseitigen Inhibitionen (Schneider u. Fink, 2013, S. 290-292).

Es wird somit angenommen, dass die nicht-läsionierte Hemisphäre durch Wegfall der gegenseitigen Inhibitionen einen Beitrag zur neuronalen Reorganisation durch ihre Führung der Handlung leisten kann (Mudie u. Mathyas, 2000).

Man kann somit postulieren, dass dieser Umstand eine Förderung der motorischen Reorganisation nach fokalen Hirnläsionen darstellen kann. Im Rapport der EBRSR (Evidence-Based Review of Stroke Rehabilitation) vom Jahr 2013 wird die Hypothese erwähnt, dass der Gebrauch des nicht betroffenen oberen Gliedes durch faszilitierende Kopplung zwischen beiden Armen, die Erholung der motorischen Funktionen des betroffenen Gliedes fördert. Beim Einsatz bilateralen Armbewegungen soll die Aktivierung der nicht-läsionierten Hemisphäre eine solche auch bei der geschädigten Hemisphäre, dank transkallosaler neuronale Netzwerke, zur Folge haben.

### **Vorschläge für bimanuelle Übungen nach Schlaganfall**

In diesem Rahmen sollen nur einige einführende Hinweise auf die Gestaltung bimanueller Übungen geboten werden. Im Geist der «Zukunftswerkstatt für neurokognitive Rehabilitation» sollten diese Ausführungen Anregungen für eine gemeinsame weitere theoretische und anwendungsgezielte Vertiefung dieses wichtigen Themas sein.

Erfahrungen sollten dabei gesammelt und systematisiert werden. Eine diesbezüglich spezifische sehr lesenswerte Literatur in italienischer Sprache steht zur Verfügung (Di Francesco, 2017; Garcia, 2017; Rizzello, 2018; Serafin, 2018; Zernitz, 2017).

Die Planung und Ausführung der Übungen sollten im Rahmen der Grundsätze unseres therapeutischen Ansatzes erfolgen. Eine genau Untersuchung des Patienten mit der Herstellung seines (sensomotorischen und kognitiven) «Profils» ist unentbehrliche Voraussetzung für eine korrekte Therapieplanung.

Die vorrangige Betrachtung der folgenden drei Aspekte helfen, neurokognitive bimanuelle Übungen zu planen (definitionsgemäß verlangen bimanuelle Übungen den gleichzeitigen Einsatz beider Hände für das gleiche Handlungsziel):

- die «Räume», in welchen die Übung auszuführen ist (visuell, taktil, propriozeptiv, haptisch),
- die Repräsentation der Handlung, die eingesetzt wer-

den sollte (Vorstellung des Zieles, Imagination der Handlung, Imagination und Vergleich mit einer dem Ziel angemessenen Erfahrung aus der Zeit vor der Läsion, Auswahl der semantischen Bedeutung des Objektes) und

- der Wahl der Art des Transfers von Informationen zwischen den beiden Händen.

Was den Einsatz von bimanuellen Erfahrungen aus der Zeit vor der Läsion betrifft, ist eine Präzisierung von Nutzen. Beim Einsatz bzw. Lernen von (neuen) bimanuellen Bewegungen nach Schlaganfall gibt es Interferenzen durch die im Gedächtnis gespeicherten nicht mehr einsetzbaren, aus der Zeit vor der Läsion, favorisierten Bewegungen und durch die Tendenz, symmetrische synchronisierte Bewegungen auszuführen (Swinnen, 2002).

Instruktion des Patienten über die Wahl der aus therapeutischer Sicht besseren Handlungsstrategie und einer effizienteren mentalen Konzeptualisierung der Handlung (bei der motorischen Imagination, beim Einsatz von Erfahrungen aus der Zeit vor der Läsion) helfen, falsche spontane Bewegungseinsätze zu überwinden.

Sie dienen somit der Überwindung vom Einsatz von automatischen der Aufgabe nicht adäquaten Handlungsstrategien (Swinnen, 2004).

Es lohnt sich, die Übungen für Manipulationen eines Objektes mit normalen tagtäglichen Dimensionen zu programmieren. Die Manipulation sollte, wie im Alltag die Regel ist, im vorderen peripersonalen Raum geschehen. Das fördert den wichtigen Bezug auf die Körpermittellinie bei der bimanuellen Handlung.

### **Erkennungsaufgaben an einem Objekt**

Erkennungsaufgaben können durch Einsatz von visuellen, taktilen, propriozeptiven und haptischen Informationen gelöst werden. An einem Würfel oder einem Quader kann die Erkennung von Charakteristika wie Länge der Kanten, Ausrichtung im Raum derselben, Position von Ecken und Materialkonsistenz verlangt werden.

Je nach Frage, die zu beantworten ist, wird eine andere Vorstellung des Zieles, eine andere Imagination und Ausführung der Handlung notwendig sein.

Im Rahmen der Übungsstrategie wird man versuchen, den Transfer von Informationen von der «nicht-betroffenen» auf die betroffene Hand während der bimanuellen Übung nach bestimmten Kriterien zu beeinflussen.

Aus Sicht der Therapie soll man die Informationsübertragungen fördern, die man für die Wiedererlangung der Motorik als effizient erachtet.

Im Folgenden seien die Aspekte der Übungsgestaltung kurz vorgestellt, denen man eine besondere Aufmerksam-



keit schenken sollte.

Zuerst sind zu wählen: die Position und Orientierung der Hände im Raum in Bezug auf das Objekt und die Wahl der Charakteristika des Objektes auf welche die Aufmerksamkeit gerichtet werden sollte (Ecken, Kanten und ihre Länge, Richtungen der Kanten).

Die Richtung der Fingerbewegungen der einen Hand und der anderen entlang des Objektes müssen gewählt werden: die Bewegungen können parallel oder antiparallel ausgeführt werden, ebenfalls zu wählen sind die Rotationen die an den involvierten Gelenken eingesetzt werden sollten.

Entsprechend unserer Klassifikation der neurokognitiven Übungen, können Bewegungen ohne oder mit offenen Augen eingesetzt werden, respektiv geführt oder selbst ausgeführt werden.

Die Wahl des Schwierigkeitsgrades der Übung ist wichtig, um den Patienten nicht zu überfordern, was die Expression der pathologischen Komponenten fördern könnte. Die Gestaltung der Übungen durch Unterteilung der Aufgabe in verschiedenen einfacheren Teilhandlungen für eine oder die andere Hand, kann den Schwierigkeitsgrad senken.

Interessant ist die Möglichkeit, Transformationen von Informationen verschiedener sensorischen Qualitäten einzusetzen. Eine Erkennungsaufgabe kann durch schwerpunktmäßigen Einsatz haptischer beziehungsweise visueller Informationen gelöst werden.

Der Vergleich der Resultate und der vom Patienten wahrgenommen Unterschiede bei der Lösung der Aufgabe, kann zu einer Verbesserung der Handlungsstrategie führen. Eventuell kann neben der motorischen Imagination der Handlung auch eine Handlungsbeobachtung bzw. Handlungsimitation der eigentlichen Übung vorausgeschickt werden.

### **Manipulation eines Objektes**

Als Referenz kann man z. B. an folgende häufige Aufgaben denken: ein Blatt schneiden (eine Hand hält fest, die andere schneidet), eine Flasche öffnen (eine Hand hält, die andere hält bzw. rotiert die Flasche), eine Bewegung der Annäherung beider Hände zu einem Ziel (mit einer Hand die sich in eine Richtung bewegt, mit der anderen konvergierend zum Objekt aus einer anderen Richtung), eine Schnur strecken (Bewegungen der Hände in entgegengesetzten Richtungen).

Bei diesen Beispielen sind die Bewegungen beider Hände zum Teil synchron, zum Teil gestaffelt, zum Teil handelt es sich um eine Halteaufgabe während einer komplexeren Handlung der kontralateralen Hand.

Eine Aufgabe wird der gesunden Hand und einer anderen der betroffenen Hand zugeteilt. Zum Beispiel kann eine Hand eine Aufgabe haben, bei welcher eine konstante Kraft bei einer bestimmten Distanz zwischen Finger 1 und 2 verlangt wird, bei der anderen Hand kann eine variable Kraft (z. B. auf einen Schwamm) eingeübt werden. Die Aufgabeteilung betrifft auch die Wahl der Afferenzen. Bei einer Hand kann eine taktil-kinästhetische oder propriozeptive Informationsaufnahme verlangt werden, bei der anderen eine visuelle.

Für Entwicklungen der Komplexität der Übungen stehen viele Möglichkeiten zur Verfügung. Richtungen, Kräfte und Distanzen können variiert werden, insbesondere auch die Durchführungsgeschwindigkeit der Handlung. Wo Rotationen z. B. beim Handgelenk involviert sind, können variable Rotationswinkeln bzw. Rotationsgeschwindigkeiten verlangt werden.

### **Schlussfolgerungen**

Wir haben Argumente aus klinischer und physiologischer Sicht vorgelegt, die für einen erfolgsversprechenden Einsatz bimanueller Übungen bei Schlaganfallpatienten sprechen. Unsere Erfahrung basiert im Moment auf einer beschränkte und unsystematische Anwendung an Einzelfälle. Sie ermutigt weiter so zu arbeiten. Eine weitere Sammlung von Erfahrungswerten ist aber unentbehrlich. Die durch die «Zukunftswerkstatt für neurokognitive Rehabilitation» diesbezügliche initiierte Feldforschung kann nur begrüßt werden.

Die Literatur über den Erfolg der Anwendung bimanuellen Therapien im Vergleich zu den klassischen unilateralen Übungen bei Patienten mit Schlaganfall liefert uneinheitliche Resultate.

Die EBRSR - Publikation fasst die Beurteilung der Erfolge der bimanuellen Interventionen folgendermassen zusammen: «There is conflicting evidence that bilateral arm training is superior to unilateral training» (S. 123).

Es fehlt somit im Moment die sichere Evidenz einer Überlegenheit bimanueller Übungen gegenüber unilateralen Übungen. Auf die gleichen Schlüsse kommen auch andere Publikationen (Cauraugh, 2010; Coupard, 2010; Delden, 2012; Morris, 2008; Pollok, 2014).

Die z. T. kontrastierenden Resultate der Studien sollen nicht dazu führen, die vielversprechenden Möglichkeiten die bimanuelle Übungen uns bieten, zu ignorieren. Die Hypothesen, auf welchen diese therapeutische Option basieren, sind aus physiologischer Sicht solide und sollten unserer Meinung nach weiterverfolgt werden. Natürlich sollten weitere Studien diese therapeutischen Hypothesen überprüfen.

Dies auch aus dem Grund, dass verschiedene Probleme

bei der Beurteilung der zur Verfügung stehenden Studien vorliegen: die Wahl der Patienten (Zeit seit dem Schlaganfall, Definition der Schwere der Symptome, Vergleichbarkeit der Patienten untereinander, Alter der Patienten), die kleine Anzahl Patienten, die mangelhafte genaue Definition der Aufgaben der oberen Extremitäten während den Übungen, die Dauer der therapeutischen Interventionen mit bimanuellen Übungen und die Art der Kombinationen mit «traditionellen» unilateralen Therapien, der Einsatz verschiedener Messskalen zur Beurteilung des Erfolges, die meist fehlende Analyse der Rolle der kognitiven Defizite bei der Durchführung der Übungen.

## Offene Fragen

Über die Organisation der kortikalen Netzwerke für bimanuelle Bewegungen im gesunden und im pathologischen Fall (insbesondere bei Schlaganfall) steht ein Grundwissen zur Verfügung. Über die Beeinflussbarkeit dieser Netzwerke nach Schlaganfall durch Neuromodulation (Grefkes, 2010) oder durch Übungstherapien sind noch viele Fragen offen.

Von den offenen Fragen betreffend die Gestaltung und Anwendung bimanueller Übungen bei der Rehabilitation von Schlaganfallpatienten, möchten wir hier die auflisten, denen man aus unserer Sicht eine besondere Aufmerksamkeit schenken sollte:

Welches kognitive und motorische «Profil» sollte die am besten geeigneten Patienten aufweisen, um von einer bimanuellen Therapie profitieren zu können? Welche Übungen sind in diesen Fällen am effizientesten und wann? In welchem Verhältnis sollten bimanuelle und einseitige Übungen stehen?

Ein positiver Einfluss auf die motorische Erholung ist eher in der akuten oder in der chronischen Phase zu erwarten? Stellt man einen positiven Einfluss vor allem distal auf Niveau der Finger, gesamthaft oder eher proximal? Welche sind die besseren Indikatoren um positive Veränderungen zu beschreiben respektiv zu quantifizieren? Sollte man schlussendlich nur bimanuelle Übungen anwenden?

## Literaturverzeichnis

Bruno N a. Pavani F (2018) *Perception – A Multisensory Perspective*. Oxford University Press  
 Cardoso de Oliveira S (2002) The neuronal basis of bimanual coordination: recent neurophysiological evidence and functional models. *Acta Psychol (Amst)*, 110 (2-3):139-159  
 Cauraugh J H, Lodha N, Naik S K, Summers J J (2010) Bilateral movement training and stroke motor recovery progress: a structured review and meta-analysis. *Hum. Mov. Sci.*, 29(5), p. 853-870  
 Conti F M, Gassert R (2016) *Aktuelles und Rehabilitationsrelevantes über die Organisation der Handmotorik*. VFCR Rundbrief No. 21  
 Coupar F, Pollok A, Van Wijck F, Morris J, Langhorne P (2010) Simultaneous bilateral training for improving arm function after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 4  
 Criscimagna-Hemminger S E, Donchin O, Gazzaniga M S, Shadmehr R (2003) Learned Dynamics of Reaching. *Movements Generalize From*

*Dominant to Nondominant Arm*. *Journal of Neurophysiology*, 89(1): 168-176  
 Delden van A E Q, Peper C E, Beek P J, Kwakkel G (2012) Unilateral versus bilateral upper limb exercise therapy after stroke: a systematic review. *J Rehabil Med*, 44, 10-21  
 EBRSR - Evidence-Based Review of Stroke Rehabilitation -, Cap. 10: Upper Extremity Interventions, October 2013, 10.2.2 Bilateral Arm Training, 14-18  
 Eliassen J C, Baynes K, Gazzaniga M S (2000) Anterior and posterior callosal contributions to simultaneous bimanual movements of the hands and fingers. *Brain*, 123, 2501-2511  
 Guiard Y (1987) Asymmetric division of labor in human skilled bimanual action: the kinematic chain as a model. *Journal of Motor Behavior*, 19(4):486-517  
 Hinckley K, Pausch R, Proffitt D (1997) Attention and Visual Feedback: The Bimanual Frame of Reference. In *Proc. of Symposium on Interactive 3D Graphics*  
 Howard I S, Ingram S N, Wolpert D W (2010) Context-Dependent Partitioning of Motor Learning in Bimanual Movements. *Journal of Neurophysiology*  
 Johansen-Berg H, Della-Maggiore V, Behrens T E J, Smith S M, Paus T (2007) Integrity of white matter in the corpus callosum correlates with bimanual co-ordination skills. *Neuroimage*, 36(Suppl.2), T16-T21  
 Lehmann N, Tolentino-Castro J W, Kaminski E, Ragert P, Villringer A, Taubert M (2019) Interindividual differences in gray and white matter properties are associated with early complex motor skill acquisition. *Hum Brain Mapp.*, 40: 4316-4330  
 Morris J H, van Wijck F, Joice S, Ogston S A, Cole I, Mac Walter R S (2008) A comparison of Bilateral and Unilateral Upper-Limb Task Training in Early Poststroke Rehabilitation: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*, Vol 89, 1237-1245  
 Mudie M, Mathyas Th A (2000) Can simultaneous bilateral movement involve the undamaged hemisphere in reconstruction of neural networks damaged by stroke? *Disability and Rehabilitation*, Vol 22, No 1 / 2, 23-37  
 Pollok A, Farmer S E, Brady M C, Langhorne P, Mead G E, Mehrholz J, van Wijk F (2014) Interventions for improving upper limb function after stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 2014 Nov 12;(11)  
 Schneider F, Fink G R (Hrsg.). *Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie*. Springer, 2013, S. 290-292  
 Serrien D J, Cassidy M J, Brown P (2003) The importance of the Dominant Hemisphere in the Organisation of Bimanual Movements. *Human Brain Mapping* 18: 296-305  
 Squeri V, Sciutti A, Konczak J et al (2012) The hands, one perception: how bimanual haptic information is combined by the brain. *J Neurophysiol*, 107 (2), 544-550  
 Swinnen S P (2002) Intermanual coordination: from behavioural principles to neural-network interactions. *Nature Publishing Group*, Vol 3, 350-361  
 Swinnen S P, Wenderoth N (2004) Two hands, one brain: cognitive neuroscience of bimanual skill. *TRENDS in Cognitive Sciences*, Vol. 8, No. 1  
 Talvas A (2014) Bimanual haptic interaction with virtual environments. *Computer science*. INSA de Rennes, Cap. 2  
 Tamè L (2018) Somatosensory and sensory-motor integration between the two cerebral hemispheres. *Riabilitazione Neurocognitiva*, Anno XIV, n. 1, 15-22  
 Weitere für eine Vertiefung nützliche Literatur  
 Ballesteros S, Manga D, Manual Reales J (1997) Haptic discrimination of bilateral symmetry in 2-dimensional and 3-dimensional unfamiliar displays. *Perception and Psychophysics*, 59(1), 37-50  
 Cona G, Scarpazza C (2019) Where is the «where» in the brain? A meta-analysis of neuroimaging studies on spatial cognition. *Hum Brain Mapp*; 40: 1867-1886  
 Ghazanfar A A, Schroeder C E (2006) Is neocortex essentially multisensory? *TRENDS in Cognitive Sciences*, Vol. 10, No. 6  
 Grefkes C, Nowak D A, Wang L E, Dafotakis M, Eickhoff S B, Fink G R (2010) Modulating cortical connectivity in stroke patients by rTMS assessed with fMRI and dynamic causal modeling. *Neuro Image* 50: 233-242  
 Yau J M, Kim S S, Thakur P H, Bensmaia S J (2016) Feeling from: the neural basis of haptic shape perception. *J Neurophysiol*; 115(2): 631-642  
 Kaluzny P, Palmeri A, Wiesendanger M (1994) The problem of bimanual coupling: a reaction time study of simple unimanual and bimanual finger responses. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 93, 450-458  
 Milner T E, Franklin D W, Imamizu H, Kawato M (2006) Central

*Representation of Dynamics When Manipulating Handheld Objects. J Neurophysiol 95: 893-901*  
 Mutha P K, Sainburg R L, Haaland K Y (2011) Critical neural substrates for correcting unexpected trajectory errors and learning from them. *Brain*, 134: 3647-3661  
 Park C H, Kou N, Ward N S (2016) The contribution of lesion localisation to upper limb deficit after stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 0: 1-4  
 Salthian K (2016) Analysis of haptic information in the cerebral cortex. *J Neurophysiol* 116: 1795-1806  
 Tsuda H, Aoki T, Kimura Y, Hatazawa J, Kinoshita H (2009) Functional Brain Areas Associated With Manipulation of a Prehensile Tool: A PET Study. *Hum Brain Mapp* 30: 2879-2889  
 Umiltà M A, Gallese V, Rizzolatti G et al (2008) When pliers become fingers in the monkey motor system. *PNAS*, Vol. 105, No. 6: 2209-2213  
Wichtige Literatur aus Sicht der Neurokognitiven Therapie  
 Di Francesco P (2017) «Le due mani per lo stesso fine» Lo spazio della mano, gli spazi delle mani: Studi Neurofisiologici e Nuove Interpretazioni. *Riabilitazione Neurocognitiva*, Anno XIII, n. 3, 274-280  
 Garcia A P (2017) Un esempio di esercizio bimanuale. *Riabilitazione Neurocognitiva*, Anno XIII, n. 3, 262-273  
 Rizzello C, Zernitz M, Guacci M, Rigoni M, Torrentà M S (2018) Osservare le azioni delle mani. *Riabilitazione Neurocognitiva*, Anno XIV, n. 1, 23-44  
 Serafin A, Fontana S, Montella M C, Hamada H (2018) La rappresentazione dell'azione bimanuale prelesionale nel paziente neuroleso acuto e cronico per la scelta dell'azione e dell'esercizio. *Riabilitazione Neurocognitiva*, Anno XIV, n. 1, 46-58  
 Zernitz M, Rizzello C (2017) Ipotesi di lavoro per la progettazione di esercizi per il recupero delle azioni bimanuali. *Riabilitazione Neurocognitiva*, Anno XIII, n. 3, 215-240

## Arbeitsgruppe Pädiatrie

Seit einigen Jahren beschäftigt sich Katharina Eckstein und ihr Team mit den Einsatzmöglichkeiten der neurokognitiven Rehabilitation in der Pädiatrie. Die Motivation dafür entstand schon nach einem monographischen Kurs 2018 mit Patricia Casas in Regensburg. Die andere Sichtweise und Herangehensweise hat sehr beeindruckt, so dass alle Mitarbeiter die Module der Weiterbildung zum „Fachtherapeuten für neurokognitive Rehabilitation (VFCR)®“ besucht haben, einige werden 2022 die Prüfung absolvieren.

Katharina Eckstein war Anfang 2020 eine Woche für einen Hospitationsbesuch bei Patricia Casas in Madrid (s. Artikel Seite 47).

Sie haben für Kinder verschiedene Übungen entwickelt und ausprobiert und möchten sich gerne mit anderen Kollegen in der Pädiatrie austauschen und das Konzept weiterentwickeln. Dafür planen sie eine Arbeitsgruppe, die sich entweder in Präsenz oder Online (je nach Lage der Pandemie) treffen soll. Diese Arbeitsgruppen ersetzt keine Fortbildung, jeder mit Vorkenntnissen (neurokognitive Rehabilitation), der in der Pädiatrie arbeitet, ist herzlich willkommen.

### Kontakt:

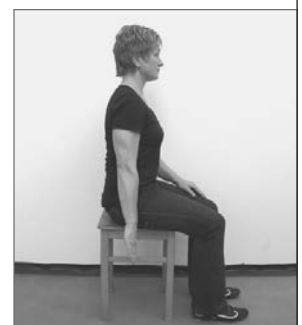
**Katharina Eckstein**  
 eckstein.ergotherapie@gmx.de

# Apraxie

Neurokognitive Rehabilitation nach Prof. C. Perfetti

Eine Fähigkeit, die Patienten mit apraktischen Störungen wiedererlangen sollen, ist das Dekodieren und Transformieren von wahrgenommenen Informationen in andere Sinneskanäle.

Die Fotoserien für die spezielle Behandlung von Apraxiepatienten sind nach den Vorgaben der neurokognitiven Rehabilitation von Prof. Perfetti hergestellt.



Die Fotokiste ist aufgeteilt in Bewegungsveränderung der oberen und unteren Extremität. Sie enthält 45 Serien à 3 oder 4 Fotos. Eine Serie ist komplett auf einer Tafel (DIN A4) und jedes Foto einzeln (DIN A 5). Die Fotos sind laminiert und nummeriert. Preis: € 280,00 zzgl. Versandkosten

**Bestelladresse: Birgit Rauchfuß**  
 Mittlere Mühle 17  
 45665 Recklinghausen  
 b.rauchfuss@t-online.de  
 Tel.: 02361/ 106 29 49

© Bodynek, Jung, Rauchfuß