

Imaginatives Resonanz Training (IRT) bewirkt Ausmerzungen von Phantomschmerzen bei Amputierten, verbunden mit einer spontanen durchdringenden Eigenwahrnehmung eines wieder hergestellten Körperteiles als Anzeichen für deren Dauerhaftigkeit und dieser Sachverhalt belegt durch die Vorher-Nachher fMRI-Bilder des Gehirns

**Autoren: Paul Meyer, Christoph Matthes, Karl Erwin Kusche, Konrad Maurer
In: Psychiatry Research: Neuroimaging**

Zusammenfassung

Nicht-pharmakologische Ansätze wie die Spiegeltherapie und „Graded Motor Imagery“ erzielen meist Verbesserungen des Phantomschmerzes bei Gliedamputierten, aber dessen komplette und dauerhafte Auflösung hat sich als schwer erreichbar erwiesen. Bei Phantomschmerz beschreiben mehrere Studien die Propriozeption des amputierten Gliedes als defektiv und/oder verzerrt. Eine Änderung der Propriozeption bei verschiedenen Stadien der Verbesserung bis hin zur kompletten Abwesenheit des Phantomschmerzes wurde aber noch nicht erforscht. Frühere Studien mittels funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) weisen darauf hin, dass eine krankhafte Reorganisation des Gehirnkortex nach einer Amputation die grundlegende neurobiologische Entsprechung von Phantomschmerz sein könnte. Wir berichten über zwei Fälle von permanenter Auflösung von Phantomgliedschmerzen nach der Anwendung von IRT. Die Patienten, jeweils 69 und 84 Jahre alt, berichteten über Befreiung von Phantomgliedschmerzen zusammen mit der Propriozeption eines auch in der Funktion komplett wiederhergestellten Gliedes am Ende der Behandlung, welches man daher als Indiz auf dauerhafte Schmerzbefreiung anerkennen kann.

Vorher/nachher fMRT-Bildgebung zeigt für den 1. Fall bei entsprechender Aktivierung nach der Behandlung ähnliche Auswirkungen im Sensorimotorkortex wie bei den gesunden Vergleichspersonen, während vor der Behandlung diese deutlich verschieden waren.

1. Einführung

Phantomgliedschmerzen (PGS), in der Regel einhergehend mit verzerrter Propriozeption des betroffenen Gliedes, sind bei etwa 80 % der Amputierten zu verzeichnen (Sherman und Arena, 1992). Mit Hilfe der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT), konnten Lotze et al. (1999, 2001) aufzeigen, dass Phantomschmerzen mit einer pathologischen Reorganisation des motorisch/somatosensorischen Kortex assoziiert sind. Insbesondere bei an den oberen Extremitäten Amputierten wurde während vorgestellter Lippenbewegungen eine aberrante Koaktivierung des motorisch/somatosensorischen Kortex im Handgebiet festgestellt, was zu der Hypothese führte, dass pathologische "Neuverdrahtung" und vom Normalen abweichende kortikale Inanspruchnahme das den Phantomschmerzen zugrundeliegende Korrelat sein könnte.

Andere Ansätze haben in der Behandlung von PGS neben traditioneller pharmakologischer Schmerztherapie ebenfalls auf der Vorstellung beruhende Techniken angewendet, zum Beispiel die Spiegelbox (Ramachandran und Rogers-Ramachandran, 1996; Ramachandran und Hirstein, 1998; Mac Lachlan et al., 2004). Moseley (2006) zeigt, dass die Anwendung von "graded motor imagery" über mehrere Wochen hinweg zu einer signifikanten Reduktion von Phantomschmerzen geführt hat. Die Patienten wurden neben anderen Übungen angewiesen, wie sie Bewegungen mit den amputierten Gliedmaßen in der Vorstellung ausführen sollten. Studien zur Spiegelboxtherapie zeigten vorübergehende Linderung von PGS (Darnall, 2009; Seidel et al, 2009). In einer gründlichen Studie (MacIver, 2008) mit einer Kontroll-Gruppe und fMRT, in der verschiedene Vorstellungstechniken angewandt wurden, wurde nur von statistisch ausgewerteten Verbesserungen berichtet. In Übersichtsuntersuchungen (Flor, 2002; Diers und Flor, 2009) wurden jedoch noch andere Ansätze, zum Teil kombiniert mit pharmakologischen Interventionen, erwähnt. In letztgenannten Untersuchungen wurde die Schwierigkeit unterstrichen, dass ohne das Tragen einer myoelektrischen Prothese, die der Bewegung des amputierten Gliedes funktional nahe kommt, eine Beseitigung des PGS, im Unterschied zu lediglich ihrer Verbesserung, kaum erreicht werden kann.

Hier stellen wir zwei Fälle von Amputationen der unteren Gliedmaße und Dauerphantomschmerzen mit häufigen zeitweisen Verschlimmerungen vor. Imaginative Resonanz Therapie (IRT) basiert auf der gleichzeitigen mentalen Beobachtung von zyklisch hervorgerufenen und in Aktion gesetzten Vorstellungen des amputierten Gliedes und der optischen Beobachtung eines in der Nähe zum wirklichen Körper befindlichen Objektes, z. B. einer Tischoberfläche, auf welche die Vorstellung projiziert wird. fMRT-Messungen vor und nach der Therapie zeigen für den obengenannten ersten Fall positive Veränderungen im Kortex.

2. Methoden

2.1. Trainingsverfahren

IRT ist eine körpersymptomorientierte, rein imaginative Methode der Selbstheilung für einen zumindest anfangs durch einen Trainer angeleiteten Anwender. Erkrankte oder beeinträchtigte Körperteile bzw. Ganzkörper (Körperbilder) werden in der Vorstellung vom Anwender auf ein in der unmittelbaren Umgebung optisch anvisiertes Objekt projiziert, welches zum Zwecke der taktilen Unterscheidung mit Kanten oder ungleichmäßigen Oberflächen bzw. zur Temperaturunterscheidung mit heißen/kalten Oberflächen ausgestattet ist.

Die Aktivität wird in iterativen Zyklen unternommen, die jeweils aus vier Schritten bestehen:

- Die Vorstellung des Körperbildes, durch welches der Anwender mittels seiner taktilen Sinne und seiner Temperatursinne das Objekt fühlen kann, selbst wenn seine Visualisierung undeutlich ist. Der Zustand dieses Körperbildes ist dann in Resonanz mit dem Zustand des wirklichen Körperteils, z. B. bei Erkrankung schmerzhaft und/oder kalt, heiß, geschwollen oder anders krankhaft gefühlt werden.
- Eine vom Anwender selbst zu dosierende Anstrengung/Bewegung des vorgestellten Körpergliedes in Kontakt mit dem anvisierten Objekt bewirkt z. B. eine Anspannung oder einen intensivierten Schmerz. Diese sind ertragbar zu halten und bis zu ihrer Stabilisierung zu beobachten.
- Eine entsprechende Rücknahme der Anstrengung/Bewegung führt zu einer wahrnehmbaren Reduzierung der obigen Effekte, welche bis zu ihrer Stabilisierung zu beobachten ist.
- Die Hereinführung des vorgestellten Körpergliedes in den realen Körper bis zu seiner völligen Auflösung darin ist dann zu beobachten.

Ein solcher Zyklus wirkt sich als resonanter Feedback (Rückmeldung) an den realen Körper durch eine spürbare Belebung und Normalisierung der beteiligten Körperteile aus, welche die unwillkürliche Muskulatur, die die Durchblutung und Organfunktionen steuert, umfasst. Dies kann sich als Kribbeln, eine bessere lokale Durchblutung, lokale Erwärmung, Zittern, Auftreten von Erinnerungsbildern aus der Vergangenheit, usw., verbunden mit einer gewissen Verringerung der Symptome zeigen.

Während eine solchen Verringerung bei einem Zyklus klein sein kann, summieren sich die Wirkungen vieler Zyklen sowie der spontanen Erhöhung der Zyklusgeschwindigkeit eindrucksvoll. Dies kann zu völliger Symptombefreiheit führen, die zunächst vorübergehend sein mag, jedoch durch wiederholte Anwendung dauerhaft gemacht werden kann.

Seit den ersten Beobachtungen über IRT in den frühen 1990er Jahren konnte eine Vielzahl von Krankheitszuständen bei jungen und alten Patienten abgestellt werden. In Anwendung als Erste Hilfe nach Unfällen oder bei Beeinträchtigung von Körperfunktionen nach Operationen und bei chronischen Erkrankungen konnten die Symptome unabhängig vom Alter des Anwenders in relativ kurzen Behandlungszeiträumen behoben werden. Die Fähigkeit, solche Ergebnisse zu erzielen ist bei den Anwendern (Patienten) sehr unterschiedlich, jedoch wurden mit einem motivierten und fähigen Anwender und einem erfahrenen Trainer selbst langjährige chronische Erkrankungen eliminiert. Es liegen ca. 200 von Anwendern unterzeichnete Berichte über eine breite Palette von Krankheiten vor. Wir können hier über zwei Fälle (KS 2004 und RZ 2005) von schmerzhafter Gesichtslähmung nach Zahnoperationen und wiederkehrenden schmerzhaften Krämpfen mit Ruhigstellung nach einer umfassenden Bauchoperation (A.St. 1996) mit Follow-up-Berichten, die die Dauerhaftigkeit der Eliminationen bestätigen, berichten. Andere Fälle beinhalten Schmerzbehandlungen auch als Erste-Hilfe-Leistung zur Elimination von Quetschungen, Stößen, Schwindel, verkrampften Nacken / Schultern und der damit verbundenen Kopfschmerzen, Bronchitis, Asthma, Heuschnupfen, Rückenschmerzen auf Grund von Bandscheibenvorfällen, einige Fälle von Herz-Rhythmusstörungen und beschleunigte Heilung nach Unfällen oder Operationen, immer unter der Voraussetzung, dass der Anwender bereit und in der Lage ist, seine Genesung durch eigene Übungen zwischen den Sitzungen zu fördern.

Als Untersuchungsprogramm zwecks Erlangung eines wissenschaftlich anerkeennbaren Beweises wurden Phantomschmerzen bei Gliedamputierten gewählt. Auf diesem Gebiet liegen Studien vor, bei denen fMRT verwendet wurde (Lotze et al., 1999,2001) und die nahe legen, dass pathologische kortikale Reorganisation das den Phantomschmerzen zugrundeliegende neurobiologische Korrelat sein könnte.

Darüber hinaus gibt es andere Studien (Sherman und Arena, 1992), die von verzerrter und/oder ganz oder teilweise blockierter Eigenwahrnehmung (Propriozeption) amputierter Gliedmaße berichten. Hier ist es ein Merkmal des IRT, dass die beobachtete Erreichung der empfundenen Ganzheit des

Körperbildes – d.h. die Propriozeption von funktionierenden Gliedmaßen mit Details des Körperinneren - den subjektiven Index der Elimination von Phantomschmerzen darstellt. Dies wird durch große emotionale Erleichterung, oft auch durch Gelächter, begleitet.

Die Untersuchung erfolgte in der Abteilung für Psychiatrie der Universitätsklinik Frankfurt, wo Patienten und fMRT-Einrichtungen zur Verfügung standen. In dem hier berichteten Fall fanden hier insgesamt sechs IRT-Sitzungen statt, die von einem erfahrenen Therapeuten geführt wurden und eine durchschnittliche Länge von 1 h 40 Min. hatten. Darüber hinaus führte der Patient zu Hause Sitzungen von jeweils durchschnittlich 30 Minuten in Eigenregie durch. Das gesamte Programm erstreckte sich über 3 Monate. Es wurden sowohl laufende Beurteilungen der Schmerzintensität sowie Pre-/Post-fMRT-Messungen durchgeführt.

2.2. Beurteilung der Schmerzintensität

Während ein umfangreicher spezifischer Fragebogen verwendet wurde, um verschiedene Arten von Phantomschmerzen zu beurteilen, war das primäre Ziel unserer Unternehmung eine messbare Veränderung subjektiv empfundener Schmerzintensität, gemessen mittels Analogscala (VAS) (von "0": kein Schmerz bis "100": Maximaler Schmerz). VAS-Werte wurden vor und nach den Trainingssitzungen dreimal erhoben (einmal an 3 aufeinanderfolgenden Tagen) und der Durchschnittswert für Vergleichszwecke benutzt. Das VAS ist ein anerkanntes Instrument für die Überwachung von Schmerzgraden bei Patienten, die an chronischen Schmerzen leiden (Joyce et al, 1975; Carlsson, 1983).

2.3. Neuroimaging-Methoden

2.3.1. MR Tomographie

Für die funktionelle Tomographie wurden mit einer BOLD-Signal-Sensitive Single-Shot EPI-Sequenz (Echozeit (TE): 30 ms; Repetitionszeit (TR): 4000 ms; Flipwinkel (FA): 90 ° Sichtfeld (FOV): 192 mm; (Voxel Abmessungen: 15x1.5x1 mm) 38 Scheiben für den somatosensorischen und motorischen Kortex aufgenommen. Die funktionale Zeitreihe bestand aus 245 Messungen (Volumen) und dauerte 16:20 Min. Zusätzlich wurde mittels Magnetisierungsverfahren eine hochauflösende dreidimensionale Datenserie aufgenommen, die das gesamte Gehirn für jedes Motiv abdeckte. Verfahren: Schnelle Gradientenechosequenz (MP-RAGE) (TE: 3,49 ms; TR: 2300 ms; FA: 12°; Matrix: 256x256; Schichtdicke: 1mm; Voxel - Abmessung: 1x1x1 mm).

2.3.2. fMRT-Paradigma

Es wurde eine funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)-Sitzung mit den folgenden Bedingungen durchgeführt:

1. Bewegung der Hand/Finger: Der Patient musste die Faust mehrmals schließen und öffnen (Selbststudium, ca. 1/s.).
2. Bewegung Oberschenkel: Der Patient musste mehrmals ein Kissen, das zwischen seine proximalen Oberschenkel gelegt wurde, drücken und entspannen (Frequenz: 1 / s).
3. Bewegung des nicht-amputierten Fußes (wiederholte Beugung und Streckung des Fußes auf der Ebene des Knöchels; Frequenz: 1 / s).
4. Bewegungen des vorgestellten amputierten Fußes (gleicher Ablauf wie beim nichtamputierten Fuß).

Das fMRT-Paradigma wurde durch Impulse aus dem MR-Scanner über eine parallele Schnittstelle auf einer PC-Workstation, auf der die Stimulations-Software Präsentation (www.neurobs.com, Neurobehavioural Systems Inc.) ausgelöst. Jede Aufgabe wurde dem Patienten 20 Sekunden lang durch schriftliche Anweisungen auf einem Bildschirm außerhalb des Scanners über einen Spiegel, der am oberen Rand befestigten Kopfspule befestigt war, angezeigt. Zwischen jeder Aufgabe wurde ein Fixationskreuz dargestellt. Der Patient wurde angewiesen, die Aufgabe zu erfüllen (wie vorher außerhalb des Scanners geübt), während die Aufgabenstellung vorgestellt wurde, und mit Beginn der Ruhezeiten, die mittels eines weißen Fixationskreuzes auf einem schwarzen Bildschirm angezeigt wurden, sofort mit der Aufgabe aufzuhören (und aufzuhören daran zu denken).

2.3.3 fMRT-Datenanalyse

Eine Analyse der fMRT-Daten wurde mit der Software BrainVoyager QX (V. 1,9) (Braininnovation, Maastricht) durchgeführt. fMRT Daten wurden unter Verwendung der in BrainVoyager integrierten Tools zur linearen Trendentfernung, zeitliche Hochpassfilterung und 3D-Korrektur. Für Einzelfalldaten wurde keine räumliche Filterung angewendet. Für jede der vier Aufgaben sollten die Aussagen in einem allgemeinen linearen Modell getrennt werden. Für den Zweck dieser Veröffentlichung wurden dagegen sowohl für den Pre-Test (vor der IRT-Therapie), als auch für den Post-Test (nach der IRT-Therapie) nur für die Aufgaben Nr. 2 (Bewegung Oberschenkel / Femoralis] und Nr. 4 [Bewegung des vorgestellten amputierten Fußes] Kontrastkarten angefertigt. Kontrastkarten wurden in Talairach-Raum (Talairach und Tournoux, 1988) transformiert und auf eine normierte Standard-3D-anatomische Gehirnrekonstruktion projiziert. Veränderungen in Lage und Ausdehnung der bedingungsspezifischen aufgabenbezogenen Aktivierungen wurden zwischen Pre- und Post-Test (Abb. 1) visualisiert. Kontrastkarten von einer gesunden, nichtbetroffenen Gruppe von Individuen [N = 16; Alter: 24-38 Jahre] ohne Amputation und ohne neurologische oder psychiatrische Störung oder Beschwerden wurden als Referenz verwendet, um normale kortikale Aktivierungsmuster von der fMRT-Aktivierung des betroffenen Phantomschmerzpatienten zu unterscheiden [Abb. 1, linke Spalte].

3. Fallberichte

3.1. Fall 1

Herrn T., zum Zeitpunkt der Behandlung zwischen dem 7. November 2007 und 17. Januar 2008 69 Jahre alt, wurde infolge eines Verkehrsunfalls 15 Jahre zuvor sein linkes Bein in der Mitte des Oberschenkels amputiert. Er hatte seit der Amputation kontinuierliche Phantom-Hintergrundschmerzen mit periodischen Verschlimmerungen, die sich als resistent sowohl gegen Spiegeltherapie als auch gegen ein „Glieder-Lage-Erkenntnis-Programm“ (Limb position recognition program) erwiesen hatte. Er wurde über all diese Jahre palliativ mit Schmerzmitteln behandelt, zuletzt mit Pregabalin, 75 mg morgens und 150 mg am Abend. Im Laufe des Imaginativen Resonanz Trainings konnte er die Dosierung von 75 mg morgens und abends schrittweise reduzieren, und am Ende der Behandlung auf Null setzen. Seitdem ist er völlig frei von Phantomschmerzen, abgesehen von aus seiner Sicht vernachlässigbarem leichtem Kribbeln bei abrupten Wetterwechseln. In einem kürzlich stattgefundenen Telefongespräch wurde bestätigt, dass dies seit fast 5 Jahren angehalten hat.

Im Einklang mit der körpersymptomatischen Orientierung des IRT wurde bei dem sich in der linken Wade befindlichen Phantomschmerz das Hauptaugenmerk auf die Projektion eines unteren linken Beines gerichtet, dessen Wade auf die optisch sichtbare Platte des Tisches, an dem Herr T. saß, gebettet wurde. Das Kniegelenk wurde über die Tischkante gebogen und der vorgestellte Oberschenkel ging am Hüftgelenk des Stumpfes mit dem Körper verbunden. Die Aktivierung der verschiedenen Muskeln am und in der Umgebung des Phantomschmerzes PGS erfolgte durch abwechselnde Streckung und Beugung des Fußes sowie Krallen und Spreizung der Zehen in verschiedenen Kombinationen innerhalb der IRT-Zyklen. Die gegensätzlichen Aktivierungs-/Bewegungspaare in jedem Zyklus provozierten zuerst einen dosierten Anstieg und dann einen Rückgang von Schmerzen und anderen unangenehmen Gefühlen und Empfindungen.

Während Herr T. in die Beobachtung der Phänomene vertieft war, beschleunigten sich die Zyklen spontan, parallel zum Leichterwerden der Bewegungen sowie der Abnahme des Schmerzes und der begleitenden negativen Emotionen. Schließlich wurde bei verschiedenen Bewegungskombinationen Schmerzfreiheit an den Projektionen und am mit dem Körper verbundenen Phantomglied erreicht, verbunden mit entsprechender durchdringender Propriozeption eines gesunden Phantomgliedes.

In den letzten Sitzungen liefen die Zyklen in einer Geschwindigkeit von 12/min, wobei der Dialog zwischen Trainer und Anwender auf eine einsilbige Art Kurzschrift in Bezug auf die einzelnen Schritte der Zyklen reduziert wurde. Herr T. erlebte fortlaufende Änderungen sowohl im vorgestellten als auch in dem realen Bein, z. B. als eine Erweiterung des Stumpfes in der Vorstellung in ein komplettes Bein. Informationen über die jeweiligen Änderungen wurden in gelegentlichen Pausen mitgeteilt.

In der Zwischenzeit erweiterte sich die Eigenwahrnehmung des vorgestellten Gliedes in eine detaillierte fühlbare Bewusstheit der Bewegung der Gelenke, von der Wirkung der einzelnen Muskelfasern, von größeren Blutgefäßen bis hin zu den Kapillaren etc., mit verdeckten oder verfärbten Arealen entsprechend der Schmerzen, die sich während des Trainings auflösten. Dies bedeutete die durchdringende Wahrnehmung des ursprünglichen Musters der gesunden Extremität vor dem zur Amputation führenden Unfall.

3.2. IRT-MRT-Analogien

Um dies zu erreichen, forderte der Trainer Herrn T., der imaginativ das Sehen als die führende Sinneswahrnehmung hat, auf, in seiner Vorstellung an einer bestimmten Stelle „die Resolution des Mikroskops höher einzustellen“, woraufhin dort das Auftauchen des entsprechenden Bildes sofort berichtet wurde. Im Gegensatz zu den Gesetzen der Optik in der stofflichen Materie konnte dieses dann von Herrn T. in den folgenden schnellen Zyklen auf das ganze Glied erweitert und der Prozess in hoher Resolution beobachtet werden.

N.B.: In Fällen, in denen das Visuelle sich nicht auf Anhieb erschließt, arbeitet man z.B. mit Berührungswahrnehmung, wobei im weiteren Verlauf die Verdeckung des Visuellen sich jedenfalls auflösen würde.

Diese gesteigerte Sensibilisierung der detaillierten Anatomie ist den meisten Patienten zugänglich, wenn sie im IRT angefordert wird. In der MRT-Fachsprache könnte dies als eine größere Anzahl kleinerer Voxel, d.h. als mit mehr Voxel pro Kubikmeter Volumen, ausgedrückt werden, siehe Abschnitt 2.3.1. oben. Erfahrungsgemäß wird auf diese Weise in vielen Fällen der Prozess der Normalisierung sehr viel schneller erreicht, als mit ebenso schnellen Zyklen, bei denen nur mit Außenansichten des Körperbildes gearbeitet wird.

Als letzten Check-up wurde der Patient gebeten, sich einen Kniebeugen vollführenden ganzen Körper am Rand des Tisches vorzustellen. Dies gelang leicht und mit Spaß mit einer in der Vorstellung vollständig wiederhergestellten Extremität anstelle des amputierten Gliedes. Vorher hatte der Patient diese Übung wegen seines durch das fehlende Bein verzerrten und unvollständigen Körperbildes diese Übung nicht ausführen können, da dieses unfähig war, sein Gewicht zu tragen. Die Emotionen, die die abschließenden Beobachtungen einfacher, graziöser Bewegung, zusammen mit der einhergehenden Durchdringungsvorstellung begleiteten, waren Freude und Lächeln, sogar Ausbrüche von Gelächter, so dass dies als subjektiver Beweis für die endgültige Elimination der Phantomschmerzen dienen kann. Es muss auch festgestellt werden, dass nichts in seinem Berufsleben als Vorarbeiter einer Gruppe von Maschinenschlossern oder in seinen Freizeitaktivitäten Herrn T. auf diese Erfahrung hätte vorbereiten können.

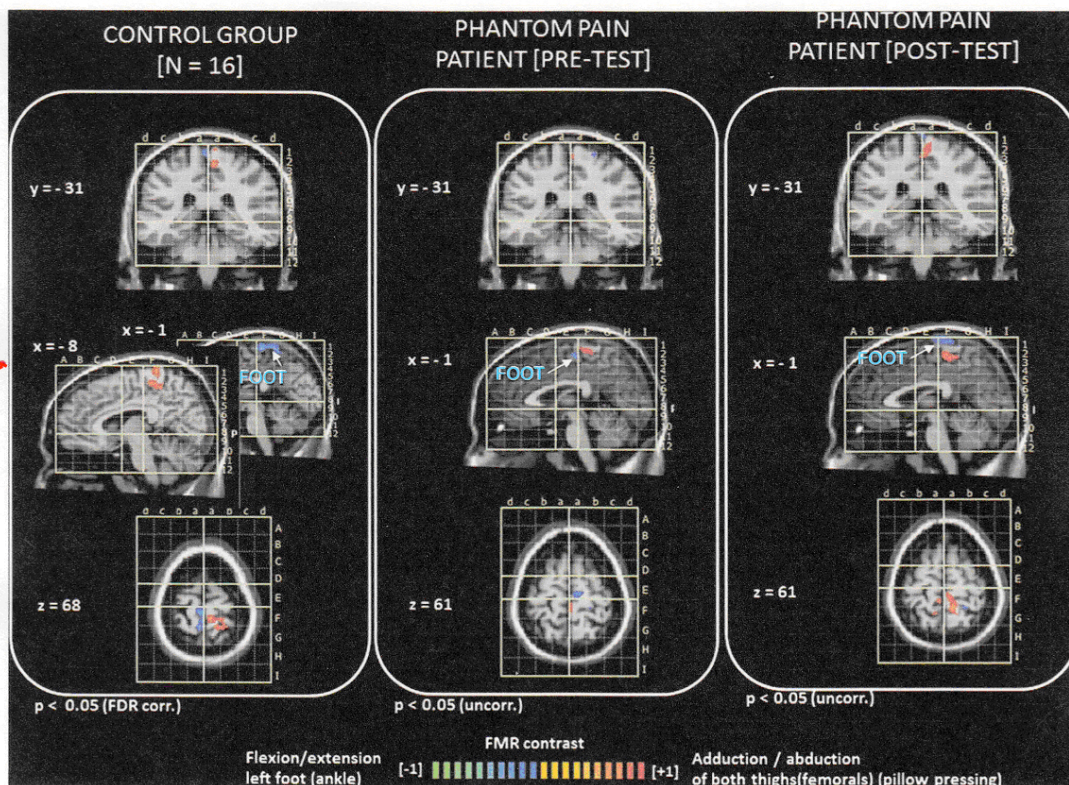


Fig. 1. fMRT Befunde bei einer beschwerdefreien Referenzgruppe (links) und bei einem von Phantomschmerzen betroffenen Patienten vor (Mitte) und nach IRT-Therapie (rechts). Es handelt sich um Kontrastbilder basierend auf einer allgemeinen linearen Modellkalkulation übertragen auf ein Standard-Gehirn in normalisiertem Raum. Die experimentellen Bedingungen [foot] (= imaginäre alternierende Beugung und Streckung des Fußes auf der Ebene des Knöchels) und [Oberschenkel] wurden einander gegenübergestellt [Kontrastwert für "Fuß" Bedingung: -1; Kontrastwert für "Schenkel"-Bedingung : +1]. Die funktionelle lokale Aktivierung, die mit der [foot] Bedingung besser übereinstimmt ist blau /

grün angezeigt, während die funktionelle lokale Aktivierung, die mit dem [Oberschenkel] Zustand besser übereinstimmt, in rot / gelben Farben angezeigt ist.

Die linke Spalte zeigt die [Oberschenkel] - [Fuß] Kontrastbilder einer Kontrollgruppe von 16 gesunden Probanden. In der Mitte und in der rechten Spalte, werden die Kontrastbilder des Phantomschmerzpatienten T. vor (Mitte) und nach (rechts) der IRT-Therapie angezeigt.

Die wichtigste Erkenntnis ist, dass die [Oberschenkel] - [Fuß] Kontrastbild nach IRT-Therapie Aktivierungsmuster zeigt, die mehr Ähnlichkeit mit denen der Kontrollgruppe zeigt, als mit dem Zustand des Patienten vor der Therapie. Insbesondere der funktionelle Aktivierungs-Cluster, der den [Fuß] Bereich repräsentiert, wurde nach der Therapie um fast 14 mm in der axialen Ebene verlagert [Talairach Koordinaten [CLUSTER 1] Pre-Test: $x = -5,47$, $y = -19,49$; $z = 57,3$; Post-Test: $x = 0,7$, $y = -26,6$, $z = 71,9$]. Das spricht für eine beträchtlich andere, sozusagen einer Neudarstellung infolge der IRT-Therapie. Das entsprach auch der vollkommenen Elimination des Phantomschmerzes in Übereinstimmung mit wiederholten Messungen des Schmerzniveaus auf der VAS-Skala.

3.3. Fall 2

Herrn P. wurden wegen Wundbrand am 5. Juli 1992, im Alter von 84 Jahren und 4 Monaten, die Zehen seines rechten Fußes amputiert. Von da an litt er neben Phantomschmerzen daran, dass sich die Wunde nach der Operation nicht schloss sowie das Gangrän sich an den Rändern fortsetzte, so dass in Folgeuntersuchungen zusätzliche Amputationen für sehr wahrscheinlich notwendig gehalten wurden. Um die lokalen Schmerzen zu beeinflussen, wurde schon damals die gleiche Übung wie in Fall 1 verwendet, nämlich Krallen und Spreizen der Zehen des Fußes, projiziert zunächst gegen den für den Patienten im Liegen sichtbaren unteren Querbalken des Bettgestells. Nach einer Unterweisung von etwa fünf Minuten am Krankenbett führte der Patient im Krankenhaus die Übungen alleine weiter, wobei er telefonisch mitteilte, dass sich die Phantomschmerzen verringert hätten. Nach seiner Entlassung aus dem Krankenhaus wurde die Übung dahingehend variiert, dass der visuell beobachtete Bereich für die Übung der Boden unter dem Stuhl des Patienten war.

Für die Behandlung der Wunde wurde das Körperbild des Beins verwendet, welches mit Punkten um den äußeren Rand der Fußwunde mit der Kante eines Stuhlbeins in der Nähe in Berührung gebracht und wieder entfernt wurde, nach den iterativen Zyklen des IRT. Die Ausführung wurde vorsichtig gehandhabt, um keinesfalls überwältigende Steigerungen der Schmerzen zu provozieren und auch, um damit das Abnehmen des Schmerzes in mit jedem Zyklus einhergehenden Schritten zu erreichen. Nach vielen Zyklen war es dann möglich, die Oberfläche der Wunde selbst schrittweise über ihre ganze Breite zu berühren, wobei ihr gesamter Bereich mit vielen Zyklen berücksichtigt wurde. Zuerst war die Berührung federleicht, aber danach wurde der Druck verstärkt, bis am Ende unter starkem Druck keine Schmerzreaktion mehr provoziert wurde. Auf diese Weise heilte die Wunde mit dosierbaren Schmerzerfahrungen während der Behandlung in 3 Wochen ab und der PGS sank von 65 bis auf 0 auf der VAS-Skala ab.

Um einen etwa ein Jahr später auftretenden Rückenschmerz zu bekämpfen, verwendete er die Projektion eines ganzen Körpers, wobei er den Rücken massierend gegen die Kante des Tisches in seiner Nähe drückte. Dies erforderte nicht, den Körper bis hinunter zum Fersensitz zu bewegen, gleichwohl empfand der Patient die von ihm als solche beschriebene Massage der ganzen Wirbelsäule als entlastend. Der Schmerz verschwand nach einigen Tagen der Durchführung dieser Übung, aber der Patient nahm speziell diese Übung in seine Routine beim morgendlichen Aufstehen auf. Damit lebte er ein mobiles und schmerzfreies Leben, bis er im Alter von 89 Jahren an einem Schlaganfall starb. Aus Sitzungsprotokollen geht hervor, dass in der letzten Sitzung am 10. Mai 1995 die Beobachtung des Körperinneren, eine vertiefende Propriozeption, erstmalig verwendet wurde. Auf Grund dieser Erfahrung nahm der Patient während seiner selbstständig durchgeführten Übungen mehr und mehr Details wahr, wobei er gleichzeitig Schmerzfreiheit erreichte und Spaß an der eleganten Durchführung der Übung hatte – auch hier der gleiche subjektive Beweis für die Elimination von PGS, wie im Fall 1.

4. Ergebnisse

Vor Beginn des IRT im Fall 1 hatte der Patient eine subjektive Schmerzintensität mit einem Mittelwert von 70 Punkten auf der VAS-Skala angegeben. Nach der Therapie fielen die VAS-Werte konsequent auf Null. Auch 3,5 Jahre nach Abschluss der IRT-Behandlung berichtete der Patient selbst in einem Telefongespräch, er sei noch frei von PGS. Die fMRT-Ergebnisse zeigen eine deutliche Aktivierungsverschiebung innerhalb der sensomotorischen kortikalen Areale der unteren Extremität, induziert durch die imaginierten Bewegungen des amputierten Fußes (siehe Abb. 1).

Im zweiten Fall fielen die VAS-Werte von PGS von etwa 80 auf Null.

5. Diskussion

Hier beschreiben wir einen Fall von PGS nach der Amputation des linken Beines, die nach der Anwendung von IRT eliminiert wurde. Während Versuche mit auf der Vorstellung basierenden Techniken bereits gezeigt haben, dass chronische Schmerzen, einschließlich PGS (Moseley, 2004,

2006), verbessert werden können, wollten wir die Wirksamkeit von IRT in einem Fall chronischen und hartnäckigen PGSs testen. Die Tatsache, dass ein Phantomschmerz, welcher 15 Jahre lang bestanden hatte, nach lediglich sechs betreuten Trainingseinheiten, begleitet von Eigentraining zwischendurch, völlig zum Verschwinden gebracht wurde, zeigt an, dass dieser spezifische auf der Vorstellung basierende Ansatz sich als sehr wirksam bei therapieresistenten Fällen von Phantomschmerzen erweisen kann. Die fMRT-Ergebnisse legen mögliche funktionelle Reorganisation innerhalb des sensorimotorischen Kortex nahe, korrelierend mit der Reduktion wahrgenommener Schmerzen. Im Gegensatz zu anderen mittels fMRT begleiteten Methoden (Jackson et al., 2003), mit welchen eine Besserung der PGS in verschiedenen Graden erreicht wurde, ergab sich mit IRT eine vollständigen Eliminierung von PGS.

In beiden hier berichteten Fällen der Elimination von PGS, wurde durch IRT nicht nur eine tiefgehende detaillierte Propriozeption einer gesunden Gliedmaße erreicht, sondern auch die leichte Durchführung der Übungen mit durch spontanes Lachen ausgedrückter Freude. Somit könnte diese Kombination von Erscheinungen, zusätzlich zur unmittelbar gefühlten Abwesenheit des PGS, ein ordnungsgemäßer Indikator für dessen dauerhafte Elimination sein.

In einem Aufsatz (Sherman und Arena, 1992), wird die praktische Äquivalenz virtueller und realer Bewegungen des Körpers in Bezug auf die Reaktion im Gehirn festgestellt. Jedoch sahen die Autoren damals "eine geringe Grundlage für psychische Ursachen bei PGS".

In einem neueren Aufsatz (Flor, 2002), sind eine Reihe von Ansätzen in der Rubrik "Prothesentraining", wie die Bereitstellung unterschiedlicher Mengen an sensorischem Input zum kortikalen Amputationsbereich, zusammengefasst. Das Ziel ist, in höherem oder geringerem Grad die kortikale Reorganisation und Veränderung, die nach der Amputation aufgetreten ist, rückgängig zu machen. Die Verwendung einer myoelektrischen Prothese, die einem normal beweglichen Körperteil am nächsten kommt, wurde möglicherweise mit weniger Phantomschmerzen und weniger kortikalen Desorganisation in Verbindung gebracht. Der Input geschieht dann wahrscheinlich über die alle anderen Inputs überwältigende körperliche Sicht und Bewegung als Gestalt. Die Methode der "Sensorische Unterscheidung" umfasst unterschiedliche elektrische Stimulationen an verschiedenen Positionen auf dem Stumpf. Ein Training mit 2 h / Tag über 2 Wochen führte zu ähnlichen Ergebnissen wie die Verwendung der myoelektrischen Prothese, die aber unbeständig waren. Dies ist in Anbetracht der Tatsache verständlich, dass die Prothese für viele Stunden am Tag getragen wird. Die Spiegel-Technik weist ähnliche Ergebnisse mit ähnlichen Einschränkungen auf. Das zeigt, dass die visuelle Wahrnehmung plus die Gestalt der Bewegung doch nicht den Input eines gesunden Körpergliedes, besonders nicht auf Dauer, ergeben können.

Der aktuellste Aufsatz (Diers und Flor, 2009), bei dem Flor Co-Autor ist, listet Fortschritte vieler sehr verschiedener Vorgehensweisen bei dem "Complex Regional Pain Syndrome" (CRPS) auf, wobei PGS nur als Spezialfall gilt. Hierzu zählen auch Kombinationen verschiedener Ansätze wie Pharmakologie und psychologischen Prozesse.

In ihrem Schlusswort folgern die Autoren, dass die zukünftige Forschung mit der virtuellen Realität arbeiten könnte, um die Idee des Spiegeltrainings in realistischerer Art und Weise zu fördern. Dies zeigt eine deutliche Entwicklung hin zu psychologischen Methoden von 1992 bis 2009 an der Spitze der PGS Forschung.

Die Grenzen unserer Ergebnisse beruhen darauf, dass sie einzelne Fallberichte sind und daher mit Vorsicht zu interpretieren sind, obwohl die Wirkungen anderer Faktoren neben dem angewandten IRT ausgeschlossen wurden.

Weitere Studien mit einer größeren Probandenzahl sowie einer Kontrollgruppe, die eine andere Behandlung erhält, sind notwendig, um die oben genannten Hypothesen zu erfolgreich zu überprüfen.

Referenzen

- Carlsson, A.M., 1983. Assessment of Chronic pain. I. Aspects of the reliability and validity of the visual analogue scale. *Pain* 16,87-101.
- Darnall, B.D., 2009. Self-delivered home-based mirror therapy for lower limb phantom pain. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 88 (1), 78-81.
- Diers, M., Flor, H., 2009. Neue Therapien bei chronischen Schmerzerkrankungen. *Schweizer Zeitschrift für Psychiatrie & Neurologie* 3, 28-30.
- Flor, H., 2002. Phantom-limb pain: characteristics, causes, and treatment. *The Lancet. Neurology* 1 (3), 182-189.
- Jackson, P.L., Lafleur, M.F., Malouin, F., Richards, C.L., Doyon, J., 2003. Functional cerebral reorganization following motor sequence learning through mental practice with motor imagery. *Neuroimage* 20 (2), 1171-1180.

- Joyce, C.R., Zutshi, D.W., Hrubes, V., Mason, R.M., 1975. Comparison of fixed interval and visual analogue scales for rating chronic pain. *European Journal of Clinical Pharmacology* 8 (6), 415-420.
- Lotze, M., Montoya, P., Erb, M., Huismann, E., Flor, H., Klose, U., Birbaumer, N., Grodd, W., 1999. Activation of cortical and cerebellar motor areas during executed and imagined hand movements: an fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience* 11 (5), 491-501.
- Lotze, M., Flor, H., Grodd, W., Larbig, W., Birbaumer, N., 2001. Phantom movements and pain. An fMRI study in upper limb amputees. *Brain* 124 (11), 2268-2277.
- Maciver, K., Lloyd, D.M., Kelly, S., Roberts, N., Nurmikko, T., 2008. Phantom limb pain, cortical reorganization and the therapeutic effect of mental imagery. *Brain* 131 (8), 2181-2191.
- MacLachlan, M., McDonald, D., Waloch, J., 2004. Mirror treatment of lower limb phantom pain: a case study. *Disability and Rehabilitation* 26 (14-15), 901-904.
- Moseley, G.L., 2004. Graded motor imagery is effective for long-standing complex regional pain syndrome: a randomised controlled trial. *Pain* 108 (1-2), 192-198.
- Moseley, G.L., 2006. Graded motor imagery for pathologic pain: a randomized controlled trial. *Neurology* 67 (12), 2129-2134.
- Ramachandran, V.S., Hirstein, W., 1998. The perception of phantom limbs. The D. O. Hebb lecture. *Brain* 121 (9), 1603-1630.
- Ramachandran, V.S., Rogers-Ramachandran, D., 1996. Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences* 263 (1369), 377-386.
- Seidel, S., Kasprian, G., Sycha, T., Auff, E., 2009. Mirror therapy for phantom limb pain - a systematic review. *Wiener Klinische Wochenschrift* 121 (13-14), 440-444.
- Sherman, R.A., Arena, J.G., 1992. Phantom limb pain: mechanisms, incidence and treatment. *Clinical Reviews in Physical and Rehabilitation Medicine* 4,1-26.
- Talairach, J., Tournoux, P., 1988. *Co-planar Stereotaxic Atlas of the Human Brain: 3-Dimensional Proportional System—An Approach to Cerebral Imaging*. Thieme, New York.