

Cross Education – Reha über kreuz

Nutzen und Outcomes der Cross Education in der Rehabilitation von
orthopädischen Patienten und Patientinnen mit einer immobilisierten
Extremität

Autor 1 Karrer, Samuel
Matrikelnummer S14638761

Autor 2 Riesen, Christopher
Matrikelnummer S14638639

Departement: Gesundheit
Institut für Physiotherapie
Studienjahr: 2014
Eingereicht am: 25.04.2017
Begleitende Lehrperson: Fr. S. Schächtelin

**Bachelorarbeit
Physiotherapie**

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	5
1.1 Zielsetzung	7
1.2 Fragestellung	7
1.3 Motivation	7
1.4 Problemstellung	8
2 Theoretischer Hintergrund	9
2.1 Immobilisation	9
2.1.1 Strukturelle Anpassungen durch Immobilisation	10
2.1.2 Einflussfaktoren auf die Immobilisation	10
2.1.3 Funktionelle Anpassungen	11
2.2 Kraft	13
2.2.1 Begriffserklärung und Differenzierung	13
2.2.2 Training der Maximalkraft	15
2.2.3 Leistungsbestimmende Faktoren der Maximalkraft	16
2.2.4 Transkranielle Magnetstimulation und periphere Nervenstimulation	16
2.2.5 Neurophysiologische Anpassungen durch Krafttraining	17
2.3 Cross Education	19
2.3.1 Definition	19
2.3.2 Einflussfaktoren auf die Cross Education	20
2.3.3 Mechanismen	21
2.4 Stand der Forschung	22
3 Methode	25
3.1 Literaturrecherche	25
3.1.1 Keywords	25
3.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien	28
3.1.3 Vorauswahl der möglichen Hauptstudien	29
3.2 Instrument zur kritischen Wertschätzung der Studien	29
4 Ergebnisse	31
4.1 Studie 1 von Magnus et al. (2013)	31

4.2	Studie 2 von Farthing et al. (2011)	33
4.3	Studie 3 von Pearce et al. (2013)	34
4.4	Studie 4 von Arai et al. (2001)	36
4.5	Bewertung durch eigenes Punktesystem	38
5	Diskussion	39
5.1	Kritische Beurteilung	39
5.1.1	Punktesystem	39
5.1.2	Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien	41
5.1.3	Gemeinsamkeiten und Unterschiede	43
5.2	Bezug zu der Fragestellung	44
5.2.1	Outcomeparameter	44
5.2.2	Einfluss durch die CE	45
5.3	Transfer in die Praxis	47
5.4	Schlussfolgerung	48
5.5	Limitationen dieser Arbeit	49
5.6	Offene Fragen und Empfehlung für weiterführende Studien	50

Abstrakt

Darstellung des Themas

Die Cross Education (CE) ist ein neurophysiologisches Adaptionsphänomen, das den Effekt durch unilaterales Training einer Extremität auf die kontralaterale Seite beschreibt. Ihr wird das Potential zugeschrieben, einen effizienten Behandlungsansatz ergänzend zu aktuellen Therapiestrategien der Physiotherapie und weiteren therapeutischen Settings darzustellen.

Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, die Evidenzlage für positive Effekte durch die CE auf die Rehabilitation bei orthopädischen Patienten und Patientinnen mit einer immobilisierten Extremität aufzuzeigen.

Methode

Über die gesundheitspezifischen Datenbanken AMED, CINAHL Complete, MEDLINE und PubMed wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Vier ausgewählte Studien wurden anhand des *Formulars zur kritischen Besprechung quantitativer Studien* von Law et al. (1998) beurteilt, mittels eines Punktesystems von den Autoren dieser Arbeit bewertet und abschliessend diskutiert.

Relevante Ergebnisse

Zwei Studien untersuchten Patienten und Patientinnen mit orthopädischen Pathologien. In zwei weiteren Studien wurden gesunde Extremitäten für die Untersuchungen immobilisiert. Bei allen Studien konnte durch Training der nicht immobilisierten Extremität ein signifikanter Krafterhalt oder sogar Kraftzuwachs der kontralateralen Extremität verzeichnet werden. Das Bewegungsausmass, die Muskeldicke und die kortikospinale Aktivität konnten ebenfalls aufrechterhalten werden.

Schlussfolgerung

Eine klinische Implementierung ist als Ergänzung bestehender Behandlungsstrategien sinnvoll. Jedoch kann aufgrund der fehlenden Evidenz im Zusammenhang mit orthopädischen Pathologien und qualitativer Mängel bei zwei der vier Studien keine klare Empfehlung abgegeben werden.

Keywords

cross education, immobilization, rehabilitation, training, injury, strength

Abstract

Description of the subject

Cross Education (CE) is a neurophysiological phenomenon of adaptation describing the effects of unilateral exercising of one limb on the contralateral homologous limb. In addition to the current strategies in physiological and other medical settings CE carries the potential for an efficient approach to therapeutic treatment.

Objective

The aim of this paper is to present the current evidence on the positive effects of CE on the rehabilitation of orthopedic patients with an immobilized limb.

Methods

In order to find appropriate literature, research was conducted through the health specific databases AMED, CINAHL Complete, MEDLINE and PubMed. Four studies were selected and have been evaluated by using the critical review form for quantitative studies by Law et al. (1998). Additionally, the authors of this paper rated the studies using a scoring system and discussed the results in conclusion.

Relevant Results

Two studies analyzed patients with orthopedic pathologies, while in the other two papers healthy limbs were immobilized for research. A significant preservation or even a gain of strength in the contralateral limb after training the non-immobilized limb has been observed in all four studies. Additional factors that were preserved in the immobilized limb were range of motion, muscle thickness and corticospinal excitability.

Conclusion

A clinical implementation of CE can be justified as a supplement to current approaches for rehabilitative treatments. However, no concrete recommendation can be made due to the lack of evidence in relation to orthopedic pathologies and two out of the four studies were qualitatively insufficient.

Keywords

cross education, immobilization, rehabilitation, training, injury, strength

1 Einleitung

Im Oktober 2016 wurde die europäische Fussballwelt durch ein Foul am schweizer Fussballspieler Breel Embolo geschockt. Während eines Meisterschaftsspiels brach er sich das linke obere Sprunggelenk sowie das Wadenbein und zog sich Verletzungen der Syndesmose und des Innenbandapparates zu. Der Fuss und Unterschenkel mussten komplett ruhiggestellt werden, was für den Sportler und seine Mannschaft einen herben Rückschlag bedeutete (jan/dpa, 2016).

Solche Verletzungen kommen jedoch nicht nur bei prominenten Athleten und Athletinnen vor. Gelenksverletzungen, Frakturen und Rupturen stellen häufige orthopädische Pathologien dar, die entweder konservativ oder operativ behandelt werden müssen. Dies hat zur Folge, dass die betroffenen Körperteile für eine bestimmte Zeit mithilfe von Gipsverbänden, Schienen oder Schlingen immobilisiert werden müssen (Martini, Assmus & Wirth, 2003). Jedoch führen bereits kurze Perioden von derartigen Immobilisationen zu einem erheblichen Kraft- und Funktionsverlust der betroffenen Extremität, wodurch es zu einer verlängerten Rehabilitation kommt (Streeck, Focke, Melzer & Streeck, 2016). Hortobágyi et al. (2000) konnten einen Kraftverlust von 47% im M. quadriceps femoris nach dreiwöchiger Immobilisation des Kniegelenkes nachweisen. Ein wesentlicher Grund für die strukturelle und funktionelle Atrophie der ruhig gestellten Muskelgruppen ist die Betroffenheit des Nervensystems (Deschenes et al., 2002; Cernacek, 1961; Carson, 2005). Da die Belastung einer orthopädisch versorgten Extremität und ein Krafttraining des immobilisierten Gelenkes nicht möglich sind, nehmen Muskelkraft und Funktionsfähigkeit der entsprechenden Muskelgruppen von Tag zu Tag rapide ab (Appell, 1990; Magnus, Barss, Lanovaz & Farthing, 2010). Gegenwärtig existieren diverse Therapieansätze, um die Rehabilitation orthopädischer Verletzungen noch in der Immobilisationsphase zu beschleunigen. Beispielsweise wird die frühfunktionelle Therapie (engl.: early functional therapy) (Jones & Amendola, 2007; Majewski, Schaeren, Kohlhaas & Ochsner, 2008) oder das Training mit visuellen und kinästhetischen Bewegungsvorstellungen (engl.: visual and kinesthetic motor imagery) in der Literatur beschrieben und im physiotherapeutischen Alltag eingesetzt. Auch physikalische Methoden, wie die neuromuskuläre Elektrostimulation (NMES, engl.: neuromuscular electrostimulation) (Dirks et al., 2014) finden Anwendung. Ein weiterer Ansatz zur Behandlung von Patienten und Patientinnen mit

einer immobilisierten Extremität ist die propriozeptive neuromuskuläre Fazilitation (PNF, engl.: proprioceptive neuromuscular facilitation) (Kofotolis & Kellis, 2007), die jedoch nicht an der immobilisierten Extremität, sondern auf der kontralateralen Seite angewendet wird. Ebenfalls auf der nichtimmobilisierten Extremität kann die Cross Education (CE) eingesetzt werden, welche in dieser Arbeit genauer betrachtet werden soll. Ihr wird das Potenzial zugeschrieben, den Kraftverlust während der kompletten Ruhigstellung massgeblich zu reduzieren und somit die Rehabilitationszeit zu verkürzen (Hendy et al., 2012). Das Phänomen der CE wurde erstmals vor über einem Jahrhundert durch Scripture, Smith & Brown (1894) beschrieben und ist noch immer Gegenstand aktueller Studien.

“Thus, training of one portion of the body trains at the same time the symmetrical part and also neighboring parts. [...] The training seems to be of a psychical rather than of a physical order and to lie principally in steadiness of attention.”

- Edward Wheeler Scripture, 1894

Mittlerweile finden sich in der Fachliteratur diverse Definitionen zum Begriff „Cross Education“. Eine häufige Erklärung beschreibt das Prinzip als Zuwachs von Kraft auf der kontralateralen, untrainierten Extremität durch unilaterales Krafttraining aufgrund neuronaler Anpassungsprozesse (Lee & Carroll, 2007; Komi, 2008; Onigbinde, Ajiboye, Bada & Isaac, 2016; Beyer et al., 2016). Die meisten Studien, die von den Autoren dieser Arbeit herangezogen wurden, liefern Beweise für einen Krafttransfer auf die nichttrainierte Extremität durch unilaterales Krafttraining bei gesunden Probanden und Probandinnen (siehe Kapitel 2.4).

Um eine konkretere Aussage über den Nutzen der CE während der Immobilisationsphase treffen zu können, wollten sich die Autoren dieser Arbeit auf Studien beschränken, die Probanden und Probandinnen mit einer orthopädischen Pathologie gemeinsam mit einer Immobilisation eingeschlossen haben. Zusätzlich sollte der Parameter Kraft in den Studien erhoben werden. Es lagen jedoch nur zwei Studien vor, welche diesen Kriterien entsprachen. Deshalb wurden für die detaillierte Analyse zusätzlich Studien eingeschlossen, welche die CE an Probanden und

Probandinnen mit einer Immobilisation, jedoch ohne Pathologie, untersucht haben (siehe Kapitel 3).

1.1 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, die Evidenzlage für positive Effekte durch die CE auf die Rehabilitation bei orthopädischen Patienten und Patientinnen mit einer immobilisierten Extremität aufzuzeigen. Im Hauptteil sollen die ausgewählten Studien und der Selektionsprozess dargestellt, die Ergebnisse präsentiert und die zum Verständnis der Studien benötigten methodischen und physiologischen Grundlagen erklärt werden. Die im Kapitel 1.2 formulierte Fragestellung soll beantwortet werden.

1.2 Fragestellung

Welchen Einfluss hat die CE auf die Rehabilitation von orthopädischen Patienten und Patientinnen mit Immobilisation einer Extremität und anhand welcher Outcomes kann dieser gemessen werden?

1.3 Motivation

Die Autoren konnten in ihrer bisherigen Praxiserfahrung als Physiotherapeuten im orthopädischen Setting zahlreiche Patienten und Patientinnen behandeln, denen aufgrund traumatischer Pathologien oder chirurgischer Eingriffe eine Extremität immobilisiert werden musste. Durch verschiedene Diskussionen mit Fachleuten der Chirurgie, Orthopädie, Chiropraktik und Physiotherapie, eröffnete sich den Autoren das breite Untersuchungsfeld der CE. Sowohl der Fokus auf Sportverletzungen, als auch das in den Praktika erfahrene Patientengut warf ein reges Interesse gegenüber der Thematik der CE auf. Die Autoren haben in der CE eine konservative Therapiemöglichkeit gesehen, mit dem Potential zur Beschleunigung der Rehabilitation, der Return To Sport (RTS) Zeitspanne sowie der schnelleren Wiederaufnahme von Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL, engl.: activity of daily living). Derartig positive Auswirkungen würden zu einer wesentlichen Steigerung der unmittelbaren Lebensqualität eines Patienten oder einer Patientin beitragen und der Physiotherapie in der Rehabilitation neue Therapiemöglichkeiten bieten. Aus diesem Grund ist die CE und deren konkreter Nutzen für die Rehabilitation von orthopädischen Patienten und Patientinnen Gegenstand dieser Arbeit.

1.4 Problemstellung

In der aktuellen Fachliteratur können zahlreiche Studien gefunden werden, die einen Kraftzuwachs durch Krafttraining der kontralateralen Seite nachweisen. Darüber hinaus ist ebenfalls erwiesen, dass durch Immobilisation einer Extremität der Muskelumfang, wie auch die Funktion und die Kraft mit jedem Tag rapide abnehmen (Clark et al., 2008). Das offensichtliche Problem ist, dass ein Training des immobilisierten Gelenks einerseits nicht möglich, andererseits in den ersten Wochen postoperativ kontraindiziert ist. Eine Verminderung des Kraftverlusts während der Immobilisationsphase kann sich in einer verkürzten Rehabilitationszeit äussern. Kürzere Rehabilitationszeiten bedeuten gleichzeitig weniger Kosten für die Kostenträger. Trotz des möglichen Potentials die Rehabilitationszeit zu senken, die Lebensqualität dadurch zu verbessern und Kosten zu sparen, findet die CE, nach Wissensstand der Autoren, nur sehr geringe physiotherapeutische Anwendung in der Rehabilitation von orthopädischen Patienten und Patientinnen mit einer immobilisierten Extremität.

2 Theoretischer Hintergrund

In diesem Kapitel soll das, für das Verständnis der Thematik relevante, Wissensfundament gelegt, wichtige Begriffe definiert und entscheidende Prozesse veranschaulicht werden.

2.1 Immobilisation

In Folge orthopädischer und chirurgischer Eingriffe oder traumatischer Ereignisse am Bewegungsapparat werden die betroffenen Körperabschnitte oftmals für einen genau definierten Zeitraum ruhiggestellt. Eine Immobilisation dieser Art wird häufig durch Gips- und andere Verbände oder Schienenapparaturen vollzogen (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Verschiedene Immobilisationstypen. a) Gilchrist b) Kniekletttschiene c) Vacoped[®] by OPED

Daraufhin können die immobilisierten Gelenke über längere Zeit nicht mehr belastet und bewegt werden, was zu negativen Veränderungen der betroffenen Gelenke und Strukturen führen kann. Komponenten des aktiven Bewegungsapparates, wie zum Beispiel Muskeln und Bestandteile des passiven Bewegungsapparates wie Knochen, Bänder, Kapsel- und Nervengewebe werden innerhalb kurzer Zeit strukturell und morphologisch umgestaltet. Im Falle einer Immobilisation wird das genannte Gewebe aufgrund diverser Faktoren, die in diesem Kapitel erklärt werden, physiologisch ab- oder umgebaut (Seidenspinner, 2005). Die Autoren werden sich im Rahmen dieser Arbeit spezifisch auf die Veränderungen der Muskulatur als Folge einer Immobilisation beschränken. In Bezug auf die Muskelatrophie wird in der wissenschaftlichen Literatur allgemein zwischen einer strukturellen und einer funktionellen Atrophie unterschieden, worauf im folgenden Kapitel eingegangen werden soll.

2.1.1 Strukturelle Anpassungen durch Immobilisation

Gemäss Appell (1990) stehen bei der strukturellen Atrophie die Muskelmasse und Muskelfasern im Fokus. Er erklärt wie die Muskelmasse zum Beispiel anhand des Umfangs, des Durchmessers oder des Gewichtes quantifiziert werden kann.

Ausserdem zeigt er auf, dass strukturelle Atrophien der Muskulatur mittels Biopsien und Sonographie untersucht und beurteilt werden können. In seinem Review werden bezüglich der Muskelatrophie infolge einer Immobilisation fünf essentielle Faktoren beschrieben, um die Muskelmasse aufrecht zu erhalten: Die (1) intakte Innervation der Muskelgruppe wird grundlegend zu einer neuromuskulären Ansteuerung des Muskels gebraucht, damit dieser überhaupt optimal funktionieren kann. Hierbei gelangen efferente Impulse aus dem Zentralen Nervensystem (ZNS) über deszendierende Nervenbahnen in die entsprechenden Muskelfasern. Die Afferenzen des Muskels liefern (2) propriozeptive Informationen über die Stellung des Muskels und des Gelenkes direkt an das ZNS weiter, was wesentlich zu einer Erhaltung der Muskelaktivität und somit der Muskelmasse beiträgt. Weitere Faktoren stellen die (3) mechanische Belastung und die (4) Mobilität des Gelenkes dar. Das Wechselspiel zwischen exzentrischer und konzentrischer Bewegung, also der (5) Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus, hat ebenfalls einen bedeutenden Einfluss auf den Erhalt der Muskelmasse. Da diese fünf neuromuskulären und mechanischen Komponenten einander beeinflussen können, kommt es bei Ausfall eines oder mehrerer Faktoren zu einer strukturellen Atrophie (Appell, 1990).

2.1.2 Einflussfaktoren auf die Immobilisation

Zudem erläutert Appell (1990), dass 1-gelenkige, entgegen der Schwerkraft wirkende Muskeln wie zum Beispiel der M. soleus und M. vastus medialis am stärksten von einer Immobilisation und deren Atrophiewirkung betroffen sind. Danach kommen 2-gelenkige Muskeln, die in ihrer Funktion nur wenig gegen die Schwerkraft wirken müssen, wie die Mm. gastrocnemii, der M. rectus femoris oder M. erector spinae. Hortobágyi et al. (2000) zeigen in ihrer Studie, dass auf der Ebene der Muskelfasern vor allem die Typ 1-Fasern des Muskels von der Atrophie betroffen sind. Vorwiegend schnell kontrahierende Muskeln, wie der M. tibialis anterior oder M. biceps brachii atrophieren dafür eher langsamer, da ihr Anteil an Typ-2 Fasern vergleichsweise hoch ist. Matheus, Gomide, Oliveira, Volpon & Shimano (2007) haben

nachgewiesen, dass die Muskulatur eines in einer muskelverkürzten Position immobilisierten Gelenkes schneller atrophiert, als wenn es in einer verlängerten Position ruhig gestellt wird. Wird ein Muskel über längere Zeit nicht beansprucht und von jeglicher Belastung befreit, werden gemäss Booth & Seider (1979) sowie Schönle & Güth (2004) Stoffwechselaktivitäten und Proteinsynthese innerhalb des Muskels reduziert, während der Proteinabbau beispielsweise mehrheitlich aufrecht erhalten bleibt oder sogar beschleunigt wird und somit ein Ungleichgewicht zu Gunsten des Katabolismus entsteht. Die Anordnung der Myofibrillen wird daraufhin verändert und einzelne Fibrillen nekrotisieren, wodurch sich der Abstand zwischen den Muskelfasern vergrössert. Die dadurch entstehenden Hohlräume werden von Fettzellen und Fibroblasten gefüllt, was die funktionelle Eigenschaft des Muskels stark beeinträchtigt. Obwohl der Muskel dadurch nicht an Masse, im Sinne von Grösse und Umfang, verliert, ist er nicht mehr in der Lage, dieselbe Funktion im Bewegungssystem wahrzunehmen.

2.1.3 Funktionelle Anpassungen

Bleiben im Rahmen einer Immobilisation eines Gelenks neuromuskuläre efferente und propriozeptive Inputs über einen bestimmten Zeitraum hinweg aus, spricht Appell (1990) von einer funktionellen Muskelatrophie, was sich hauptsächlich in einer Reduktion der Muskelkraft zeigt. Um einen Kraftverlust reliabel messbar zu machen wird als Standardverfahren die Bestimmung der maximal willkürlichen Kontraktion (MVC, engl.: maximal voluntary contraction) empfohlen (Banzer, Pfeifer & Vogt, 2013). Die MVC wird als bester Versuch einer Reihe von hintereinander durchgeführten, maximal isometrischen Kontraktionen beschrieben (Pierce, 2013). Hettinger & Müller (1952) berichten, dass mit einer Kraftreduktion von 24% der MVC nach sieben Tagen und von insgesamt 28% nach zwei Wochen gerechnet werden muss (siehe Abbildung 2). Anhand des Beispiels des M. quadriceps wurde sichtbar, dass dieser nach einer sechswöchigen Immobilisationsdauer strukturell 10-20% seines Umfangs und 20-30% seines Querschnitts verloren hat. Auf funktioneller Ebene wurde insgesamt ein Maximalkraftverlust von 30-40% festgestellt.

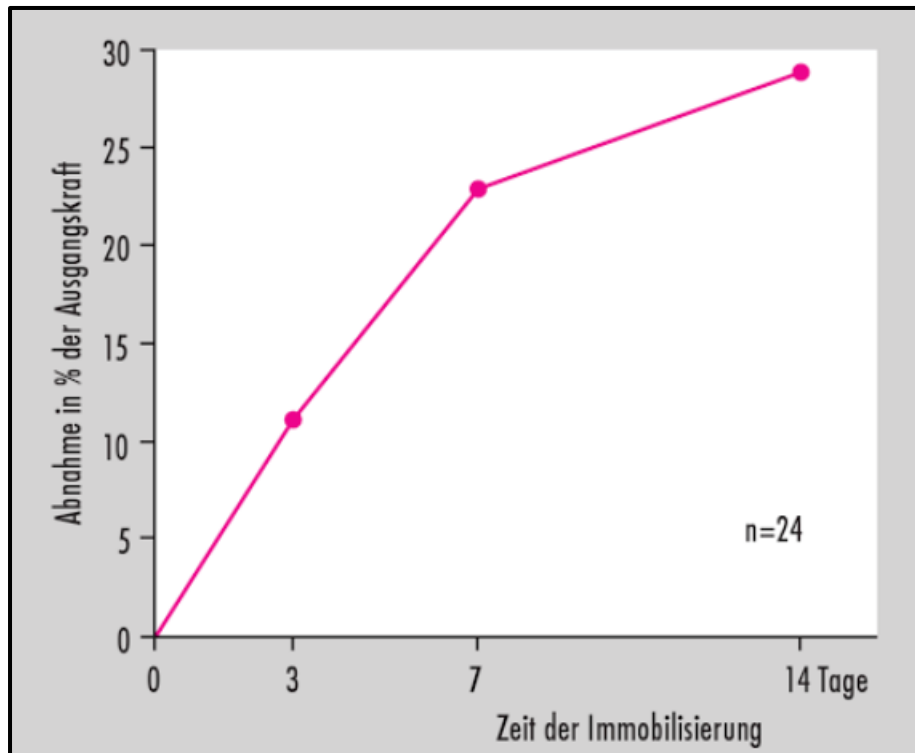


Abbildung 2: Kraftabnahme (in %) in Abhängigkeit zur Immobilisationszeit (in Tagen) durch einen Gipsverband (nach Hettinger & Müller, 1952).

Deschenes et al. (2002) haben in ihrer Studie die strukturellen Komponenten der Muskelatrophie den neuronalen Faktoren des Kraftverlusts gegenübergestellt und herausgefunden, dass die Dezimierung der Kraft bei Nichtgebrauch oder Ruhigstellung über einen Zeitraum von zwei Wochen weniger mit der strukturellen Atrophie zu tun hat, als vielmehr mit der abnehmenden Fähigkeit des Nervensystems, den Muskel optimal zu stimulieren. Müller (1970) schreibt in seiner Studie, dass ein Muskel, der überhaupt nicht kontrahiert, sich in seiner Kraft um ungefähr 5% pro Tag verringert. Hortobágyi et al. (2000) weisen in ihrer Untersuchung einen Kraftverlust von 47% nach drei Wochen Knie-Immobilisation nach. Einen ähnlichen Wert zeigt die Arbeit von Veldhuizen, Verstappen, Vroemen, Kuipers & Greep (1993), welche eine Reduktion von 52% nach einer vierwöchigen Knie-Immobilisation postulieren.

Als mögliche Intervention gegen einen solchen Kraftverlust während der Immobilisation einer Gelenkseinheit, bezieht sich die CE hauptsächlich auf die neuronale Komponente der Muskelfunktion. Mithilfe von neurophysiologischen Anpassungen im Rahmen eines Krafttrainings soll dadurch der funktionelle Effekt,

wie im oberen Abschnitt nach Deschenes et al. (2002) beschrieben, positiv beeinflusst werden. Aus diesem Grund werden im nächsten Kapitel das Thema Kraft und entsprechende Trainingsmethoden erläutert, sowie die damit zusammenhängenden neurophysiologischen Anpassungen erklärt.

2.2 Kraft

Kraft nimmt nicht nur im Leistungssport als motorische Leistungskomponente eine übergeordnete Rolle ein, sondern hat auch in der Prävention und Rehabilitation einen hohen Stellenwert und wird häufig als ein Gradmass für den Therapieerfolg verwendet (Buchbauer & Steininger, 2004). Um den Kraftbegriff näher zu erläutern, können verschiedene Kategorien aufgestellt werden. Eine komplette Beschreibung aller Komponenten ist im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich, weshalb sich die folgenden Erläuterungen auf die für das Verständnis der Arbeit notwendigen Bereiche beschränken werden. In Hinsicht auf die analysierten Studien (siehe Kapitel 3) liegt der Fokus auf den neurophysiologischen Anpassungen durch Krafttraining, der isometrischen Arbeitsweise und der Maximalkraft.

2.2.1 Begriffserklärung und Differenzierung

Schönle & Güth (2004) unterteilen die Kraft, in Bezug auf die für eine Rehabilitation relevanten Aspekte, in die Erscheinungsformen Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer. Unter Berücksichtigung der ausgewählten Studien sind die Schnellkraft und Kraftausdauer im Bezug zur CE sekundär, weshalb der Fokus in dieser Arbeit auf die Maximalkraft gelegt wird. Die Maximalkraft ist „die höchstmögliche Kraft, die das Nerv-Muskel-System bei einer maximalen willkürlichen Kontraktion aufbringen kann [...]“ (Jäger & Krüger, 2012, S. 189).

Als motorische Fähigkeiten, welche den Erscheinungsformen zu Grunde liegen und deren Ausmass bestimmen, werden die Muskelquantität, die willkürliche neuromuskuläre Aktivierungsfähigkeit, die schnelle Kontraktionsfähigkeit, die reaktive Anspannungsfähigkeit und die Ermüdungswiderstandsfähigkeit beschrieben (Broll-Zeitvogel et al., 1999). Die willkürliche neuromuskuläre Aktivierungsfähigkeit wird limitiert durch die Anzahl der rekrutierten motorischen Einheiten (siehe Abbildung 3a), die Frequenz mit welcher diese ihre Impulse aus dem ZNS (siehe Abbildung 3b) erhalten und das synchrone Aktivieren der motorischen Einheiten (Van den Berg & Cabri, 2007). Fröhlich (2014) verwendet den Begriff „Maximalkrafttraining“ und die

Verbesserung der neuromuskulären Aktivierungsfähigkeit synonym. Diese willkürliche Aktivierung der Muskelfasern (willkürliche neuromuskuläre Aktivierungsfähigkeit) haben Zatsiorsky & Kraemer (2016) als intramuskuläre Koordination zusammengefasst. Unter der intermuskulären Koordination hingegen wird die Zusammenarbeit der Agonisten und Antagonisten während einer Bewegung oder Aktivität verstanden (Weineck, 2004).

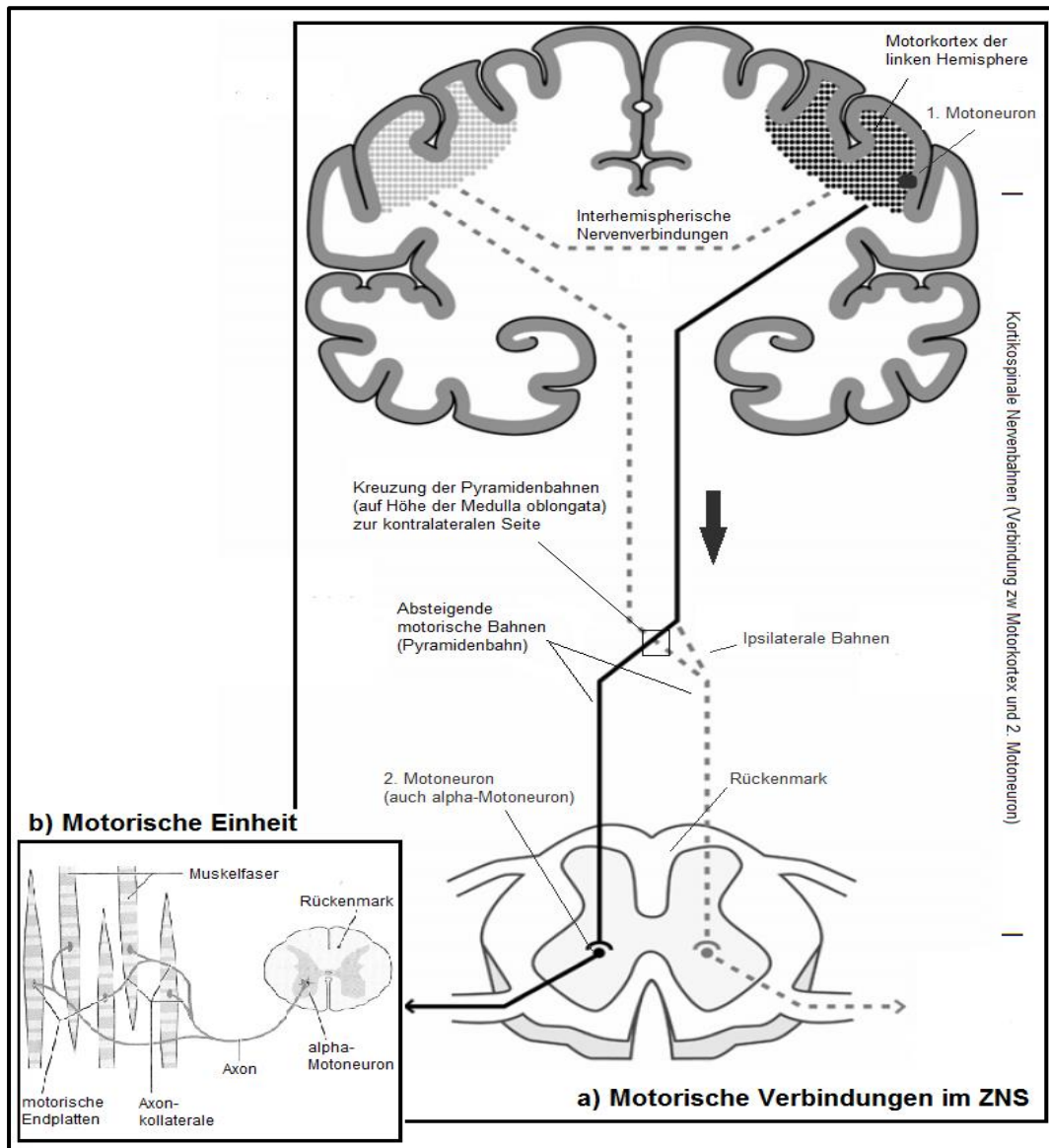


Abbildung 3: Die motorische Innervation vom Motorkortex bis zum Muskel innerhalb des a) ZNS innerhalb des peripheren Nervensystems (PNS) über die b) motorische Einheit (= die Gesamtheit aller Muskelfasern, die von einer motorischen Nervenfasern, dem Axon des alpha-Motoneurons, innerviert wird). Die Impulse werden vom 1. Motoneuron im Motorkortex über die absteigenden, kreuzenden Pyramidenbahnen bis ins Rückenmark geleitet (kortikospinale Verbindung) und auf das kontralaterale alpha-Motoneuron verschaltet. Bei Erreichen einer Reizschwelle wird der Impuls über das Axon des alpha-Motoneurons in die Peripherie bis zu den motorischen Endplatten im Muskel weitergeleitet. a (nach Hendy, Spittle & Kidgell, 2012, S. 96); b (nach Schünke et al., 2014, S. 61)

Eine weitere Differenzierung der Kraft ist die Einteilung in eine konzentrische oder exzentrische und eine dynamische oder statische Arbeitsweise. „Die statische Kraft ist diejenige Spannung, gemessen in Newton, die ein Muskel oder eine Muskelgruppe in einer bestimmten Position willkürlich gegen einen fixierten Widerstand auszuüben vermag“ (Hollmann & Strüder, 2009, S. 170). Um die statische Maximalkraft valide und reliabel zu erfassen, wird in mehreren Studien (Handoll, Madhok & Howe, 2006; Magnus et al., 2010; Farthing et al., 2011) ein isokinetischer Dynamometer eingesetzt. Der Jamar-Dynamometer (ZELLTECH diagnostics®, Höhenkirchen-Siegertsbrunn, Deutschland) beispielsweise wird zur Erfassung der Griffkraft eingesetzt (Volkmer et al., 2015). Zur Messung der isometrischen Maximalkraft der Muskulatur im Ellenbogen, Kniegelenk und Sprunggelenk kann ein Drehmomentmessgerät (Bsp.: Force Transducer Model 9321A, Kistler, Winterthur, CH) verwendet werden. Isometrisches Krafttraining führt auch zu einer Verbesserung der dynamischen Kraft (Schönle & Güth, 2004).

2.2.2 Training der Maximalkraft

Jäger & Krüger (2012) formulieren als Belastungsgefüge zur Verbesserung der Maximalkraft eine Reizintensität von 85 bis 100% des Ein-Wiederholungs-Maximum (1 RM, engl.: one repetition maximum), 1-3 Wiederholungen mit 3-5 Serien bei 1-3 Trainingseinheiten pro Woche. Hierbei werden Belastungspausen zwischen den Serien von 4-6 Minuten empfohlen. Die beschriebene Dosierung ist abhängig vom Leistungsstand der trainierenden Person und kann deshalb stark variieren. Jäger & Krüger empfehlen, ein Maximalkrafttraining nur in ausgeruhtem Zustand durchzuführen. Ausserdem sollte es aufgrund der hohen physischen und psychischen Belastung nur bedingt im Rehabilitationsbereich eingesetzt werden.

Eine Möglichkeit die Maximalkraft zu verbessern ohne das 1 RM zu bestimmen, ist vor allem für den Rehabilitationsbereich von grosser Bedeutung, da die Bestimmung des 1 RM aufgrund der hohen Belastungen nicht bei allen Patienten und Patientinnen und nicht in allen Stadien der Wundheilung durchführbar ist. Jäger & Krüger (2012) schlagen alternativ vor, die Trainingsziele über bestimmte Belastungszeiten, anstelle des 1 RM zu erreichen. Es wird eine Belastungsdauer von unter 15 Sekunden mit 1-3 Wiederholungen bei 2-6 Serien empfohlen. Schönle & Güth (2004) beschreiben ebenfalls als Alternative zu hohen Reizintensitäten die

Möglichkeit, durch ein Kraftausdauertraining bei 60-70% des maximal isometrischen Kraftwertes, 5-6 Serien und 12-20 Wiederholungen eine Verbesserung der Maximalkraft zu erzielen.

2.2.3 Leistungsbestimmende Faktoren der Maximalkraft

Fröhlich (2014) nennt die Steigerung der willkürlichen neuromuskulären Aktivierungsfähigkeit, im Sinne einer Verbesserung der intramuskulären Koordination, als leistungsbestimmenden Parameter der Maximalkraft. Andererseits nennen Hohmann, Lames & Letzelter (2003) den physiologischen Muskelquerschnitt, die Muskelfaserzusammensetzung und die willkürliche neuromuskuläre Aktivierungsfähigkeit als bestimmende Parameter für die Maximalkraft eines Muskels. Ähnlich wie Fröhlich (2014) beschreibt auch Weineck (2004), dass die maximale Kraft, die ein Muskel aufbringen kann, vor allem von der inter- und intramuskulären Koordination, also von Anpassungen im Nervensystem, abhängig ist. Neuronale Veränderungen werden durch verschiedene Methoden operationalisierbar gemacht. Zum besseren Verständnis der neurophysiologischen Strukturen und Mechanismen, die der CE zugrunde liegen, werden im nächsten Kapitel zwei dieser Methoden näher erläutert. Zudem finden diese beiden Vorgehensweisen zur Untersuchung neuronaler Mechanismen in den im Rahmen dieser Arbeit analysierten Studien Anwendung und werden im Diskussionsteil aufgegriffen.

2.2.4 Transkranielle Magnetstimulation und periphere Nervenstimulation

Zur Untersuchung neuronaler Mechanismen beschreiben Carroll, Selvanayagam, Riek & Semmler (2011) eine Vielzahl von Methoden. Wie am Ende des vorherigen Absatzes begründet, werden sich die Autoren dieser Arbeit auf die Methodik der Transkraniellen Magnetstimulation (TMS) und der Peripheren Nervenstimulation (PNS) beschränken. Bei der PNS wird ein oberflächlich verlaufender, peripherer Nerv perkutan, elektrisch stimuliert. Dies löst den so genannten Hoffmann-Reflex (H-Reflex) aus, welcher ein elektrisch induzierter monosynaptischer Reflex ist und dem Dehnreflex des Körpers ähnelt (Palmieri, Ingersoll & Hoffman, 2004). Durch Oberflächenelektroden über dem entsprechenden Muskelbauch werden mittels Elektromyographie (EMG) die erzeugten Potentiale als Summenaktionspotential abgeleitet. Wichtige Parameter, anhand derer Veränderungen auf spinaler Ebene

aufgezeigt werden, sind die so genannte „H-Welle“ (engl.: h-wave) und „M-Welle“ (engl.: m-wave), welche in Zehr (2002) näher erklärt werden. Auf welche spezifischen neurophysiologischen Strukturen eine Änderung des H-Reflexes Rückschlüsse erlaubt, ist noch nicht genau geklärt. Aagaard et al. (2002) postulieren, dass der H-Reflex Änderungen auf spinaler Ebene aufzeigt und dadurch Aussagen auf die Änderung der Erregbarkeit des alpha-Motoneurons gemacht werden können. Bei der TMS wird ein zeitlich veränderliches Magnetfeld erzeugt, welches die intakte Schädeldecke schmerzfrei durchdringt (Barker, Jalinous & Freeston, 1985). Das Magnetfeld über dem Motorkortex erregt die kortikospinalen Nervenzellen transsynaptisch (Day et al., 1987). Die Studie von Patton & Amassian (1954) zeigt auf, dass durch die TMS Rückschlüsse auf Mechanismen und Strukturen zulässig sind, die Auswirkungen auf diese transsynaptische Weiterleitung haben. Avela & Gruber vermuten, dass intrakortikale Zwischenneurone und kortikokortikale Nervenzellen einen sehr grossen Einfluss auf die transsynaptische kortikospinale Übertragung haben (Avela & Gruber, 2011; zit. nach Aagaard, 2011). Die Summe aller Aktionspotentiale, welche im Muskel via EMG abgeleitet werden, wird als motorisch erzeugtes Potential (MEP, engl.: motor evoked potential) bezeichnet und ist als Muskelzuckung erkennbar (Siebner & Ziemann, 2007).

2.2.5 Neurophysiologische Anpassungen durch Krafttraining

Krafttraining führt sowohl zu morphologischen und strukturellen Veränderungen im Muskel selbst, als auch zu neurophysiologischen Adaptionen im Nervensystem (Aagaard, 2011). Der Kraftzuwachs, welcher bereits Stunden und Tage nach einem Krafttraining zu beobachten ist, beruht in erster Linie auf neurophysiologischen Anpassungen. Sind diese neurophysiologischen Anpassungsprozesse ausgeschöpft, erfolgt ein weiterer Kraftzuwachs durch eine Hypertrophie des Muskels (Van den Berg & Cabri, 2007). Die Art der Adaption (Hypertrophie oder neuronale Adaption) in Abhängigkeit von der Zeit ist in Abbildung 4 dargestellt. Eine Verbesserung der intramuskulären Koordination führt bereits in den ersten Stunden zu einem Kraftzuwachs (Hollmann & Hettinger, 2000; zit. nach Van den Berg & Cabri, 2007, S. 109).

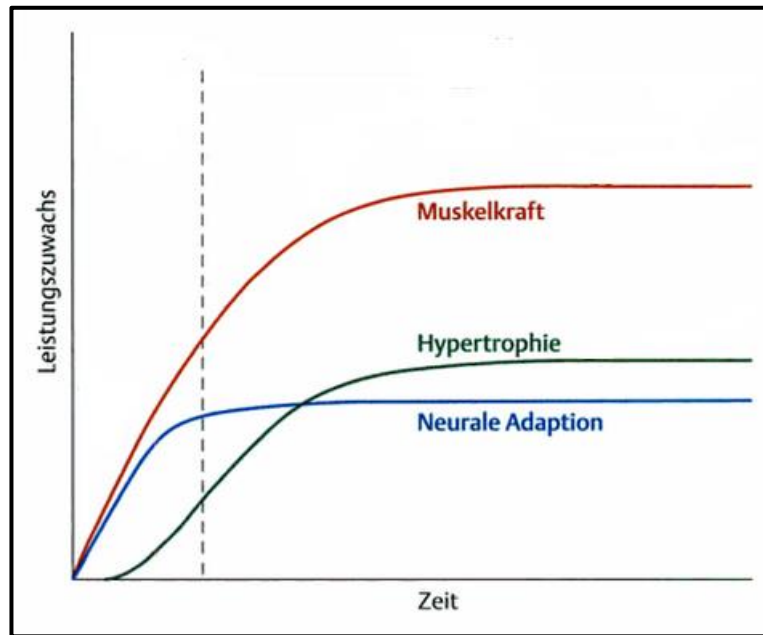


Abbildung 4: Zusammenhang der zeitlichen Folge neuronaler (blau) / struktureller (grün) Anpassungen und Muskelkraft (rot) und der daraus resultierende Leistungszuwachs (nach Sale, 2008).

Weiter ist bekannt, dass verschiedene Trainingsmethoden zu spezifischen neurophysiologischen Anpassungen führen, jedoch dieser Zusammenhang zwischen Trainingsmethode und Anpassung noch nicht vollständig geklärt ist (Folland & Williams, 2007). Diese Problematik ist Gegenstand zahlreicher Studien. Eine umfassende Übersicht dazu gibt das Review von Gabriel, Kamen & Frost (2006). In verschiedenen Forschungsarbeiten (Aagaard, 2003; Duchateau, Semmler & Enoka, 2006; Sale, 2008) wird eine Verbesserung in der Rekrutierung des spinalen Motoneurons, der Erregbarkeit des Motoneurons oder die kortikospinale Erregbarkeit als mögliche neurophysiologische Anpassungen durch Maximalkrafttraining beschrieben.

2.3 Cross Education

2.3.1 Definition

Sowohl in der englisch- als auch deutschsprachigen Fachliteratur und wissenschaftlichen Arbeiten, welche sich mit dieser Thematik befassen, können verschiedene, synonym verwendete Begriffe gefunden werden. Nach Auffassung der Autoren dieser Arbeit wird am häufigsten der Begriff „Cross Education“ (Lee & Carroll, 2007; Ruddy & Carson, 2013; Onigbinde et al., 2016; Farthing & Zehr, 2014; Dale, 2005) verwendet. In deutschsprachigen Studien (Petrucci & Karanikas, 2013; Broll-Zeitvogel et al., 1999) wird auch überwiegend von „Cross Education“ gesprochen, weshalb für die vorliegende Arbeit ebenfalls diese Bezeichnung gewählt wurde. „Crossover education“ (Dale, 2005) und „cross-transfer“ (Carroll, Lee, Hsu & Sayde, 2008; Manca et al., 2015; Farthing & Zehr, 2014) sind weitere Synonyme. In Bezug auf Training wird häufig der Begriff „cross-training“ (Manca et al., 2015; Carroll et al., 2006; Kofotolis & Kellis, 2007) verwendet. Auch „Cross-limb transfer“ (Carroll et al., 2008; Farthing et al., 2011) oder „interlimb transfer“ (Elliott & Roy, 1981) haben Einzug in die Literatur gefunden. Nicht synonym verwendet, jedoch als verwandt zu charakterisieren, ist der Begriff „Irradiation“ oder „Motor Irradiation“. Hendy, Spittle & Kidgell (2012) beschreiben die Motor Irradiation als eine bilaterale kortikospinale Aktivität, welche bei unilateraler Muskelaktivität auftritt. Die Irradiation wird jedoch viel mehr als möglicher Mechanismus hinter der CE verstanden, denn als Synonym. Lee & Carroll (2007) beschreiben die CE als ein Kraftzuwachs in der kontralateralen, nicht trainierenden Extremität nach unilateralem Krafttraining. Ruddy & Carson (2013) definieren die CE als einen Vorgang, wodurch es durch Training einer Extremität zu einer Verbesserung der Leistungsfähigkeit der kontralateralen, untrainierten Extremität kommt. Farthing & Zehr (2014) erklären zudem, dass der Transfereffekt immer auf den entsprechenden Muskel der kontralateralen, nicht trainierenden Extremität stattfindet. Scripture et al. bezeichnen die CE als einen Kraftzuwachs auf der kontralateralen Seite durch ipsilaterales Krafttraining und als eine Verbesserung einer motorischen Aufgabe auf der kontralateralen Seite durch ipsilaterales Training derselben Aufgabe (Scripture et al., 1894; zit. nach Ruddy & Carson, 2013). Lee, Hinder, Gandevia & Carroll (2010) legen in der Einleitung ihrer

Studie verschiedene solcher motorischen Aufgaben, in Form von unterschiedlichen Bewegungsabläufen dar.

2.3.2 Einflussfaktoren auf die Cross Education

Sowohl verschiedene Trainingsmethoden und Outcomeparameter, wie auch unterschiedliche Muskelfasern, die Untersuchung der oberen oder unteren Extremitäten und ob die dominante oder nichtdominante Extremität trainiert wurde, haben einen Einfluss auf den Effekt der CE. Diese Unterschiede erschweren zudem den Vergleich der Ergebnisse zwischen Studien (Manca et al., 2015).

Farthing, Chilibeck & Binsted (2005) und Farthing, Krentz & Magnus (2009) weisen nach, dass ein Training der dominanten Extremität zu einem grösseren CE Effekt auf der kontralateralen Seite führt, als das Training der nichtdominanten Extremität. Um herauszufinden, welche Extremität die Dominante ist, wird unter anderem der „Waterloo Handedness Questionnaire“ (Bryden, 1977) verwendet. Manche Studien (Farthing et al., 2011; Farthing et al., 2009; Magnus et al., 2010) benutzen eine Version mit zehn Items. Die Punktwerte reichen von -20 bis +20, wobei negative Werte für eine Dominanz der linken Hand und positive Werte für eine Dominanz der rechten Hand stehen (Magnus et al., 2010). Hortobágyi et al. (1997) zeigen, dass exzentrisches Training einen höheren Krafttransfer auf die kontralaterale Extremität hat als konzentrisches Training. Besser belegt ist, dass höhere Trainingsintensitäten, über 60% der MVC, ebenfalls zu einem höheren Transfereffekt führen (Carroll et al., 2006; Zhou, 2000; zit. nach Hendy et al., 2012).

Aus der Meta-Analyse von Munn, Herbert & Gandevia (2004), in der die Ergebnisse von 13 Studien ausgewertet wurden, geht hervor, dass es durch Krafttraining zu einem durchschnittlichen Kraftzuwachs von 7,8% in der nicht trainierenden Extremität kommt. Dieser Wert bezieht sich auf den Ausgangswert der nicht trainierenden Extremität vor Beginn des Krafttrainings. Bei den Probanden und Probandinnen der Studien lag demnach keine Pathologie der nicht trainierenden Extremität vor, da sonst eine Erhebung des Kraftniveaus vor Interventionsbeginn nicht möglich gewesen wäre. Der Effekt reichte von einer minimalen Ausprägung von -2,7% bis zu einer maximalen Ausprägung von +21,6%. Bezogen auf die trainierende Extremität lag der Kraftzuwachs der nichttrainierenden Extremität bei durchschnittlich 35,1%. Wie Costa, Herda, Herda & Cramer (2016) in ihrer Studie zeigen konnten,

kann der Kraftzuwachs der nichttrainierenden Extremität auch noch ein und zwei Wochen nach der letzten Trainingseinheit nachgewiesen werden.

2.3.3 Mechanismen

Physiologische Prozesse aufzudecken, welche sich hinter der CE verbergen, ist Gegenstand einiger Studien (Evetovich et al., 2001; Farthing & Chilibeck, 2003; Farthing et al., 2005; Farthing et al., 2007; Hortobágyi et al., 1997; Hortobágyi et al., 2003; Lee & Carroll, 2007). Die Mechanismen sowie die Methoden, um diese zu untersuchen als auch die neurophysiologischen Strukturen sind um einiges umfassender als sie für diese Arbeit relevant sind. Der folgende Abschnitt soll einen groben Einblick in die grundlegenden Mechanismen liefern, stellt jedoch nicht den Anspruch, diese komplett darzustellen. Einen tieferen und umfassenderen Einblick in die neurophysiologischen Strukturen und Mechanismen hinter der CE gibt das Review von Ruddy & Carson (2013).

Wie bereits erwähnt, führt Krafttraining zu morphologischen, wie auch neurophysiologischen Anpassungen. Hinweise darauf, dass der Transfer auf die kontralaterale Extremität auf neurologische Mechanismen beruht, geben Untersuchungen von Evetovich et al. (2001) und Hortobágyi (1997). Diese weisen nach, dass durch Training einer Extremität nur wenig Muskelaktivität auf der kontralateralen Seite mithilfe EMG messbar ist. Zusätzlich konnten Farthing & Chilibeck (2003) und Farthing et al. (2005) zeigen, dass durch unilaterales Training, zwar ein Kraftzuwachs, jedoch keine Hypertrophie auf der nichttrainierenden Seite induziert werden kann.

Des Weiteren beschreiben Lee & Carroll (2007) zwei Hypothesen zu den Anpassungsprozessen durch Krafttraining. Die erste Hypothese vermutet, dass durch Krafttraining neuronale Kreisläufe aktiviert werden, dort Veränderungen stattfinden und dadurch eine verbesserte Effektivität der motorischen Bahnen erreicht wird. Es werden verschiedene neuronale Verschaltungen sowohl auf spinaler, als auch auf kortikaler Ebene als mögliche Orte für die Verschaltung auf die kontralaterale Seite diskutiert. Shima et al. (2002) konnten eine erhöhte efferente Aktivität des alpha-Motoneurons zum entsprechenden Muskel der kontralateralen Seite durch erhöhte EMG Aktivität zeigen. Die zweite Hypothese von Lee & Carroll (2007) beinhaltet zentrale Strukturen, welche für die motorische Kontrolle der

trainierenden Extremität zuständig sind. Sie vermuten, dass die kontralaterale Seite Zugriff auf diese angepassten neuronalen Strukturen hat und setzen diesen Vorgang analog zum Vorgang des motorischen Lernens.

Weitere Wissenschaftler (Carroll et al., 2006; zit. nach Hendy et al., 2012; Cernacek, 1961; Carson, 2005) nehmen an, dass es über komplexe interhemispherische Verbindungen und ipsilaterale, kortikospinale Nervenverbindungen vom primären Motorkortex zur Muskulatur, bei unilateralem Krafttraining zu einer Stimulation des entsprechenden kontralateralen Muskels kommt. Die genannten neuroanatomischen Strukturen wurden bereits in Abbildung 3 (Seite 14) dargestellt.

2.4 Stand der Forschung

Obwohl die CE seit seiner Erstbenennung durch Scripture (1894) bekannt ist, scheint sie sich, nach Kenntnisstand der Autoren dieser Arbeit, unter diesem Begriff in der Rehabilitation von orthopädischen Patienten und Patientinnen nie richtig etabliert zu haben. In diesem Kapitel sollen die verschiedenen Forschungsbemühungen im Kontext der CE dargestellt werden. Vor allem sollen Studien aufgeführt werden, die CE nachweisen konnten und eine klinische Relevanz untersucht haben.

Es lassen sich einige Studien finden, welche die Anwendung und den Nutzen eines unilateralen Trainings bei Patienten und Patientinnen nach einem Schlaganfall untersuchen und die Implementierung in deren Rehabilitation als sinnvoll erachten (Clark & Patten, 2013; Dragert & Zehr, 2013). Ehrensberger et al. (2016) kommen hingegen in ihrem Review zu dem Ergebnis, dass das Evidenzlevel für die Implementierung eines unilateralen Krafttrainings in die Rehabilitation von Schlaganfallpatienten und Schlaganfallpatientinnen mässig ist und empfehlen, weitere randomisierte, kontrollierte Studien durchzuführen.

Die Mehrheit der Studien, welche die Autoren für diese Arbeit heranziehen konnten und die CE untersuchten, testeten diese bei gesunden Probanden und Probandinnen ohne Immobilisation oder Pathologie (Shields, Leo, Messaros & Somers, 1999; Farthing & Chilibeck, 2003; Farthing et al., 2005; Carroll et al., 2006; Lee, Gandevia & Carroll, 2009; Suetta et al., 2009; Magnus et al., 2010; Ehsani, Nodehi-Moghadam, Ghandali & Ahmadizade, 2014; Manca et al., 2015). Fimland et al. (2009) führen in ihrer wissenschaftlichen Arbeit drei Studien (Adamson et al., 2008; Lee & Carroll, 2007; Munn, Herbert, Hancock & Gandevia, 2005) und eine Meta-Analyse (Munn et

al., 2004) auf, auf deren Basis Finland die Aussage trifft, dass unilaterales Krafttraining zu einem Kraftzuwachs in der nicht trainierenden Extremität führt. Im Vergleich zu der Anzahl Studien mit gesunden Probanden und Probandinnen ohne Immobilisation konnten die Autoren dieser Arbeit weniger Studien finden, welche die CE bei gesunden Menschen untersuchten, bei denen zusätzlich eine Immobilisation einer Extremität zu Testzwecken vorgenommen wurde. Weitere Studien zeigen, dass durch unilaterales Training der nichtimmobilisierten Extremität die Abnahme der Funktion der immobilisierten Extremität reduziert werden konnte (Pearce, Hendy, Bowen & Kidgell, 2013; Farthing et al., 2011; Magnus et al., 2010; Farthing et al., 2009; zit. nach Ruddy & Carson, 2013).

Die Autoren dieser Arbeit können sich lediglich auf fünf Studien beziehen, welche die CE in Verbindung mit Patienten und Patientinnen mit einer orthopädischen Pathologie untersuchten. Kannabiran, Paul & Ragland (2016) untersuchten bei Probanden und Probandinnen mit einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes (VKB) den Effekt auf die Gelenkstellung des kontralateralen Kniegelenks durch ipsilaterales, propriozeptives Training der nichtbetroffenen Seite. Sie zeigen auf, dass sich die Propriozeption im Kniegelenk sowohl auf der trainierenden, als auch der nicht trainierenden Extremität verbesserte. Onigbinde et al. (2016) analysierte den Krafttransfer durch unilaterales isometrisches Maximalkrafttraining des M. quadriceps der nichtbetroffenen Seite bei Patienten und Patientinnen mit unilateraler Gonarthrose. Sie konnten einen Kraftzuwachs von 20% im M. quadriceps des betroffenen Beins messen. Hale, Fergus, Axmacher & Kiser (2014) untersuchten den Effekt von unilateralem Gleichgewichtstraining auf die Stabilität des Sprunggelenks bei Patienten und Patientinnen mit einer chronischen, einseitigen Instabilität. Es wurde zweimal pro Woche über vier Wochen lang trainiert. Im Vergleich zur Kontrollgruppe, welche keine Intervention erhielt, konnte eine Verbesserung der Stabilität im Sprunggelenk nachgewiesen werden. Es konnten lediglich zwei Studien (Magnus et al., 2013; Arai et al., 2001) gefunden werden, welche die CE bei Patienten und Patientinnen mit einer orthopädischen Pathologie und einer immobilisierten Extremität untersuchen. Die Ergebnisse dieser beiden Studien werden in Kapitel 3 dargestellt.

Um eine Antwort auf die Fragestellung geben zu können, wie sie in Kapitel 1.2 formuliert ist, wurden insgesamt vier Studien (zwei Studien mit und zwei Studien ohne Pathologie) zur ausführlichen und kritischen Analyse ausgewählt.

3 Methode

In diesem Kapitel soll die spezifische Vorgehensweise der Literaturrecherche und des Selektionsprozesses anhand der Keywords, des datenbankspezifischen Suchverlaufs sowie der Ein- und Ausschlusskriterien zur Findung der Hauptstudien beschrieben werden. Des Weiteren werden die Instrumente zur kritischen Wertschätzung der Studien erklärt. Der Prozess zur Themenfindung wurde bereits im Kapitel 1.3 kurz erläutert. Neben dem Begriff „Cross Education“ wurden weitere allgemeine Themenbereiche notiert und von den Autoren diskutiert. Die Selektion wurde nach diversen Gesprächen mit physiotherapeutischen Fachkräften vorgenommen. In einem weiteren Stadium wurde der Begriff „Cross Education“ in Fachzeitschriften und dem Internet recherchiert um eine grobe Übersicht über das Thema zu erhalten. Anhand einer Mindmap wurden Zusammenhänge und Inhalte grafisch dargestellt. Dies ermöglichte eine erste Eingrenzung innerhalb der vielfältigen Forschungsmöglichkeiten zum Thema der CE.

3.1 Literaturrecherche

Zu Beginn des Arbeitsprozesses, im Juni 2016, wurde in der Datenbank von Google-Scholar nach Studien gesucht, um zunächst eine grobe Übersicht über die Studienlage zu erhalten. Aufgrund der ersten Resultate konnten die Autoren eine konkrete Fragestellung definieren und die Zielsetzung zur Arbeit bestimmen. Gesundheitsspezifische Datenbanken wie AMED, CINAHL Complete, MEDLINE und PubMed wurden mittels spezifischer Schlüsselwörter in einer weiteren Phase im Zeitraum von Ende Juni bis Mitte Juli 2016 durchsucht. Die genannten Datenbanken beziehen sich auf medizinische Fachliteratur und verfügen über ein breites Spektrum an internationalen Studien und Reviews zu physiotherapeutisch relevanten Themen.

3.1.1 Keywords

Relevante Schlüsselbegriffe, wie sie in der Zielsetzung und der Fragestellung vorkommen, wurden in die englische Sprache übersetzt und als primäre Keywords in der Literaturrecherche in den digitalen Datenbanken verwendet. In einer ersten Auswahl an Studien und Reviews, die aufgrund des Titels und des Abstrakts als geeignet erschienen, wurde nach weiteren Keywords gesucht. Im Verlaufe des Entstehungsprozesses dieser Arbeit und aufgrund des Studiums detaillierter Themen innerhalb des Theorieteils wurden verschiedene Recherchephasen durchgeführt und

mithilfe weiterer Schlüsselbegriffe nach Sekundärliteratur geforscht. In der Tabelle 1 und 2 sind die primären Keywords und die Suchkombinationen mittels Bool'schen Operatoren aufgelistet, sowie die entsprechenden Resultate, die zu den verwendeten Primärstudien führten. Anhand solcher Kombinationen konnte die Suche spezifiziert und offensichtlich irrelevante Literatur ausgeschlossen werden.

Für die tabellarische Darstellung wurden nur die Suchverläufe der beiden Datenbanken CINAHL complete und PubMed berücksichtigt, da diese zu den Primärstudien geführt haben. Auf den Plattformen AMED und MEDLINE wurden dieselben Resultate erzielt und weiter nach Sekundärliteratur recherchiert.

Tabelle 1: Literaturrecherche in der Datenbank CINAHL complete.

Datenbank	Keywords und Kombinationen	Filter	Anzahl gefundene Literatur	Anzahl relevante Literatur
CINAHL complete	„Cross Education“ OR „Cross Transfer“ OR „Cross Training“ OR „Cross Effect“ OR „Interlimb Transfer“	Publikationen zwischen 2000 und 2016	452	
	„Cross Education“ OR „Cross Transfer“ OR „Cross Training“ OR „Cross Effect“ OR „Interlimb Transfer“ AND Immobilization	Publikationen zwischen 2000 und 2016 und Volltext	103	
	„Cross Education“ OR „Cross Transfer“ OR „Cross Training“ OR „Cross Effect“ OR „Interlimb Transfer“ AND Immobilization AND (Injury OR Rehabilitation)	Publikationen zwischen 2000 und 2016 und Volltext	6	0
	„Cross Education“ OR „Cross Transfer“ OR „Cross Effect“ OR „Interlimb Transfer“	Publikationen zwischen 2000 und 2016	54	2
	“Cross Education”	Publikationen zwischen 2000 und 2016	35	2
	„ Cross Education“ OR „Cross Transfer“ OR „Cross Effect“ OR „Interlimb Transfer“ AND Immobilization	Publikationen zwischen 2000 und 2016 und Volltext	3	0

Der Begriff „Cross Education“ wurde als primäres Keyword benutzt, wobei weitere Synonyme in der Literaturrecherche verwendet wurden, wie den Tabellen 1 und 2 zu entnehmen ist. Die Suche mit dem alleinigen Keyword “Cross Education” scheint im Vergleich der beiden Datenbanken CINAHL complete und PubMed besonders auffällig. Die höhere Anzahl gefundener Studien unter diesem Begriff ermöglichte eine spezifischere Suche auf der Plattform von PubMed mit diversen Kombinationsmöglichkeiten.

Tabelle 2: Literaturrecherche in der Datenbank PubMed.

Datenbank	Keywords und Kombinationen	Filter	Anzahl gefundene Literatur	Anzahl relevante Literatur
PubMed	((("Cross Education") OR "Cross Transfer") OR "Cross Training") OR "Cross Effect") OR "Interlimb Transfer"	Publikationen zwischen 2000 und 2016	449	
	(((((("Cross Education") OR "Cross Transfer") OR "Cross Training") OR "Cross Effect") OR "Interlimb Transfer")) AND ((injury OR rehabilitation)))	Publikationen zwischen 2000 und 2016	98	
	((("Cross Education" OR "Cross Transfer" OR "Cross Effect" OR "Interlimb Transfer")) AND (injury or rehabilitation))	Publikationen zwischen 2000 und 2016 und Full Text	54	6
	„Cross Education“	Publikationen zwischen 2000 und 2016	72	
	("Cross Education") AND (injury OR rehabilitation)	Publikationen zwischen 2000 und 2016	44	6
	((("Cross Education" OR "Cross Transfer" OR "Cross Effect" OR "Interlimb Transfer")) AND (strength))	Publikationen zwischen 2000 und 2016 und Full Text	67	5
	((("Cross Education" OR "Cross Transfer" OR "Cross Effect" OR "Interlimb Transfer")) AND (immobili*))	Publikationen zwischen 2000 und 2016 und Full Text	14	4

Anhand der Kombination von “CE” und den Schlüsselwörtern “injury”, “rehabilitation”, “immobilization” oder “immobili*” und “strength” konnten die in dieser Arbeit analysierten Hauptstudien (siehe Kapitel 3.1.3) gefunden werden. Für zusätzliche Literatur wurde auch mit den Begriffen “training”, “resistance”, “balance”, “bilateral” und “unilateral” und Weiteren gesucht. Aufgrund der Forschungsmethoden, welche sich in den letzten zwei Jahrzehnten technisch weiterentwickelt haben, wurde als erster Filter das Jahr 2000 als frühestes Publikationsjahr gesetzt. Um die Anzahl der erschienenen Arbeiten noch weiter einzuschränken, wurde als zusätzlicher Filter „Volltext“ aktiviert.

3.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Im Anschluss wurde die in der Hauptrecherche gefundene, relevante Literatur anhand weiterer Ein- und Ausschlusskriterien eingegrenzt. Folgende, in der Tabelle 3 ersichtlichen Kriterien dienten zur näheren Einschränkung der relevanten Literatur.

Tabelle 3: Ein- und Ausschlusskriterien (Reihenfolge nicht priorisiert).

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Publikationen zwischen 2000 und 2016	Studien bezüglich Schlaganfall
Parameter Kraft als Outcome verwendet	Neurologische Erkrankungen
Unilaterale Immobilisation einer Extremität	Reviews
Volltext in Deutsch oder Englisch erhältlich	Zahlungspflichtige Studien
Alle Altersgruppen	
Beide Geschlechter	

3.1.3 Vorauswahl der möglichen Hauptstudien

In Tabelle 4 sind die Studien, welche als mögliche Hauptstudien zur Beantwortung der Fragestellung ausgewählt wurden und die final verwendeten Studien aufgelistet.

*Tabelle 4: Hauptstudien (Vorauswahl, sortiert nach Jahr in absteigender Reihenfolge). Die verwendeten Studien sind mit einem * markiert.*

Studie	Autor	Jahr	Titel
1	Onigbinde, A. T., Ajiboye, R. A., Bada, A. I. & Isaac, S. O.	2016	Inter-limb effects of isometric quadriceps strengthening on untrained contra-lateral homologous muscle of patients with knee osteoarthritis
2*	Magnus, C. R., Arnold, C. M., Johnston, G., Haas, V. D.-B., Basran, J., Krentz, J. R. & Farthing, J. P.	2013	Cross-Education for Improving Strength and Mobility After Distal Radius Fractures: A Randomized Controlled Trial
3*	Pearce, A., Hendy, A., Bowen, W. & Kidgell, D.	2013	Corticospinal adaptations and strength maintenance in the immobilized arm following 3 weeks unilateral strength training
4	Magnus, C. R., Barss, T. S., Lanovaz, J. L. & Farthing, J. P.	2010	Effects of cross-education on the muscle after a period of unilateral limb immobilization using a shoulder sling and swathe
5*	Farthing, J. P., Krentz, J. R. & Magnus, C. R.	2009	Strength training the free limb attenuates strength loss during unilateral immobilization
6*	Arai, M., Shimizu, H., Shimizu, M. E., Tanaka, Y. & Yanagisawa, K.	2001	Effects of the Use of Cross-education to the Affected Side through Various Resistive Exercises of the Sound Side and Settings of the Length of the Affected Muscles

3.2 Instrument zur kritischen Wertschätzung der Studien

Als Evaluationsinstrument zur kritischen Wertschätzung der Studien wurde das *Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien* von Law et al. (1998) verwendet. Um die ausgewählten Studien in ihrer Qualität zielorientiert miteinander vergleichen zu können und dahingehend einen Bezug zu der Fragestellung dieser

Arbeit zu stellen, wurde zusätzlich ein modifiziertes Punktesystem (Leuenberger, 2015) in Anlehnung an Law et al. (1998) benutzt. Das Punktesystem umfasst insgesamt 21 Fragen, die mit *ja* (1 Punkt) und *nein* (0 Punkte) beantwortet werden können. Die maximale Punktzahl beträgt 21 Punkte. Studien mit 17 oder mehr Punkten werden von den Autoren dieser Arbeit als qualitativ hochwertig angesehen, während Studien mit 12 oder weniger Punkten als mangelhaft bewertet werden. Das Punktesystem ist in seiner Gesamtheit nicht validiert. Abgesehen von den Fragestellungen 7 und 21 sind jedoch die einzelnen Leitfragen in Anlehnung an das validierte *Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien* von Law et al. (1998) adaptiert.

4 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die ausgewählten Studien (siehe Tabelle 4) je in einer kurzen Zusammenfassung basierend auf dem *Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien* beschrieben. Die vollständig ausgefüllten Formulare mit allen erhobenen Informationen sind dem Anhang beigelegt (Anhang A). Zu der Beantwortung der Fragestellung dieser Arbeit und konkreten Gegenüberstellung der einzelnen Studien sind die verwendeten Outcomeparameter und der klinische Bezug, den die Autoren und Autorinnen der jeweiligen Studie beschreiben, in Tabelle 5 aufgeführt.

4.1 Studie 1 von Magnus et al. (2013)

Titel

Cross-education for improving strength and mobility after distal radius fractures: a randomized controlled trial

Ziel der Studie

Ziel der Studie war es, CE (unilaterales Krafttraining) bei Frauen über 50 Jahren mit einer unilateralen distalen Radiusfraktur anzuwenden und den Effekt auf die Handkraft, die Bewegungsquantität (engl.: range of motion, ROM) und die Funktion auszuwerten.

Methodik

Es wurde ein randomisiertes kontrolliertes Studiendesign (RCT) gewählt und 26 Wochen follow-up (nach der Fraktur) Messungen durchgeführt. 51 Frauen über 50 Jahren, mit einer unilateralen distalen Radiusfraktur, wurden randomisiert in eine Interventionsgruppe (n=27) und eine Kontrollgruppe (n=24) unterteilt. Die Kontrollgruppe erhielt die Standardtherapie und die Interventionsgruppe die Standardtherapie plus Handkrafttraining der nichtbetroffenen Extremität. Der detaillierte Inhalt der Standardtherapie und Intervention ist im Anhang ersichtlich (Anhang B). Die Standardtherapie beinhaltete zudem eine sechswöchige Immobilisierung des betroffenen Handgelenks. Primärer Outcomeparameter war die maximal isometrische Handkraft (Handkraftdynamometer) für die linke und rechte obere Extremität. Sekundärparameter waren die ROM (Flexion / Extension; Supination / Pronation; Goniometer) und Funktion (Patient Rated Wrist Evaluation

questionnaire score, PRWE). Beide Sekundärparameter wurden nur für die betroffene Extremität erhoben. Die Messungen wurden in Woche 1,9,12 und 26 durchgeführt. Die Kraft wurde in Woche 1 für die nichtbetroffene Seite untersucht. Die ROM wurde nur in Woche 9,12 und 26 gemessen. Der PRWE-Score in Woche 1 wurde für die betroffene Extremität retrospektiv für einen Zeitpunkt vor der Fraktur erhoben.

Ergebnisse

Final wurden 39 Probandinnen in die Datenanalyse eingeschlossen. Das Signifikanzniveau wurde für $P < 0,05$ festgelegt. Der Parameter Kraft war für die betroffene Extremität in Woche 12 in der Interventionsgruppe signifikant grösser als in der Kontrollgruppe. Bezüglich dieser untersuchten Kraft gab es in den Wochen 9 und 26 keinen signifikanten Unterschied in der betroffenen Extremität zwischen Interventions- und Kontrollgruppe. Der Kraftzuwachs von Woche 9 zu Woche 12 der nichtbetroffenen Seite beträgt in der Kontrollgruppe 4,4% und in der Interventionsgruppe 38,4%. Die ROM (Flexion/Extension) war zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe lediglich in Woche 12 signifikant unterschiedlich. Für den PRWE-Wert wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen der Trainings- und Kontrollgruppe in Woche 9 festgestellt.

Schlussfolgerung

Ein Krafttraining der nichtbetroffenen Extremität im Sinne der CE nach einer distalen Radiusfraktur führt 12 Wochen postoperativ zu einer Verbesserung der Kraft und der ROM in der betroffenen Extremität. Die Autoren und Autorinnen der Studie schlussfolgern, dass die Ergebnisse der Studie Auswirkungen auf zukünftige Rehabilitationsprotokolle bei unilateralen Verletzungen der Extremität haben könnten. Weiter folgern sie, dass noch keine evidenzbasierte Aussage darüber getroffen werden kann, dass CE-Krafttraining zu einer Verbesserung des ROM führt und weitere Untersuchungen notwendig sind, bevor die Implementierung der CE in die klinische Praxis empfohlen werden kann.

4.2 Studie 2 von Farthing et al. (2011)

Titel

Changes in functional magnetic resonance imaging cortical activation with cross education to an immobilized limb.

Ziel der Studie

Primärziel der Studie war es, mittels funktioneller Magnetresonanztomographie (engl.: functional magnetic resonance imaging, fMRI) die kortikale Aktivität in Verbindung mit einem CE-Effekt an einer immobilisierten Extremität zu beurteilen. Weiter galt es sekundär, den auftretenden Effekt auf die immobilisierte Extremität durch kontralaterales Handkrafttraining zu quantifizieren.

Methodik

Es wurde ein „between-within mixed design“ verwendet. Da vor und nach einer dreiwöchigen Intervention gemessen wurde, ist die Studie nach einem pre-/post-Design durchgeführt. 14 Probandinnen und Probanden wurden in eine Interventionsgruppe (CAST-TRAIN, n=7; m=6, w=1) und eine Kontrollgruppe (CAST, n=7; m=1, w=6) aufgeteilt. Aus Gründen der besseren Planung wurden die ersten sieben Probanden und Probandinnen in die Interventionsgruppe, die weitere sieben in die Kontrollgruppe eingeteilt. Hinsichtlich des Geschlechts wurden die beiden Gruppen gematcht. Eingeschlossen in die Studie wurden Personen mit einer dominanten, rechten Hand, ohne unilaterale Verletzungen der oberen Extremität, die bisher wenig Erfahrung mit Krafttraining der oberen Extremität hatten. Beide Gruppen erhielten einen Standardgipsverband am nichtdominanten, linken Handgelenk für 21 Tage. Die Interventionsgruppe führte über drei Wochen jeweils fünf Tage pro Woche ein isometrisches Handkrafttraining der nichtimmobilisierten, rechten Hand aus. Messungen wurden vor und nach der Intervention durchgeführt. Outcomeparameter war die maximale isometrische Muskelaktivierung (EMG), die isometrische Handkraft (Handkraftdynamometer), die Muskeldicke (Ultraschall) und die kortikale Aktivierung vor und nach der Intervention mittels funktioneller Magnetresonanztomografie (engl.: functional magnetic resonance imaging, fMRI). Alle Parameter wurden für die linke und rechte obere Extremität erhoben.

Ergebnisse

Alle 14 Probanden und Probandinnen wurden in die finale Datenanalyse eingeschlossen. Das Signifikanzniveau wurde für $P < 0,05$ festgelegt. In der Interventionsgruppe konnte im pre-post Vergleich kein signifikanter Unterschied und somit ein Krafterhalt (Kraftzuwachs: +0,8%, $P = 0,765$) in der immobilisierten Extremität und ein damit verbundenes erhöhtes Aktivitätsvolumen im kontralateralen Motorkortex festgestellt werden. In der Kontrollgruppe reduzierte sich die Handkraft der immobilisierten Extremität signifikant um 11% und es konnte keine Veränderung der Aktivität im kontralateralen Motorkortex nachgewiesen werden.

Schlussfolgerung

Krafttraining der nichtbetroffenen, dominanten Extremität führt zu einem Krafterhalt in der betroffenen Extremität, wohingegen kein Krafttraining zu einem Kraftverlust in der betroffenen Extremität führt. Die Autoren und Autorinnen schlussfolgern, dass ein Krafttraining der nicht verletzten Extremität das Potenzial hat, die Genesung der verletzten Extremität durch Minderung des Kraftverlustes jener Extremität zu verbessern.

4.3 Studie 3 von Pearce et al. (2013)

Titel

Corticospinal adaptations and strength maintenance in the immobilized arm following 3 weeks unilateral strength training.

Ziel der Studie

Ziel der Autoren und Autorinnen war es, die kortikospinalen Adaptionen vor und nach einer dreiwöchigen Immobilisation in Bezug auf unilaterales Krafttraining der Ellbogenflexoren bei gesunden Personen mithilfe von TMS Messungen zu quantifizieren.

Methodik

In Setting eines Vorher-Nachher-Studiendesigns wurden 28 gesunde Probanden und Probandinnen im Alter zwischen 16-34 Jahren in zwei Interventionsgruppen und eine Kontrollgruppe ($n=10$; $m/w=5$) aufgeteilt. Bei den Teilnehmenden der beiden Interventionsgruppen wurde der nichtdominante, linke Arm mithilfe einer

Standardschlinge für drei Wochen immobilisiert. Die erste Interventionsgruppe (Immob + train, n=9; m=4, w=5) musste dreimal wöchentlich ein spezifisches Krafttraining für die Ellbogenflexoren des rechten Armes durchführen. Die zweite Interventionsgruppe (Immob, n=9; m=4, w=5) wurde angehalten, ihren normalen Tagesabläufen und -aktivitäten nachzukommen. Beide Interventionsgruppen durften während den drei Wochen jedoch keine Motorfahrzeuge lenken oder physische Arbeit verrichten. Die Schlinge durfte nur zum Schlafen und für die Körperpflege (bathing) abgenommen werden. Vor und nach der Interventionsphase wurden bei den Probanden und Probandinnen Testuntersuchungen durchgeführt, um Daten zu Kraft (1RM und MVC), Muskeldicke (in Millimeter) und kortikospinaler Erregbarkeit (durch TMS) zu erheben.

Ergebnisse

Das Signifikanzniveau wurde für $P < 0,05$ festgelegt. Anhand Post-hoc-Tests wurden signifikante Effekte in den Bereichen Kraftveränderung, Muskeldicke und kortikospinale Mechanismen verzeichnet. So konnte eine signifikante Kraftabnahme des linken Armes in der Immob-Gruppe nach der dreiwöchigen Immobilisationsphase anhand des 1RM und des MVC beobachtet werden. Im Gegensatz dazu wurde bei der Immob + train-Gruppe im immobilisierten Arm kein statistisch signifikanter Unterschied zu der Kraft festgestellt. Ähnlich verhielten sich auch die Resultate in Bezug auf die Muskeldicke im linken Arm nach den drei Wochen. Auf der nichtbetroffenen, rechten Seite konnte in der Immob + train-Gruppe eine signifikante Zunahme des Durchmessers in Millimetern gemessen werden, während sich die Muskeldicke in der Immob-Gruppe nicht wesentlich verändert hat. Auch in Bezug auf die neurophysiologischen Prozesse haben die Post-hoc-Analysen ergeben, dass sich die kortikospinale Erregung in der Immob-Gruppe nach allen Stimulationsintensitäten verminderte, während sich die kortikospinale Erregung in der Immob + train-Gruppe über alle Intensitäten signifikant verstärken konnte.

Schlussfolgerung

Pearce et al. konnten aufzeigen, dass unilaterales Krafttraining der nichtbetroffenen Extremität die Kraft und Muskeldicke der kontralateralen, homologen Muskelgruppe erfolgreich aufrechterhalten konnte. Gemäss den Autoren und Autorinnen präsentiert diese Studie erste Evidenz zu der Erhaltung von Kraft und kortikospinaler Erregung

als Resultat von unilateralem Krafttraining im Sinne der CE. Aufgrund der Limitierungen der Studie, vor allem in Bezug auf Spiegel-EMG-Messungen, konnten die Autoren und Autorinnen noch keine spezifische Angabe zu den direkten kortikospinalen Abläufen machen.

Die Implikationen für die physiotherapeutische Praxis beziehen sich hauptsächlich auf die CE als ergänzende Rehabilitationsstrategie. Abgesehen von Empfehlungen für weitere Untersuchungen werden keine Implikationsmöglichkeiten bezüglich der kortikospinalen Mechanismen in der Studie aufgezeigt. Dennoch wird darauf hingewiesen, dass die Evidenzlage der neurophysiologischen Prozesse hinter der Erhaltung von Kraft und Muskelstruktur während einer Immobilisation stets wächst und somit das Prinzip der CE klinisch immer relevanter wird.

4.4 Studie 4 von Arai et al. (2001)

Titel

Effects of the use of cross-education to the affected side through various resistive exercises of the sound side and settings of the length of the affected muscles.

Ziel der Studie

In dieser Studie galt es herauszufinden, welche Art von Krafttraining der gesunden Extremität die effektivste CE im Sinne von Kraft und elektrischer Aktivität des betroffenen Muskels bewirkt. Dies sollte im Zusammenhang mit orthopädischen Patienten und Patientinnen nach Immobilisation einer unteren Extremität eruiert und in Bezug auf verschiedene Kniegelenkwinkel analysiert werden.

Methodik

Bei dieser Studie handelt es sich um ein Querschnitts-Design ohne Kontrollgruppen. Die Stichprobe bestand aus sechs orthopädischen Patienten und Patientinnen (davon 4 Tibiafrakturen, eine Tibiaosteotomie und eine HKB Ruptur), im Alter von 32 – 61 Jahren (m=4, w=2), ohne Vorkenntnisse zu CE oder möglichen Transfereffekten, sowie ohne neuromuskuläre Erkrankungen. Die betroffenen Extremitäten wurden in der Folge für eine Zeitspanne von 41-82 Tagen immobilisiert. Zur Zeit der Studiendurchführung war die Immobilisationsphase bereits zu Ende. Zwischen dem Ende der Ruhigstellung und dem Zeitpunkt der Studierhebung vergingen 5-25 Tage. Sämtliche Probanden und Probandinnen führten unilateral auf

der gesunden Seite einmalig sechs verschiedene Übungen und Bewegungsmuster in je drei Kniegelenkwinkeln (20°, 40°, 60°) aus, wobei die maximale willkürliche Leistung der Knieextensoren (MVC, maximale torque) und die elektrische Spannung mittels integriertem EMG aufgezeichnet wurden. Die sechs dynamischen (PNFER movement, PNFIR movement, ST movement) und statischen (N position, PNFER position und PNFIR position) Interventionen sind im Anhang detailliert beschrieben (Anhang B).

Ergebnisse

Alle sechs Interventionen, die auf der nichtbetroffenen Seite mit jeweils 10% des MVC durchgeführt wurden, bewirkten eine Muskelaktivität in der kontralateralen homologen Muskelgruppe. Die Autoren und Autorinnen haben festgestellt, dass eine unmittelbare CE signifikant von der Art des Bewegungsmusters der gesunden Extremität abhängig ist. Die Analysen haben signifikante Effekte für die verschiedenen Übungen in Bezug auf das maximale torque und elektrische Stimulation ergeben, konnten jedoch keine Signifikanz der jeweiligen Kniegelenkwinkel aufzeigen. Grundsätzlich wurden die Bewegungsinterventionen (1-3) mittels Post-Hoc-Tests als signifikant effizienter beschrieben als die isometrischen Übungen (4-6).

Schlussfolgerung

Die Autoren und Autorinnen kamen zum Schluss, dass das PNFIR movement, welches sich aus abwechslungsweise KG-EXT mit HG-IR und KG-Flex mit HG-AR zusammensetzt, einen signifikanten Effekt der CE auf die betroffene Extremität aufweist. Anhand der zitierten Studien und der eigenen evaluierten Ergebnisse erklären Arai et al. (2001), dass die CE durch das Muster des PNFIR movements der gesunden Seite im untrainierten M. rectus femoris der Gegenseite auf eine effiziente Fazilitation der zentralen Ansteuerungsmechanismen zurückzuführen ist. Das PNFIR movement kann den Zustand der neuralen Adaptionen aufgrund der Immobilisation verändern, was mittels integriertem EMG ersichtlich sei. Die Autoren und Autorinnen vermuten, dass diese Intervention im klinischen Setting zur Stimulation des Nervensystems beitragen und den Verlust an funktionellen motorischen Einheiten nach Immobilisation einer Extremität verringern kann.

Tabelle 5 Outcomes (verwendete Messmethode) und klinischer Bezug, gemäss den Autoren und Autorinnen der jeweiligen Studie.

Studie	Outcomes (Methode)	Klinischer Bezug
Magnus et al. (2013)	<ul style="list-style-type: none"> - isometrische maximale Handkraft (MVC) - aktive ROM (Goniometer) - Schmerz & Funktion (Patient Rated Wrist Evaluation (PRWE)) 	<ul style="list-style-type: none"> - sowohl die Kontroll- als auch die Interventionsgruppe zeigten eine klinisch relevante Verbesserung im PRWE - nach Wissensstand der Autoren und Autorinnen der Studie erste RCS, welche verstärkenden Effekt durch CE auf die Kraft der betroffenen Extremität bei Patienten mit einer Fraktur einer Extremität aufzeigt (Auswirkungen auf Rehabilitationsprotokolle bei unilateralen Verletzungen einer Extremität möglich) - evidenzbasierte Aussage zur Verbesserung der ROM durch CE-Krafttraining noch nicht möglich - weitere Untersuchungen notwendig, bevor die Implementierung der CE in die klinische Praxis empfohlen werden kann
Farthing et al. (2011)	<ul style="list-style-type: none"> - maximal isometrische Muskel Aktivierung (EMG) - isometrische Handkraft (MVC) - Muskeldicke (Ultraschall) - kortikale Aktivierung (fMRI) 	<ul style="list-style-type: none"> - Krafttraining der nicht verletzten Extremität hat das Potenzial die Genesung der verletzten Extremität zu verbessern, da der durch die Immobilisation verursachte Kraftverlust der betroffenen Extremität reduziert wird
Pearce et al. (2013)	<ul style="list-style-type: none"> - Maximalkraft (1RM und MVC) - Muskeldicke (Ultraschall) - neurophysiologische Mechanismen (TMS-Messungen und M-Wellen, EMG) 	<ul style="list-style-type: none"> - Empfehlung für weitere Studien mit pathologischen, immobilisierten Extremitäten - Implikationen für die physiotherapeutische Praxis beziehen sich hauptsächlich auf die CE als alternative Rehabilitationsstrategie (wachsende Evidenzlage neurophysiologischer Prozesse hinter CE)
Arai et al. (2001)	<ul style="list-style-type: none"> - maximale willkürliche Kraft (MVC) - elektrische Muskelaktivierung (EMG) 	<ul style="list-style-type: none"> - PNFIR movement kann den Zustand der neuralen Adaptionen aufgrund der Immobilisation verändern, ersichtlich durch integriertes EMG. Einsetzbarkeit im klinischen Setting möglich, da vermutlich Verlust an funktionellen motorischen Einheiten nach Immobilisation einer Extremität verringert werden kann

4.5 Bewertung durch eigenes Punktesystem

Die Studien 1 (Magnus et al., 2013) und 3 (Pearce et al., 2013) erzielten die höchsten Ergebnisse mit je 17 von 21 Punkten. Die Studie 4 (Arai et al., 2001) wurde mit 16 Punkten bewertet. Das niedrigste Ergebnis erzielte die Studie 2 (Farthing et al., 2011) mit 12 von 21 Punkten. Das gesamte ausgefüllte Formular ist dem Anhang beigelegt (Anhang C).

5 Diskussion

Im Folgenden sollen die Ergebnisse der in Kapitel 4 vorgestellten Studien anhand einer kritischen Beurteilung und dem Punktesystem diskutiert, sowie die Resultate verglichen werden. Zudem soll ein direkter Bezug zu der Fragestellung hergestellt und der Transfer von der Theorie in die Praxis erläutert werden. Abschliessend werden die Limitationen der Arbeit aufgezeigt und ein zusammenfassendes Fazit gezogen.

5.1 Kritische Beurteilung

5.1.1 Punktesystem

Obwohl die Studien von Magnus et al. (2013) und Pearce et al. (2013) mit jeweils 17 Punkten von den Autoren dieser Arbeit als qualitativ hochwertig angesehen werden, erreichen die vier ausgewählten Studien zwischen 12 und 17 Punkte und erzielen somit im Durchschnitt ein mittelmässiges Ergebnis. Die Punktvergabe wurde von beiden Autoren gemeinsam für alle vier Studien durchgeführt. Die Entscheidung, ob eine Frage mit *ja* oder *nein* beantwortet wurde, konnte nicht für alle Fragen eindeutig getroffen werden. Aufgrund der fehlenden Prüfung auf Reliabilität des Punktesystems besteht die Möglichkeit, dass die Evaluation durch andere Personen zu abweichenden Ergebnissen führen könnte. Weiter sollte die Interpretation des Punktesystems unter Berücksichtigung der fehlenden Validitätsprüfung eher kritisch erfolgen.

Alle vier Studien erreichen 4/4 Punkte für die jeweiligen Einleitungen. Die Notwendigkeit der Studien wird unter Angaben der wichtigsten Hintergrundliteratur gerechtfertigt und die vorangegangene Problemstellung aufgezeigt. In allen vier Studien wird ein klares Ziel formuliert. Die hohe Punktzahl zur Einleitung aller Studien lässt darauf schliessen, dass die Studien auf einem wissenschaftlich fundierten und relevanten Kontext basieren.

Der Methodenteil weist in vielen Aspekten deutliche Mängel auf. Keine der vier Studien macht klare Angaben zu der Validität der verwendeten Messmethoden. Deshalb ist dies besonders bei den beiden Studien von Magnus et al. (2013) und Arai et al. (2001), die Probanden und Probandinnen mit Pathologie untersuchten, für die Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen. Grund dafür, dass keine

Angaben zu der Validität gemacht wurden, könnte die Tatsache sein, dass nach Kenntnisstand der Autoren und Autorinnen der Studien noch keine vergleichbaren Studiendesigns existieren und folglich eine Validierung in diesem Setting nicht möglich wäre.

Lediglich die Studie von Magnus et al. (2013) beschrieb die Strichprobenauswahl detailliert genug, sodass dieser Vorgang nachvollziehbar war. Bei den anderen drei Studien ist nicht ersichtlich, ob die Teilnehmenden freiwillig an der Studie teilgenommen haben, aus welchem Personenkreis sie rekrutiert wurden und/oder wie diese Rekrutierung stattgefunden hat. Diese Kriterien können zum Beispiel Auswirkung auf die Motivation der Probanden und Probandinnen und somit Einfluss auf die Ergebnisse haben. Zudem begründet die Studie von Magnus et al. (2013) als ebenfalls einzige die gewählte Stichprobengrösse. Grund dafür, dass in der Studie von Farthing et al. (2011) eine solche Poweranalyse nicht durchgeführt wurde, könnte der grosse Aufwand für die Probanden und Probandinnen sowie der zeitliche und materielle Aufwand für das Forschungsteam sein. Das Nicht-Begründen der gewählten Stichprobengrösse wie es in den Studien von Farthing et al. (2011), Pearce et al. (2013) und Arai et al. (2001) der Fall ist, kann zur Folge haben, dass die Stichprobengrösse für die verwendeten Analysemethoden zu klein war.

Die vier Studien erfüllen im Ergebnisteil zwar alle Kriterien, jedoch sollten die im oberen Absatz angesprochenen Mängel hinsichtlich Stichprobengrösse und fehlender Validität der Messmethoden bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

In den Studien von Magnus et al. (2013) und Pearce et al. (2013) sind die Limitationen der Studie klar beschrieben, wohingegen diese in den Studien von Farthing et al. (2011) und Arai et al. (2001) fehlen. Durch das Wissen der Autoren und Autorinnen über die Limitationen der eigenen Studie konnten diese besser reflektiert und kritisch hinterfragt werden. Dies nimmt einen wichtigen Punkt in der Diskussion der beiden erstgenannten Studien ein. Schwachstellen, wie beispielsweise die fehlende Kontrolle der im Rahmen des Heimprogrammes ausgeführten Übungen der Interventionsgruppe in der Studie von Magnus et al. (2013), können durch mangelhafte Selbstkritik leicht übersehen und möglicherweise in einer nächsten Studie wiederholt werden. Zu erwähnen ist, dass keine der beiden

Studien, welche die Limitationen beschreiben, die fehlende Validierung der verwendeten Messmethoden aufzeigt.

Die klinische Relevanz wurde mit Ausnahme der Studie von Farthing et al. (2011) in allen Studien klar erläutert. Da es in dieser Studie jedoch Primärziel war, die kortikale Aktivität in Verbindung mit einer CE zu der immobilisierten Extremität mittels MRI zu beurteilen, ist dieser Aspekt in Bezug auf die Studie kein offensichtlicher Schwachpunkt. Wichtig ist, dass sich die Ergebnisse aller vier Studien auf die Fragestellung beziehen, welche in dieser Arbeit aufgestellt wurde, auch wenn dies bei der Studie von Farthing et al. (2011) nur auf die Sekundärziele zutrifft.

5.1.2 Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien

Das *Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien* nach Law et al. (1998) ermöglicht eine themenspezifische Analyse zu der Durchführung und zum Aufbau der jeweiligen Studien. Es zeigt die Stärken und Limitationen direkt auf und gibt ein Bild über die allgemeine und detaillierte Qualität ab. Dies ist nötig, um eine konkrete Antwort auf die Fragestellung dieser Arbeit zu liefern und basiert auf homogenen Informationen, die wissenschaftlich untermauert sind. Im Gegensatz zu dem Punktesystem, das eine grobe Beantwortung einzelner Elemente von Law et al. (1998) lediglich mit *ja* und *nein* beantwortet, ermöglicht dieses Formular qualitative Beurteilungen, ohne dies mit einer Punktzahl zu quantifizieren. Die Studie von Arai et al. (2001) erlangt im Punktesystem beispielsweise eine hohe Punktzahl, jedoch sind durch den Bewertungsbogen von Law et al. (1998) deutliche Mängel ersichtlich. Diese Defizite zeigen sich unter anderem in den systemischen Verzerrungen. Eine Begründung zu der kleinen Stichprobengrösse und Angaben über das Auswahlverfahren der Probanden und Probandinnen fehlen beispielsweise gänzlich. Somit ist nicht ersichtlich, auf welche Art und Weise oder in welchem Setting die Testpersonen rekrutiert wurden, wodurch die Äquivalenz in Frage gestellt wird. Was während der Zeitspanne zwischen Immobilisation und Studienerhebung geschehen ist, respektive ob und in welchem Umfang die Probanden und Probandinnen eine physiotherapeutische Behandlung erhielten, wurde ebenfalls nicht genannt. Ähnliche Defizite zeigten sich auch bei den Stichproben von Farthing et al. (2011) und Pearce et al. (2013). Informationen zu den einzelnen Personen wurden zwar detailliert angegeben, jedoch fehlen sämtliche Hinweise zu der Rekrutierung.

Das Studiendesign wird durch den Fragebogen von Law et al. (1998) ebenfalls genauer analysiert. Es wird eine Beschreibung des verwendeten Designs verlangt und eine Antwort darauf, ob diese der Studienfrage entspricht. Begründungen und Rechtfertigungen für alternative Designs können angegeben und somit in die Bewertung eingegliedert werden. Diese Vorgehensweise verhindert ein striktes „Schwarz/Weiss-Denken“. Alle vier analysierten Studien unterscheiden sich in ihren Designs. So handelt es sich bei Magnus et al. (2013) um ein RCT, was in einem klinischen Setting zur CE durchaus erstrebenswert ist (Bothwell, Greene, Podolsky & Jones, 2016). Das Vorgehen nach den Massstäben einer RCT gewährleistet, dass Ausreisser in den verschiedenen Gruppen gleich verteilt werden und somit die Äquivalenz zwischen den Stichproben gegeben ist. Dies ermöglicht das Treffen einer induktiven Aussage mit allgemeiner Gültigkeit. Die Studie von Pearce et al. (2013) wurde zwar im Gegensatz zu Magnus et al. (2013) mit zwei Interventionsgruppen und einer Kontrollgruppe durchgeführt, jedoch wurde dort keine Randomisierung vollzogen. Aus diesem Grund handelt es sich hierbei nicht um eine RCT, sondern um eine klassische Vorher-Nachher-Studie. Die Arbeit von Farthing et al. (2011) ist in einer ähnlichen Art aufgebaut, wobei hier der Vergleich zwischen den beiden Gruppen zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten stattgefunden hat. Arai et al. (2001) vollzogen eine Querschnittsstudie, indem sie die Probanden und Probandinnen einmalig während verschiedenen Interventionen untersucht haben. Die Interventionen wurden schliesslich untereinander auf ihre Wirksamkeiten verglichen. In einem physiotherapeutischen Setting sind Momentaufnahmen, wie bei einer solchen Querschnittsstudie, nur eingeschränkt von Nutzen. Je nach Definition der CE müsste allenfalls eine Studie mit Datenerhebungen über einen längeren Zeitraum erstellt und in jedem Fall mit einer Kontrollgruppe verglichen werden. Auch bezüglich der Interventionen unterscheidet sich die Studie von Arai et al. (2001) wesentlich von den anderen drei Studien. So wurde in diesen Untersuchungen kein direktes und repetitives Krafttraining, sondern vielmehr isolierte Bewegungs- und Halteübungen gegen Widerstand ausgeführt. Ausserdem wurden primär die neurophysiologischen Muskelaktivitäten mittels IEMG gemessen und nur sekundär auf die MVC eingegangen. Der Bezug zu den genannten Faktoren kann nur in Form eines qualitativen Beurteilungsbogens ersichtlich gemacht werden. Deshalb erschien es für die Autoren dieser Arbeit wesentlich, dass das Punktesystem mit einem Formular wie dem von Law et al. (1998) kombiniert wird.

5.1.3 Gemeinsamkeiten und Unterschiede

Mithilfe des Punktesystems und des Formulars von Law et al. (1998) zeigte sich generell eine grosse Heterogenität der vier Studiendesigns und deren Methoden, wodurch die Interpretation der gemeinsamen Ergebnisse erschwert wird. Auch hinsichtlich einer Beantwortung der vorangehenden Fragestellung dieser Arbeit ist es wichtig, Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Studien darzustellen.

Zwischen den vier Studien gibt es erhebliche Unterschiede bezüglich der Art, der Dauer und der Durchführung der Intervention. Drei der vier Studien führten zwar ein isometrisches Krafttraining durch, jedoch gab es Unterschiede in der Muskelgruppe, der Dosierung und der Dauer des Trainings. Arai et al. (2001) führten verschiedene PNF Bewegungen durch. Auch unterscheiden sich die Studien dahingehend, ob die dominante oder nichtdominante Seite untersucht wurde. Farthing et al. (2009) vermuten, dass ein Training der dominanten Extremität zu einem höheren Transfer durch CE führt als es ein Training der nicht-dominanten Extremität vermag. Hendy et al. (2012) beschreiben, dass es in der unteren Extremität vermutlich zu einem höheren Kraftverlust als in der oberen Extremität kommt. Als weitere Einflussfaktoren werden das Alter und das Geschlecht der Patienten und Patientinnen sowie die Dauer und die Art der Immobilisation beschrieben. Die Dauer der Immobilisation reichte von minimal 21 Tagen (Farthing et al., 2011; Pearce et al., 2013) über 40 Tage (Magnus et al., 2013) bis zu 41-82 Tagen (Arai et al., 2001). Die Probanden und Probandinnen in der Studie von Pearce et al. (2013) erhielten im Vergleich zu der Studie von Farthing et al. (2011) keinen Gips, sondern lediglich eine Schlinge und durften diese in der Nacht und zur Körperpflege abnehmen. Dies könnte aufgrund der grösseren Aktivitätsmöglichkeiten zu einem geringeren Effekt durch die Immobilisation auf die Muskulatur führen. Solche Faktoren erschweren den direkten Vergleich der Resultate dieser Studien, da der Kraftverlust im Studienvergleich variiert und die erhobenen Kraftmessungen nach der Immobilisation somit verfälscht werden können.

Eine Problemstellung, die die Studien mit einer Immobilisation gemeinsam haben, ist, dass Messungen beider Extremitäten während der Immobilisation nicht durchgeführt werden können. Magnus et al. (2013) haben deshalb erst ab der 6. Woche, also zum Zeitpunkt des Entfernens des Gipses, die Messungen in die Analyse miteinbezogen. Die Studie mit Immobilisation einer gesunden Extremität (Farthing et al., 2011)

konnte baseline-Messungen durchführen und diese mit den post-Messungen vergleichen. Dadurch konnte ein Krafterhalt der immobilisierten Extremität in der Interventionsgruppe und eine Kraftabnahme in der Kontrollgruppe nachgewiesen werden. Bei den Studien mit Pathologie war dies nicht möglich, weshalb lediglich ein Vergleich zwischen den Gruppen durchführbar war, jedoch kein pre-/ post-Vergleich innerhalb einer Gruppe. Magnus et al. (2013) führten zwar baseline-Messungen durch, ersetzen jedoch die Kraftwerte der immobilisierten Extremität mit dem Wert des nichtbetroffenen Arms, was womöglich zu einer Verfälschung der Ergebnisse geführt haben könnte.

5.2 Bezug zu der Fragestellung

In Kapitel 1.2 wurde die Fragestellung formuliert, welchen Einfluss die CE auf die Rehabilitation von orthopädischen Patienten und Patientinnen mit Immobilisation einer Extremität hat und welche Outcomeparameter verwendet werden. Folgend sollen die Ergebnisse in Bezug zu den Parametern und dem Einfluss der CE diskutiert werden.

5.2.1 Outcomeparameter

Die verwendeten Outcomes sind in Tabelle 5 im Kapitel 4.4 aufgelistet. Die Gemeinsamkeiten, Unterschiede und Besonderheiten der Parameter sollen in diesem Kapitel diskutiert werden. Als gemeinsamen Parameter erheben alle vier Studien die isometrische maximale Kraft (MVC). Magnus et al. (2013) und Farthing et al. (2011) erheben jedoch die Kraft der Finger-, Hand und Unterarmmuskulatur mittels eines Handkraftdynamometers, wohingegen Pearce et al. (2013) ein Krafttraining des Ellenbogenbeugers durchführten und die Kraft des M. biceps brachii gemessen haben. Arai et al. (2001) untersuchten als einziges Forschungsteam die untere Extremität und erfassten die maximal willkürliche Kraft der Knieextensoren. Nur Magnus et al. (2013) erheben die ROM und zusätzlich den Schmerz sowie die Funktion mittels des PRWE-Fragebogens.

Hendy et al. (2012) schreiben in ihrem Review über die Wichtigkeit des Verständnisses der Mechanismen hinter der CE, um diese bei Patientinnen und Patienten mit unilateraler, muskuloskelettaler Pathologie in die Rehabilitation zu integrieren. Arai et al. (2001), Farthing et al. (2011) und Pearce et al. (2013) untersuchten die Muskelaktivierung anhand von EMG-Messungen, sowie

neurophysiologischen Mechanismen des ZNS mittels fMRI (Farthing et al., 2011) und TMS (Pearce et al., 2013). Beide Studien konnten eine CE in Verbindung einer neurophysiologischen Veränderung im ZNS aufweisen.

Um strukturelle Differenzen zu quantifizieren, haben Farthing et al. (2011) und Pearce et al. (2013) zusätzlich die Muskeldicke und deren Veränderungen in Millimeter anhand des Ultraschalls gemessen.

5.2.2 Einfluss durch die CE

Zunächst muss erwähnt werden, dass sich das Primärziel der Untersuchungen von Farthing et al. (2011) nicht mit der in dieser Arbeit formulierten Fragestellung deckt. Da jedoch die Sekundärziele, inklusive sekundäre Outcomeparameter und das gesamte Studiendesign das Potential hatte, eine Antwort auf die Fragestellung geben zu können, wurde diese Studie miteinbezogen. Wichtig zu beachten ist, dass zwei der vier Studien keine Pathologien als Einschlusskriterium hatten. Die Fragestellung dieser Arbeit bezieht sich hingegen auf Patienten und Patientinnen mit einer orthopädischen Pathologie. Das heisst, die Interpretation der Ergebnisse der Studien von Farthing et al. (2011) und Pearce et al. (2013), die zur Antwortfindung auf die Fragestellung einbezogen wurden, sollten unter Berücksichtigung dieser Tatsache geschehen. Hauptunterschied zwischen Probanden und Probandinnen welche eine gesunde Extremität immobilisiert bekommen und Teilnehmenden mit einer immobilisierten Extremität infolge einer Pathologie ist vermutlich das Aktivitätsniveau in der immobilisierten Muskulatur. Es ist möglich, dass gesunde Probanden und Probandinnen die Muskulatur der betroffenen Hand trotzdem statisch nutzen und somit aktivieren. Keine der Studien mit gesunden Probanden und Probandinnen hat diesen Faktor, beispielsweise mittels EMG, überprüft. Eine erhöhte Muskelaktivität der immobilisierten Extremität könnte bei den Studien mit gesunden Personen zu einem erhöhten Effekt durch kontralaterales Krafttraining auf die immobilisierte Seite und somit zu einer CE führen. Ein weiterer Unterschied stellt die Motivation der Probanden und Probandinnen dar. Es kann vermutet werden, dass sich die Aussicht auf einen möglichen verbesserten Therapieerfolg bei Personen mit einer tatsächlichen Pathologie positiv auf die Motivation auswirkt, wohingegen bei gesunden Teilnehmenden diesbezüglich eine geringere Motivation vermutet werden kann.

Alle vier Studien konnten zeigen, dass ein Training im Sinne der CE einen signifikanten, positiven Effekt auf die kontralaterale Extremität hat. Farthing et al. (2011) und Pearce et al. (2013) konnten in der Interventionsgruppe einen Krafterhalt (+0,8%; +2.7%) nach dreiwöchiger Immobilisation in dem gemessenen Muskel der betroffenen Extremität nachweisen. Bei Farthing et al. (2011) reduzierte sich die Kraft in der Kontrollgruppe um 11% und bei Pearce et al. (2013) um 5.7%. Arai et al. (2001) konnte ebenfalls eine Verbesserung der Kraft, jedoch im Sinne eines maximalen Drehmomentes feststellen. Diese Ergebnisse bestätigen die Erkenntnisse aus früheren Studien von Farthing et al. (2009) und Magnus et al. (2010), welche ebenfalls einen Krafterhalt im immobilisierten Muskel feststellen konnten. Aufgrund der geringen Stichprobengrösse (n=6), dem Fehlen einer Kontrollgruppe, ausbleibenden Vergleichsmessungen vor der Immobilisation und mangels trainingswirksamen Reizen durch Krafttraining ist die Studie von Arai et al. (2001) trotz einer überdurchschnittlichen Punktzahl von deutlich geringerer Qualität und die Resultate deshalb weniger stark zu gewichten, als die Ergebnisse der anderen drei analysierten Studien.

Farthing et al. (2011) konnten aufgrund der durchgeführten Ultraschallmessung zu einer Quantifizierung der Muskeldicke zeigen, dass die Immobilisation sowohl in der Interventions- als auch der Kontrollgruppe zu einer signifikanten Abnahme (-3,3%) der Muskeldicke des immobilisierten, linken Arms in der post-Messung führte. Zum einen konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen für beide Extremitäten festgestellt werden. Zum anderen wurde im pre/-post Vergleich innerhalb beider Gruppen für den rechten, trainierenden Arm kein Unterschied der Muskeldicke festgestellt, was darauf schliessen lässt, dass das durchgeführte Maximalkrafttraining zu keiner messbaren Hypertrophie dieser Muskelgruppe führte. Die Erkenntnis, dass für den immobilisierten, linken Arm in beiden Gruppen nach der Intervention eine Abnahme der Muskeldicke, jedoch nur in der Interventionsgruppe auch ein Erhalt der Kraft gemessen werden konnte, lässt vermuten, dass das Krafttraining im Sinne einer CE zu einem Krafterhalt führt, welcher jedoch nicht auf muskuläre Mechanismen (z.B. Hypertrophie) sondern auf neurophysiologische Prozesse zurück zu führen ist. Dem gegenüber stehen die Ergebnisse von Magnus et al. (2010), die sowohl einen Krafterhalt als auch eine Zunahme der Muskeldicke durch kontralaterales Krafttraining nachweisen konnten.

Die Evidenz von präoperativem Krafttraining bei Personen mit orthopädischen Operationsindikationen ist unter anderem durch eine Steigerung der Kraft gegeben. Dieses Training kann sich positiv auf die funktionelle Genesung sowie auf einen verkürzten Klinikaufenthalt auswirken (Vogt & Giesche, 2017). Ähnlich wie ein präoperatives Training könnte die CE genutzt werden, um vor dem möglichen Start des Krafttrainings, also nach der Immobilisation, bereits ein erhöhtes Kraftniveau als Ausgangswert zu haben. Leider sind den Autoren dieser Arbeit keine Studien bekannt, welche solche Parameter, wie funktionelle Genesung, Rückkehr in den Berufsalltag, Sport oder Dauer der Hospitalisation untersuchen.

Magnus et al. (2013) konnten trotz Kraftzuwachs durch CE keine signifikante Verbesserung im PRWE nachweisen. Sie folgern daraus, dass keine Ergebnisse auf einen Effekt durch CE auf Funktion und Schmerz hinweisen und darüber hinaus noch keine evidenzbasierte Aussage darüber getroffen werden kann, dass ein Krafttraining im Sinne der CE zu einer Verbesserung des ROM führt.

5.3 Transfer in die Praxis

In der Tabelle 5 in Kapitel 4 ist der klinische Bezug beschrieben, welchen die Autoren und Autorinnen der einzelnen Studien anhand ihrer Ergebnisse hergestellt haben. Mit Ausnahme der Studie von Farthing et al. (2011) hatten sämtliche Studien zum Zweck, den Effekt durch CE auf die betroffene Extremität zu untersuchen, um eine Empfehlung zum Nutzen der CE bei immobilisierten Patienten mit unilateralen Verletzungen abzugeben. Magnus et al. (2013) und Pearce et al. (2013) schlussfolgern aus ihren Ergebnissen, dass weitere Studien notwendig sind, um die Implementierung der CE, im Sinne eines Krafttrainings der nichtbetroffenen Extremität, in die Rehabilitation von Patienten mit einer unilateralen Immobilisation zu empfehlen. Aussagen oder Empfehlungen zur Art und zum Belastungsgefüge des Krafttrainings werden nicht gemacht. Arai et al. (2001) schlussfolgern, dass PNFIR Bewegungen im klinischen Setting zu einer Verminderung des Kraftverlusts während einer Immobilisierung führen können. Farthing et al. (2011) geben keine Empfehlungen ab, rechnen der CE als unilaterales Krafttraining aber das Potenzial zu, die Genesung der betroffenen Extremität durch den reduzierten Kraftverlust positiv zu beeinflussen. Magnus et al. (2013) begründen die fehlende Empfehlung der Implementierung von unilateralem Krafttraining in die Rehabilitation von

Patienten und Patientinnen mit unilateralen Pathologien und Immobilisation mit der Tatsache, dass es zu wenige RCTs gibt, die ihrem Studiendesign entsprechen und die Ergebnisse bestätigen können.

Die Autoren dieser Arbeit schliessen sich dem allgemeinen Konsens der Autoren und Autorinnen der vier untersuchten Studien an. Um eine evidenzbasierte Empfehlung zur Implementierung der CE im Sinne eines unilateralen Krafttrainings in die Rehabilitation von orthopädischen Patienten mit unilateraler Immobilisation geben zu können, bedarf es weiterer Studien mit pathologischen Patienten und Patientinnen und zusammenhängender Immobilisation. Da nach dem Kenntnisstand der Autoren dieser Arbeit bis zum aktuellen Zeitpunkt keine negativen Effekte durch ein unilaterales Krafttraining der nichtbetroffenen Extremität verzeichnet werden konnte, kann die Implementierung, gerade bei aktiven und motivierten Patienten, dennoch nahegelegt werden.

Weiter sollten vermehrt auch Langzeitstudien durchgeführt werden, die den gesamten Genesungsprozess der betroffenen Teilnehmenden begleiten und Parameter wie die Dauer der Berufsunfähigkeit, die Dauer der Hospitalisation oder andere partizipationsrelevante Faktoren einschliessen. Solche Studien könnten wesentlich zu einer Beantwortung der Frage beitragen, ob die CE als fester Bestandteil von physiotherapeutischen Standardtherapien unilateraler Immobilisationen und postoperativer Behandlungen angewendet werden soll und ob diese eine effiziente Alternative zu bestehenden Behandlungsansätzen bieten kann.

5.4 Schlussfolgerung

Die Autoren dieser Arbeit kommen zu der Erkenntnis, dass die erhobenen Parameter der vier Studien in zwei Gruppen unterteilt werden können. Dies wären zum einen die Outcomes mit einem klinisch relevanten Einfluss durch die CE (Kraft, ROM, Funktion, Schmerz) und zum anderen neurophysiologische Parameter, wie die (maximal isometrische) Muskelaktivierung, die Muskeldicke und die kortikale Aktivierung (fMRI, TMS). Die vorliegende Arbeit konnte darstellen, dass die Maximalkraft ein gut messbarer Wert ist, der von allen vier Studien verwendet wird. Welchen konkreten Einfluss beziehungsweise welche klinische Relevanz eine erhöhte Maximalkraft jedoch auf die Genesung von orthopädischen Patienten mit einer immobilisierten Extremität hat, konnte von keiner der Studien aufgezeigt

werden. Eine mögliche Hypothese wäre, dass sich die Zunahme an Kraft positiv auf die Stabilisierung der umliegenden Strukturen, wie zum Beispiel der Gelenkseinheiten, auswirkt. Dies führt zu einem massiven Gewinn an Funktion und Mobilität der entsprechenden Extremität, worauf diese zu einem vergleichsweise früheren Zeitpunkt vermehrt funktionell eingesetzt wird. Dadurch würde die Integrierung der Extremität in den ADL schneller stattfinden und eine mögliche RTS-Zeitdauer verkürzt werden.

Die Fragestellung konnte zwar nicht abschliessend geklärt werden, da die Evidenzlage rund um das Thema CE sehr beschränkt ist, doch wurden in dieser Arbeit anhand der aktuellen Studienlage verschiedene Antworten zu den Einflüssen und Hypothesen für Mechanismen der CE aufgezeigt. Die in der Literatur verwendeten Outcomeparameter, anhand welcher die CE gemessen werden soll, wurden dargestellt und die zugrundeliegenden Prozesse erklärt. Es sind jedoch weitere klinische Untersuchungen notwendig, um die relevanten Parameter im Zusammenhang mit Pathologien zu validieren.

5.5 Limitationen dieser Arbeit

Aufgrund einer sehr spezifisch formulierten Fragestellung wurde die Recherche und Selektion von geeigneten Studien erschwert. Die begrenzte Literatur bezüglich Studien mit Patienten und Patientinnen mit Immobilisation einer Extremität infolge von Pathologien, wirkt sich limitierend auf diese Arbeit aus. Der Versuch, anhand von Immobilisationsstudien mit gesunden Personen einen Rückschluss auf die Auswirkungen der CE auf orthopädische Patienten und Patientinnen zu machen, findet sich in bisher durchgeführten Studien (Farthing et al., 2009; Farthing et al., 2011) wieder. Die Autoren dieser Arbeit konnten in der Literatur jedoch keine Angaben bezüglich der Übertragbarkeit der CE oder Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen gesunden Personen und solchen mit einer Pathologie finden.

Die Heterogenität der Studiendesigns und die Stichprobengrößen der einzelnen Studien stellen weitere Begrenzungen dieser Arbeit dar. Das Problem, die Auswirkungen des Effekts durch CE mittels valider Parameter einheitlich und genau zu bestimmen, erschwert die Beantwortung der Fragestellung. Damit zusammenhängend ist auch die Frage nach der Intervention. In dieser Arbeit wird

überwiegend von Krafttraining und einem Kraftzuwachs oder –erhalt im Sinne einer CE gesprochen, da diese am besten messbar sind und häufig durchgeführt wurden. Die unterschiedlichen Kraftarten und Trainingsprotokolle zwischen den ausgewählten Studien erschweren den Vergleich. Homogenere Studiendesigns in den ausgewählten Studien würden die Beantwortung einer Fragestellung vereinfachen.

5.6 Offene Fragen und Empfehlung für weiterführende Studien

Es ist fraglich, ob durch Immobilisationsstudien mit gesunden Personen langfristig eine Empfehlung für die Implementierung der CE bei orthopädischen Patienten und Patientinnen abgegeben werden kann. Daher muss die Empfehlung abgegeben werden, weitere Studien mit Probanden und Probandinnen mit einer Immobilisation aufgrund einer orthopädischen Pathologie durchzuführen. Eine klinische Implementierung ist als Ergänzung bestehender Behandlungsstrategien dennoch sinnvoll, vor allem weil nach Wissensstand der Autoren dieser Arbeit keine Erkenntnisse vorliegen, die einen negativen Einfluss durch ein Krafttraining der nichtbetroffenen Extremität auf die kontralaterale Seite zeigen oder vermuten lassen. Aufgrund der fehlenden Evidenz im Zusammenhang mit orthopädischen Pathologien und weil zwei der vier im Rahmen dieser Arbeit analysierten Studien qualitativ mangelhaft sind, sollte eine Implementierung in der klinischen Rehabilitation nur unter Berücksichtigung dieser Aspekte angewendet werden.

Weiterführende Studien sollten zum einen klinisch relevante, validierte Outcomeparameter erheben und einen direkten Bezug zum Rehabilitationserfolg herstellen. Zum anderen sollten die Untersuchungen im Rahmen von RCT-Designs durchgeführt werden, um den Goldstandard für medizinische Interventionsstudien gemäss Bothwell et al. (2016) zu erfüllen.

(I) Literaturverzeichnis

- Aagaard, P. (2003). Training-induced changes in neural function. *Exercise and sport sciences reviews*, 31(2), 61-67.
- Aagaard, P. (2011). Neural Adaptations to Resistance Exercise *Strength and Conditioning: Biological Principles and Practical Applications*. Chichester, UK: Wiley & Sons, Ltd.
- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P. & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. *Journal of Applied Physiology*, 92(6), 2309-2318.
- Adamson, M., MacQuaide, N., Helgerud, J., Hoff, J. & Kemi, O. J. (2008). Unilateral arm strength training improves contralateral peak force and rate of force development. *European journal of applied physiology*, 103(5), 553-559.
- Appell, H.-J. (1990). Muscular atrophy following immobilisation. *Sports Medicine*, 10(1), 42-58.
- Arai, M., Shimizu, H., Shimizu, M. E., Tanaka, Y. & Yanagisawa, K. (2001). Effects of the use of cross-education to the affected side through various resistive exercises of the sound side and settings of the length of the affected muscles. *Hiroshima journal of medical sciences*, 50(3), 65-73.
- Avela, J. & Gruber, M. (2011). Transcranial Magnetic Stimulation as a Tool to Study the Role of the Motor Cortex in Human Muscle Function. In P. V. Komi (Hrsg.), *Neuromuscular Aspects of Sport Performance* (S. 115-134). Oxford: Wiley-Blackwell.
- Banzer, W., Pfeifer, K. & Vogt, L. (2013). *Funktionsdiagnostik des Bewegungssystems in der Sportmedizin*. Berlin: Springer-Verlag.
- Barker, A. T., Jalinous, R. & Freeston, I. L. (1985). Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex. *The Lancet*, 325(8437), 1106-1107.
- Beyer, K. S., Fukuda, D. H., Boone, C. H., Wells, A. J., Townsend, J. R., Jajtner, A. R., Gonzalez, A. M., Fragala, M. S., Hoffman, J. R. & Stout, J. R. (2016). Short-Term Unilateral Resistance Training Results in Cross Education of Strength Without Changes in Muscle Size, Activation, or Endocrine Response. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(5), 1213-1223.
- Booth, F. & Seider, M. (1979). Early change in skeletal muscle protein synthesis after limb immobilization of rats. *Journal of Applied Physiology*, 47(5), 974-977.
- Bothwell, L., Greene, J., Podolsky, S. & Jones, D. (2016). Assessing the Gold Standard--Lessons from the History of RCTs. *The New England journal of medicine*, 374(22), 2175.
- Broll-Zeitvogel, E., Grifka, J., Bauer, J., Roths, P. & Degryse, P. (1999). Medizinische Trainingstherapie bei Lumbalsyndromen. *Der Orthopäde*, 28(11), 932-938.
- Bryden, M. (1977). Measuring handedness with questionnaires. *Neuropsychologia*, 15(4-5), 617-624.
- Buchbauer, J. & Steininger, K. (2004). *Funktionelles Kraftaufbautraining in der Rehabilitation: komplette Programme zum medizinischen Aufbautraining*. München: Elsevier, Urban&FischerVerlag.

- Carroll, T. J., Herbert, R. D., Munn, J., Lee, M. & Gandevia, S. C. (2006). Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. *Journal of applied physiology*, 101(5), 1514-1522.
- Carroll, T. J., Lee, M., Hsu, M. & Sayde, J. (2008). Unilateral practice of a ballistic movement causes bilateral increases in performance and corticospinal excitability. *Journal of applied physiology*, 104(6), 1656-1664.
- Carroll, T. J., Selvanayagam, V., Riek, S. & Semmler, J. (2011). Neural adaptations to strength training: moving beyond transcranial magnetic stimulation and reflex studies. *Acta physiologica*, 202(2), 119-140.
- Carson, R. (2005). Neural pathways mediating bilateral interactions between the upper limbs. *Brain Research Reviews*, 49(3), 641-662.
- Cernacek, J. (1961). Contralateral motor irradiation-cerebral dominance: its changes in hemiparesis. *Archives of Neurology*, 4(2), 165-172.
- Clark, B. C., Issac, L. C., Lane, J. L., Damron, L. A. & Hoffman, R. L. (2008). Neuromuscular plasticity during and following 3 wk of human forearm cast immobilization. *Journal of Applied Physiology*, 105(3), 868-878.
- Clark, D. J. & Patten, C. (2013). Eccentric versus concentric resistance training to enhance neuromuscular activation and walking speed following stroke. *Neurorehabilitation and neural repair*, 27(4), 335-344.
- Costa, P. B., Herda, T. J., Herda, A. A. & Cramer, J. T. (2016). Effects of Short-Term Dynamic Constant External Resistance Training and Subsequent Detraining on Strength of the Trained and Untrained Limbs: A Randomized Trial. *Sports*, 4(1), 7.
- Dale, B. (2005). Crossover education during functional rehabilitation. *Athletic Therapy Today*, 10(6), 46-47.
- Day, B. L., Thompson, P. D., Dick, J. P., Nakashima, K. & Marsden, C. D. (1987). Different sites of action of electrical and magnetic stimulation of the human brain. *Neuroscience letters*, 75(1), 101-106.
- Deschenes, M. R., Giles, J. A., McCoy, R. W., Volek, J. S., Gomez, A. L. & Kraemer, W. J. (2002). Neural factors account for strength decrements observed after short-term muscle unloading. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 282(2), R578-R583.
- Dirks, M., Wall, B., Snijders, T., Ottenbros, C., Verdijk, L. & Loon, L. (2014). Neuromuscular electrical stimulation prevents muscle disuse atrophy during leg immobilization in humans. *Acta physiologica*, 210(3), 628-641.
- Dragert, K. & Zehr, E. P. (2013). High-intensity unilateral dorsiflexor resistance training results in bilateral neuromuscular plasticity after stroke. *Experimental brain research*, 225(1), 93-104.
- Duchateau, J., Semmler, J. G. & Enoka, R. M. (2006). Training adaptations in the behavior of human motor units. *Journal of Applied Physiology*, 101(6), 1766-1775.
- Ehrensberger, M., Simpson, D., Broderick, P. & Monaghan, K. (2016). Cross-education of strength has a positive impact on post-stroke rehabilitation: a systematic literature review. *Topics in stroke rehabilitation*, 23(2), 126-135.

- Ehsani, F., Nodehi-Moghadam, A., Ghandali, H. & Ahmadizade, Z. (2014). The comparison of cross-education effect in young and elderly females from unilateral training of the elbow flexors. *Medical journal of the Islamic Republic of Iran*, 28, 138.
- Elliott, D. & Roy, E. A. (1981). Interlimb transfer after adaptation to visual displacement: patterns predicted from the functional closeness of limb neural control centres. *Perception*, 10(4), 383-389.
- Evetovich, T. K., Housh, T. J., Housh, D. J., Johnson, G. O., Smith, D. B. & Ebersole, K. T. (2001). The effect of concentric isokinetic strength training of the quadriceps femoris on electromyography and muscle strength in the trained and untrained limb. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(4), 439-445.
- Farthing, J. P., Borowsky, R., Chilibeck, P. D., Binsted, G. & Sarty, G. E. (2007). Neuro-physiological adaptations associated with cross-education of strength. *Brain topography*, 20(2), 77-88.
- Farthing, J. P. & Chilibeck, P. D. (2003). The effect of eccentric training at different velocities on cross-education. *European journal of applied physiology*, 89(6), 570-577.
- Farthing, J. P., Chilibeck, P. D. & Binsted, G. (2005). Cross-education of arm muscular strength is unidirectional in right-handed individuals. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(9), 1594.
- Farthing, J. P., Krentz, J. R., Magnus, C., Barss, T. S., Lanovaz, J. L., Cummine, J., Esopenko, C., Sarty, G. E. & Borowsky, R. (2011). Changes in functional magnetic resonance imaging cortical activation with cross education to an immobilized limb. *Med Sci Sports Exerc*, 43(8), 1394-1405.
- Farthing, J. P., Krentz, J. R. & Magnus, C. R. (2009). Strength training the free limb attenuates strength loss during unilateral immobilization. *Journal of Applied Physiology*, 106(3), 830-836.
- Farthing, J. P. & Zehr, E. P. (2014). Restoring symmetry: clinical applications of cross-education. *Exercise and sport sciences reviews*, 42(2), 70-75.
- Fimland, M. S., Helgerud, J., Solstad, G. M., Iversen, V. M., Leivseth, G. & Hoff, J. (2009). Neural adaptations underlying cross-education after unilateral strength training. *European journal of applied physiology*, 107(6), 723-730.
- Folland, J. P. & Williams, A. G. (2007). Morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports medicine*, 37(2), 145-168.
- Fröhlich, M. (2014). Krafttraining. In H. D. Kempf (Hrsg.), *Funktionelles Training mit Hand- und Kleingeräten* (S. 3-12). Heidelberg: Springer-Verlag.
- Gabriel, D. A., Kamen, G. & Frost, G. (2006). Neural adaptations to resistive exercise. *Sports Medicine*, 36(2), 133-149.
- Hale, S. A., Fergus, A., Axmacher, R. & Kiser, K. (2014). Bilateral improvements in lower extremity function after unilateral balance training in individuals with chronic ankle instability. *Journal of athletic training*, 49(2), 181.
- Handoll, H. H., Madhok, R. & Howe, T. E. (2006). Rehabilitation for distal radial fractures in adults. *The Cochrane Library*.

- Hendy, A. M., Spittle, M. & Kidgell, D. J. (2012). Cross education and immobilisation: mechanisms and implications for injury rehabilitation. *Journal of science and medicine in sport*, 15(2), 94-101.
- Hettinger, T. & Müller, E. (1952). [Effect of shoe-weight on the energy transformation in walking and load-carrying]. *Arbeitsphysiologie; internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie*, 15(1), 33-40.
- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2003). *Einführung in die Trainingswissenschaft (3., korrigierte und erweiterte Aufl.)*. Wiebelsheim: Limpert.
- Hollmann, W. & Strüder, H. (2009). *Sportmedizin Grundlagen für körperliche Aktivität*. Stuttgart: Schattauer.
- Hortobágyi, T., Dempsey, L., Fraser, D., Zheng, D., Hamilton, G., Lambert, J. & Dohm, L. (2000). Changes in muscle strength, muscle fibre size and myofibrillar gene expression after immobilization and retraining in humans. *The Journal of physiology*, 524(1), 293-304.
- Hortobágyi, T., Lambert, N. J. & Hill, J. P. (1997). Greater cross education following training with muscle lengthening than shortening. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(1), 107-112.
- Hortobágyi, T., Taylor, J. L., Petersen, N. T., Russell, G. & Gandevia, S. C. (2003). Changes in segmental and motor cortical output with contralateral muscle contractions and altered sensory inputs in humans. *Journal of Neurophysiology*, 90(4), 2451-2459.
- Jäger, J. M. & Krüger, K. (2012). *Der Muskel im Sport: Anatomie, Physiologie, Training, Rehabilitation. 1. Auflage*.
- jan/dpa. (2016). Mindestens vier bis sechs Monate Pause. Heruntergeladen von <http://www.spiegel.de/sport/fussball/breel-embolo-schwer-verletzt-keine-absicht-aber-dummheit-a-1116842.html> am 17.12.2016.
- Jones, M. H. & Amendola, A. S. (2007). Acute treatment of inversion ankle sprains: immobilization versus functional treatment. *Clinical orthopaedics and related research*, 455, 169-172.
- Kannabiran, B., Paul, P. & Ragland, F. (2016). Variation in Joint Position Sense in the Contralateral Knee Following Unilateral ACL Injury. *MOJ Orthop Rheumatol*, 4(3), 00138.
- Kofotolis, N. D. & Kellis, E. (2007). Cross-training effects of a proprioceptive neuromuscular facilitation exercise programme on knee musculature. *Physical Therapy in Sport*, 8(3), 109-116.
- Komi, P. (2008). *The Encyclopaedia of sports medicine: An IOC medical commission publication, strength and power in sport*. Vol. 3. Oxford: John Wiley & Sons.
- Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. & Westmorland, M. (Producer). (1998). Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien. Heruntergeladen von <http://srs-mcmaster.ca/wp-content/uploads/2015/04/Critical-Review-Form-Quantitative-Studies-German.pdf> am 18.12.2016
- Lee, M. & Carroll, T. J. (2007). Cross education. *Sports Medicine*, 37(1), 1-14.

- Lee, M., Gandevia, S. C. & Carroll, T. J. (2009). Unilateral strength training increases voluntary activation of the opposite untrained limb. *Clinical Neurophysiology*, 120(4), 802-808.
- Lee, M., Hinder, M. R., Gandevia, S. C. & Carroll, T. J. (2010). The ipsilateral motor cortex contributes to cross - limb transfer of performance gains after ballistic motor practice. *The Journal of physiology*, 588(1), 201-212.
- Leuenberger, M. (2015). *Konservative vs. postoperative physiotherapeutische Behandlung bei Patienten mit einem femoroacetabulären Impingement*. (Bachelor), Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, Winterthur.
- Magnus, C. R., Arnold, C. M., Johnston, G., Haas, V. D.-B., Basran, J., Krentz, J. R. & Farthing, J. P. (2013). Cross-education for improving strength and mobility after distal radius fractures: a randomized controlled trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 94(7), 1247-1255.
- Magnus, C. R., Barss, T. S., Lanovaz, J. L. & Farthing, J. P. (2010). Effects of cross-education on the muscle after a period of unilateral limb immobilization using a shoulder sling and swathe. *Journal of Applied Physiology*, 109(6), 1887-1894.
- Majewski, M., Schaeren, S., Kohlhaas, U. & Ochsner, P. (2008). Postoperative rehabilitation after percutaneous Achilles tendon repair: early functional therapy versus cast immobilization. *Disability and rehabilitation*, 30(20-22), 1726-1732.
- Manca, A., Pisanu, F., Ortu, E., De Natale, E. R., Ginatempo, F., Dragone, D., Tolu, E. & Deriu, F. (2015). A comprehensive assessment of the cross-training effect in ankle dorsiflexors of healthy subjects: A randomized controlled study. *Gait & posture*, 42(1), 1-6.
- Martini, A. K., Assmus, H. & Wirth, C. J. (2003). *Orthopädie und orthopädische Chirurgie*. Stuttgart: Thieme.
- Matheus, J. P. C., Gomide, L. B., Oliveira, J. G. P. d., Volpon, J. B. & Shimano, A. C. (2007). Effects of neuromuscular electric stimulation during immobilization in the mechanical properties of the skeletal muscle. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 13(1), 55-59.
- Müller, E. (1970). Influence of training and of inactivity on muscle strength. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 51(8), 449-462.
- Munn, J., Herbert, R. D. & Gandevia, S. C. (2004). Contralateral effects of unilateral resistance training: a meta-analysis. *Journal of Applied Physiology*, 96(5), 1861-1866.
- Munn, J., Herbert, R. D., Hancock, M. J. & Gandevia, S. C. (2005). Training with unilateral resistance exercise increases contralateral strength. *Journal of Applied Physiology*, 99(5), 1880-1884.
- Onigbinde, A. T., Ajiboye, R. A., Bada, A. I. & Isaac, S. O. (2016). Inter-limb effects of isometric quadriceps strengthening on untrained contra-lateral homologous muscle of patients with knee osteoarthritis. *Technology and Health Care*(Preprint), 1-9.

- Palmieri, R. M., Ingersoll, C. D. & Hoffman, M. A. (2004). The Hoffmann reflex: methodologic considerations and applications for use in sports medicine and athletic training research. *Journal of athletic training*, 39(3), 268.
- Patton, H. D. & Amassian, V. E. (1954). Single-and multiple-unit analysis of cortical stage of pyramidal tract activation. *Journal of Neurophysiology*, 17(4), 345-363.
- Pearce, A., Hendy, A., Bowen, W. & Kidgell, D. (2013). Corticospinal adaptations and strength maintenance in the immobilized arm following 3 weeks unilateral strength training. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(6), 740-748.
- Petruck, T. & Karanikas, K. (2013). Die Ausgangsstellung des kontralateralen Beines beeinflusst die muskuläre Kraftfähigkeit beim Testen und Trainieren auf einer Beinpresse. *Sportverletzung- Sportschaden*, 27(02), 96-99.
- Pierce, P. A. (2013). *Fatigue: neural and muscular mechanisms*. Vol. 384. New York: Springer Science & Business Media.
- Ruddy, K. L. & Carson, R. G. (2013). Neural pathways mediating cross education of motor function.
- Sale, D. G. (2008). Neural adaptation to strength training. *Strength and Power in Sport, Second Edition*, 281-314.
- Schönle, C. & Güth, V. (2004). *Rehabilitation: 74 Tabellen*. Thieme.
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M. & Wesker, K. (2014). *Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. PROMETHEUS. LernAtlas der Anatomie*. Stuttgart: Thieme.
- Scripture, E., Smith, T. L. & Brown, E. M. (1894). On the education of muscular control and power. *Stud Yale Psychol Lab*, 2, 114-119.
- Seidenspinner, D. (2005). *Training in der Physiotherapie*. Berlin: Springer.
- Shields, R. K., Leo, K. C., Messaros, A. J. & Somers, V. K. (1999). Effects of Repetitive Handgrip Training on Endurance, Specificity, and Cross-Education. *Physical therapy*, 79(5), 467-475.
- Shima, N., Ishida, K., Katayama, K., Morotome, Y., Sato, Y. & Miyamura, M. (2002). Cross education of muscular strength during unilateral resistance training and detraining. *European journal of applied physiology*, 86(4), 287-294.
- Siebner, H. R. & Ziemann, U. (2007). Hirnstimulation-Physiologische Grundlagen. In H. R. Siebner & U. Ziemann (Hrsg.), *Das TMS-Buch* (S. 27-45). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Streeck, U., Focke, J., Melzer, C. & Streeck, J. (2016). *Manuelle Therapie und komplexe Rehabilitation*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Suetta, C., Hvid, L. G., Justesen, L., Christensen, U., Neergaard, K., Simonsen, L., Ortenblad, N., Magnusson, S. P., Kjaer, M. & Aagaard, P. (2009). Effects of aging on human skeletal muscle after immobilization and retraining. *Journal of Applied Physiology*, 107(4), 1172-1180.
- Van den Berg, F. & Cabri, J. (2007). *Angewandte Physiologie. Therapie, Training, Tests*. Stuttgart: Thieme.

- Veldhuizen, J., Verstappen, F., Vroemen, J., Kuipers, H. & Greep, J. (1993). Functional and morphological adaptations following four weeks of knee immobilization. *International journal of sports medicine*, 14(05), 283-287.
- Vogt, L. & Giesche, F. (2017). Präoperatives Training. In W. Banzer (Hrsg.), *Körperliche Aktivität und Gesundheit: Präventive und therapeutische Ansätze der Bewegungs- und Sportmedizin* (S. 403-421). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Volkmer, E., Hagen, C., Holzbach, T., Leitsch, S. & Giunta, R. (2015). Ergebnisse nach arthroskopisch assistiert versorgter distaler Radiusfraktur mit Gelenkbeteiligung. *Handchirurgie· Mikrochirurgie· Plastische Chirurgie*, 47(03), 155-163.
- Weineck, J. (2004). *Sportbiologie*. Balingen: Spitta Verlag GmbH & Co. KG.
- Zatsiorsky, V. & Kraemer, W. (2016). *Krafttraining: Praxis und Wissenschaft*. Aachen: Meyer + Meyer Fachverlag.
- Zehr, P. E. (2002). Considerations for use of the Hoffmann reflex in exercise studies. *European journal of applied physiology*, 86(6), 455-468.

(II) Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verschiedene Immobilisationstypen. a) Gilchrist b) Knieklettschiene c) Vacoped [®] by OPEd	9
Abbildung 2: Kraftabnahme (in %) in Abhängigkeit zur Immobilisationszeit (in Tagen) durch einen Gipsverband (nach Hettinger & Müller, 1952).	12
Abbildung 3: Die motorische Innervation vom Motorkortex bis zum Muskel innerhalb des a) ZNS innerhalb des peripheren Nervensystems (PNS) über die b) motorische Einheit (= die Gesamtheit aller Muskelfasern, die von einer motorischen Nervenfasern, dem Axon des alpha-Motoneurons, innerviert wird). Die Impulse werden vom 1. Motoneuron im Motorkortex über die absteigenden, kreuzenden Pyramidenbahnen bis ins Rückenmark geleitet (kortikospinale Verbindung) und auf das kontralaterale alpha-Motoneuron verschaltet. Bei Erreichen einer Reizschwelle wird der Impuls über das Axon des alpha-Motoneurons in die Peripherie bis zu den motorischen Endplatten im Muskel weitergeleitet. a (nach Hendy, Spittle & Kidgell, 2012, S. 96); b (nach Schünke et al., 2014, S. 61)	14
Abbildung 4: Zusammenhang der zeitlichen Folge neuronaler (blau) / struktureller (grün) Anpassungen und Muskelkraft (rot) und der daraus resultierende Leistungszuwachs (nach Sale, 2008).	18

(III) Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Literaturrecherche in der Datenbank CINAHL complete.	26
Tabelle 2: Literaturrecherche in der Datenbank PubMed.	27
Tabelle 3: Ein- und Ausschlusskriterien (Reihenfolge nicht priorisiert).	28
Tabelle 4: Hauptstudien (Vorauswahl, sortiert nach Jahr in absteigender Reihenfolge). Die verwendeten Studien sind mit einem * markiert.	29
Tabelle 5 Outcomes (verwendete Messmethode) und klinischer Bezug, gemäss den Autoren und Autorinnen der jeweiligen Studie.	38

(IV) Wortzahl

Wortzahl des Abstrakts: 196

Wortzahl der Arbeit: 11444

(V) Danksagung

In erster Linie bedanken wir uns herzlichst bei unserer Betreuungsperson Frau *Sandra Schächtelin* für ihren Einsatz, die kompetente Unterstützung und die durchweg harmonische Zusammenarbeit. Besonders das schnelle Beantworten unserer zahlreichen Fragen per E-Mail war uns äusserst hilfreich. Weiter möchten wir unseren Korrekturlesern und -Leserinnen, allen voran *Pia Breffka, Jakob Karrer, Benjamin Weiss, Reinhard Riesen, Mr. und Mrs. Roberts und Christopher Rass* für ihre Anmerkungen und ihren Zeitaufwand danken. Für den moralischen Support und die konstruktiven Ratschläge danken wir unseren Familien und Freunden, insbesondere *Katie Riesen, Sarah Gadelhak, Mirco Bitterli und Robin Schuster*.

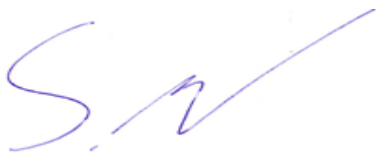
(VI) Eigenständigkeitserklärung

Eigenständigkeitserklärung

„Wir erklären hiermit, dass wir die vorliegende Arbeit selbständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benutzung der angegebenen Quellen verfasst haben.“

Karrer Samuel, 25.04.2017

Riesen, Christopher, 25.04.2017



Anhang A

Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien

© Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. und Westmorland, M., 1998

McMaster-Universität

STUDIE

Arai, M., Shimizu, H., Shimizu, M. E., Tanaka, Y. & Yanagisawa, K. (2001). Effects of the use of cross-education to the affected side through various resistive exercises of the sound side and settings of the length of the affected muscles. *Hiroshima journal of medical sciences*, 50(3), 65-73.

Kommentare

<p>ZWECK DER STUDIE</p> <p>Wurde der Zweck klar angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Ja<input type="radio"/> Nein	<p>Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Physiotherapie und/oder Ihre Forschungsfrage?</p> <p><i>(Zweck) In der Studie wurde untersucht, welche Art von resistiven Übungen der gesunden Seite die effizienteste Cross Education (CE) im Sinne von Muskelaktivität der untrainierten, betroffenen Seite mit sich bringt. Dies geschieht im Zusammenhang mit orthopädischen Patienten und Patientinnen nach Immobilisation einer unteren Extremität und wurde anhand Kraftmessungen und elektrischer Muskelaktivität während der Übung in Bezug zu unterschiedlichen Kniegelenkwinkeln gemessen.</i></p> <p><i>(Ziel) Die Autoren der Studie hatten zum Ziel, diejenige Bewegung mit der grössten CE in einer Auswahl von sechs resistiven Übungen zu evaluieren und einen Behandlungsansatz für immobilisierte Extremitäten aufzuzeigen.</i></p> <p><i>(Hypothese) Wenn der kurzfristige Verlust von funktionellen motorischen Einheiten im Muskel aufgrund der Immobilisationsphase gehemmt werden könnte, so würde die Reduktion der willkürlichen Kraft und des Reflexpotentials des Muskels während der Immobilisation verhindert werden können. Eine Massnahme um die motorischen Einheiten eines immobilisierten Muskels zu faszilitieren, könnte das gewünschte Resultat erzielen.</i></p> <p><i>X Der Zweck der Studie wurde zwar wiederholt erwähnt und beschrieben, jedoch fehlt die konkrete Fragestellung mit einer definierten Zielformulierung. Anhand der ausgewählten Hintergrundliteratur und deren kontroversen Resultaten wurde ein mögliches Ziel für die Studie in der Einleitung dargestellt.</i></p>
<p>LITERATUR</p> <p>Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Ja<input type="radio"/> Nein	<p>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</p> <p><i>Um einen physiologischen Zusammenhang zwischen CE und resistiven Übungen zu erklären, wurden zwei Studien zitiert, die von Hellebrandt et al (1947, 1957) erarbeitet wurden. Daraufhin wird der aktuelle Konflikt über die Existenz der CE anhand fünf Studien aufgezeigt, die CE unterstützen und zwei Studien, die den Effekt widerlegen. Um jedoch die propriozeptive neuromuskuläre Fazilitation (PNF) in Verbindung mit CE zu bringen, greifen die Autoren auf persönliche klinische Erfahrung</i></p>

	<p>zurück und nennen diesbezüglich keine Studien.</p> <p><i>X Die Autoren begründen die Notwendigkeit der Studie mit der gegenwärtigen kontroversen Studienlage zur Existenz der CE und aufgrund der fehlenden Untersuchungen im Zusammenhang mit Spiralbewegungen bei resistiven Übungen. Des Weiteren konnten die Autoren keine Studien finden, die den optimalen Kniegelenkwinkel für die effizienteste CE durch Fazilitation beschreibt.</i></p>
<p>DESIGN</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ randomisierte kontrollierte Studie (RCT) ○ Kohortenstudie ○ Einzelfall-Design ○ Vorher-Nachher-Design ○ Fall-Kontroll-Studie ○ <u>Querschnittsstudie</u> ○ Fallstudie 	<p>Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprach das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (outcomes), auf ethische Aspekte)?</p> <p><i>Es handelt sich hier um eine Querschnittsstudie, was nur bedingt dem Studienziel entspricht. Kontrollgruppen gab es für die Untersuchung keine. Es wurde ein einmaliges, doppelt verblindetes Experiment durchgeführt, bei dem die prüfenden Personen den Zweck des Experimentes nicht kannten. Hierfür und um das Experiment unvoreingenommen durchzuführen, wurden Physiotherapiestudierende ohne Vorkenntnisse über CE ausgewählt. Die Probanden und Probandinnen haben die sechs verschiedenen Übungen bereits im Vorfeld so gut erlernt, dass sie diese auch alleine durchführen könnten. Alle Probanden und Probandinnen führten sechs Übungen in je drei unterschiedlichen Gelenksstellungen aus, wobei sämtliche evaluierten Resultate der Übungen miteinander verglichen wurden. Die Werte wurden anhand von zweifaktoriellen Varianzanalysen (ANOVA) miteinander verglichen.</i></p> <p><i>In einem physiotherapeutischen Setting sind Momentaufnahmen wie bei einer Querschnittsstudie nur eingeschränkt sinnvoll. Es würde sich empfehlen, mit Kontrollgruppen zu arbeiten, bestenfalls eine RCT zu erheben. Je nach Definition von CE, müsste allenfalls eine Studie mit Datenerhebungen über einen längeren Zeitraum erstellt werden.</i></p> <p>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.</p> <p><i>Stichprobe: Das Auswahlverfahren der Probanden und Probandinnen wird nicht erklärt. Somit steht nicht fest, auf welche Art und Weise und in welchem Setting die Testpersonen rekrutiert wurden, was die Äquivalenz in Frage stellt. Aufgezeigt wurden die Immobilisationszeit und die Dauer zwischen Immobilisation und Studierhebung. Was jedoch während dieser Zeitspanne geschehen ist, respektive ob und in welchem Umfang die Probanden und Probandinnen postoperative Standardbehandlungen erhielten, wurde nicht genannt. Dies kann ein erheblicher Faktor zur Verzerrung der Studienresultate darstellen. In der Studie wird ausserdem erwähnt, dass die Probanden und Probandinnen jede resistive Übung im Voraus soweit erlernen durften, dass sie diese alleine ausüben konnten. Auch hier fehlen der zeitliche Rahmen und Angaben bezüglich Trainingsintensität und der allgemeinen Umstände. Es wird nicht beschrieben, ob die Übungen vorher alleine oder unter Aufsicht einstudiert wurden.</i></p> <p><i>Prüfende Personen: Um einen Bias zu den verschiedenen</i></p>

	<p><i>Therapiemethoden zu vermeiden, wurden Studierende der Physiotherapie eingesetzt. Weitere Informationen zu diesen Studierenden wurden nicht angegeben. Somit ist nicht klar, auf welchem Wissensstand sich diese prüfenden Personen befanden, inwiefern sie geschult wurden (zum Beispiel um Instruktionen zu geben), oder ob sie bereits Erfahrungen mit PNF gesammelt haben und somit diesbezüglich gewisse Präferenzen hatten. Es wurde lediglich darauf hingewiesen, dass sie die Effekte von CE nicht kannten.</i></p> <p><i>Interventionen: Bei allen Probandinnen und Probanden wurde dieselbe Reihenfolge der Übungen durchgeführt. Dieser Standard ermöglicht den direkten Vergleich der Resultate zwischen den Testpersonen, kann jedoch die Gegenüberstellungen zwischen den Interventionen beeinflussen. Es wurden zwar einminütige Pausen zwischen den Übungen eingeleitet, doch ändern sich mit dem Verlauf die Umstände der ersten zur letzten Übung.</i></p>
<p>STICHPROBE</p> <p>N = 6</p> <p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nein 	<p>Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?) Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</p> <p><i>Es wurden die Resultate innerhalb einer Gruppe gegenübergestellt. Die Stichprobe bestand aus sechs orthopädischen Patienten und Patientinnen, vier Männer und zwei Frauen, im Alter von 32 – 61 Jahren, ohne Vorkenntnisse zu CE und den effizientesten Übungsmuster für einen möglichen Effekt, sowie ohne neuromuskuläre Erkrankungen. Vier Personen erlitten eine Tibiafraktur, die zwei weiteren Diagnosen waren Tibiaosteotomie und ein Riss des hinteren Kreuzbandes. Die betroffenen Extremitäten wurden in der Folge immobilisiert. Die Anzahl Tage der Immobilisation und die Zeitspanne zwischen Ruhigstellung und Studiererhebung wurden angegeben. Weitere Merkmale zur Stichprobe wurden nicht aufgelistet.</i></p> <p><i>Das Auswahlverfahren zur Findung der Stichprobe wird nicht erwähnt. Die Beschreibung der gesamten Rekrutierung von Probanden und Probandinnen fällt aus.</i></p>
<p>Wurde die Stichprobengröße begründet?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Entfällt 	<p>Beschreiben Sie die Ethik-Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung eingeholt?</p> <p><i>Die Stichprobengröße wird nicht begründet. Sämtliche Angaben zur Ethik wurden ausgelassen. Es gibt keine Hinweise auf schriftliche Einverständniserklärungen der Probanden und Probandinnen. Es wird ausserdem keine Ethikkommission zur Bewilligung der Interventionen erwähnt.</i></p>
<p>ERGEBNISSE (outcomes)</p>	<p>Geben Sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtungen (pre-, post-, follow up)).</p> <p><i>In einem ersten Schritt wurden das MVC sowie die elektrische Aktivität der Knieextensoren der gesunden und der betroffenen Seite erhoben. Nach der fünfminütigen Aufwärmphase wurden die Interventionen, bestehend aus sechs verschiedenen Übungen in je drei verschiedenen Gelenkwinkeln, vier Sekunden lang mit einem Widerstand aus 10% des gemessenen MVC der nicht</i></p>

<p>Waren die outcome Messungen zuverlässig (reliabel)?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben <p>Waren die outcome Messungen gültig (valide)?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> <u>Nicht angegeben</u> 	<p><i>betroffenen Seite ausgeführt. Während den vier Sekunden der Interventionen wurde die Muskelaktivität anhand der integrierten Elektromyographie der nicht betroffenen Seite gemessen.</i></p> <p><i>Um die Retest-Reliabilität zu gewährleisten, wurden drei Testpersonen innerhalb zwei Stunden mit fünf Wiederholungen des MVC der gesunden Seite untersucht.</i></p> <p>Outcome Bereiche (z.B. Selbstversorgung (self care), Produktivität, Freizeit)</p> <p>Listen Sie die verwendeten Messungen auf.</p>
	<p><i>Maximale willkürliche Kraft der Knieextensoren (MVC)</i></p> <p><i>Elektrische Spannung mittels EMG</i></p> <p><i>Integriertes EMG (IEMG)</i></p> <p><i>Kin-Com Dynamometer</i></p> <p><i>Kniegelenkwinkel</i></p>
<p>MASSNAHMEN</p> <p>Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben <p>Wurde Kontaminierung vermieden?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben <input type="radio"/> <u>Entfällt</u> <p>Wurden gleichzeitig weitere Massnahmen (Ko-Intervention) vermieden?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben <input type="radio"/> Entfällt 	<p>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Massnahmen in der physiotherapeutischen Praxis wiederholt werden?</p> <p><i>Nach einem Aufwärmprogramm während fünf Minuten wurden folgende sechs Interventionen durchgeführt:</i></p> <p><i>1) PNFER movement: Abwechslungsweise Kniegelenks(KG)-Extension(EXT) mit Hüftgelenks(HG)-Aussenrotation(AR) und KG-Flexion(Flex) mit HG-Innenrotation(IR)</i></p> <p><i>2) PNFIR movement: Abwechslungsweise KG-EXT mit HG-IR und KG-Flex mit HG-AR</i></p> <p><i>3) ST movement: Abwechslungsweise KG-EXT und KG-Flex in Sagittalebene ohne Hüftgelenksrotationen</i></p> <p><i>4) N position: Isometrische KG-EXT während der Neutralstellung von HG und den Fussgelenken</i></p> <p><i>5) PNFER position: Isometrische Anspannung während HG-Flex, HG-Adduktion und HG-AR sowie KG-EXT und dem Fuss in Dorsalextension und Eversion</i></p> <p><i>6) PNFIR position: Isometrische Anspannung während HG-Flex, HG-Abduktion und HG-IR sowie KG-EXT und dem Fuss in Dorsalextension und Inversion</i></p> <p><i>Die Winkel der Knieflexion betragen 20°, 40° und 60°.</i></p> <p><i>Jede Aufgabe wurde einmalig in allen drei Kniegelenkwinkeln für vier Sekunden durchgeführt. Zwischen den Aufgaben wurde eine Minute lang pausiert. Physiotherapiestudenten oder – Studentinnen gaben verbale Instruktionen, übten die Techniken aus und beobachteten die Ausführung der Übungen.</i></p> <p><i>Unter den gegebenen Angaben zur Durchführung der Interventionen könnten die Massnahmen in der physiotherapeutischen Praxis durchgeführt werden.</i></p>

<p>ERGEBNISSE</p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Entfällt <input type="radio"/> Nicht angegeben <p>War(en) die Analysemethode(n) geeignet?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben <p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben <p>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein 	<p>Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. $p < 0.05$)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen? Falls es um viele Ergebnisse ging: Wurde dies bei der statistischen Analyse berücksichtigt?</p> <p><i>Die evaluierten Resultate wurden mithilfe von zweifaktoriellen Varianzanalysen (ANOVA) untersucht und miteinander verglichen. So wies die zweifaktorielle ANOVA zum Prozentsatz des maximalen Drehmoments (PMT) einen signifikanten Effekt für die Art der Übung auf, jedoch nicht für den Kniegelenkwinkel.</i></p> <p><i>Zusätzlich zeigte auch die zweifaktorielle ANOVA zum Prozentsatz des IEMG (PSI) einen signifikanten Unterschied zwischen den verschiedenen Übungen und nicht für die Knieflexionsstellung.</i></p> <p><i>Mittels Post-Hoc-Testung wurde die Signifikanz der eruierten Mittelwerte voneinander unterschieden. Als Schlussresultat wurde aufgezeigt, dass die Intervention PNFIR movement das effizienteste Muster zur CE aufweist.</i></p> <p>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?</p> <p><i>Bei sämtlichen resistiven Übungen wurden Muskelaktivitäten der kontralateralen, untrainierten Muskeln festgestellt, was die klinische Bedeutung des CE unterstützt. Ausserdem konnte eine signifikante Abhängigkeit zwischen dem Effekt von CE und der Art des Bewegungsmusters der trainierenden Extremität aufgezeigt werden, was ein wichtiger klinischer Faktor darstellt.</i></p> <p>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</p> <p><i>Die Autoren berichten nicht über ein Ausscheiden der Probanden und Probandinnen.</i></p>
<p>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN</p> <p>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein 	<p>Zu welchem Schluss kam die Studie? Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis? Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie?</p> <p><i>Anhand der zitierten Studien und der eigenen evaluierten Ergebnissen im Rahmen dieser Studie kommen die Autoren zum Schluss, dass die signifikante Auswirkung der CE durch das Muster des PNFIR movements auf den untrainierten M. rectus femoris auf eine effiziente Fazilitation der zentralen Ansteuerungsmechanismen zurückzuführen ist. Das PNFIR movement kann den Zustand der neuralen Adaptionen aufgrund der Immobilisation verändern, was in der hohen Zunahme des PSI ersichtlich sei.</i></p> <p><i>Die Autoren erklären, dass aufgrund des signifikanten Effekts bei 60° KG-Flex davon ausgegangen werden kann, dass der betroffene M. quadriceps in einer verlängerten Position durch CE gestärkt werden kann.</i></p> <p><i>Die beobachteten Bewegungen der untrainierten, betroffenen</i></p>

Seite aufgrund CE wurden von den Autoren als unwillkürliche konzentrische Kontraktion beschrieben, die reflektorisch zustande kamen. Die CE scheint die Aktivität der Motoneurone zu faszilitieren. Dies bedeutet, dass die indirekte Ansteuerung der motorischen Einheiten durch CE mit PNFIR movements das Zentrale Nervensystem effizient stimuliert.

Das PNFIR movement, das sich aus abwechslungsweise KG-EXT mit HG-IR und KG-Flex mit HG-AR zusammensetzt, weist eine signifikante CE zu der betroffenen Extremität auf. Diese Intervention kann im klinischen Setting zu der Stimulation des Nervensystems beitragen und den Verlust an funktionellen motorischen Einheiten nach Immobilisation einer Extremität verringern.

Hauptsächliche Begrenzungen der Studie können die bereits aufgezeigten diversen Verzerrungen und Bias darstellen. Ausserdem scheint das PNFIR movement nur eine von sechs spezifischen Interventionen zu sein, welche zwar die CE effizient und signifikant darstellt, aber nicht als einzige effiziente Intervention genannt werden kann. Die Studie hatte zum Ziel, diejenige resistive Intervention zu finden, die die effizienteste CE in der homogenen, kontralateralen Muskelgruppe aufweist. Wie die Autoren die sechs Interventionen ausgesucht haben, wird nicht erklärt. Somit bleibt offen, ob und inwiefern andere Interventionen einen grösseren Effekt von CE produzieren können.

Dass nur sechs Probanden und Probandinnen mit teilweise wesentlichen unterschiedlichen Voraussetzungen (Zeitspanne zwischen Immobilisation und Datenerhebung) für die Studie untersucht werden konnten, kann als weitere Limitation angesehen werden. Ausserdem wurden Momentaufnahmen zur Durchführung der Intervention gemacht und die Stimulation des kontralateralen Muskels aufgezeichnet. Um eine klinisch relevante Aussage zum Verlust funktioneller motorischer Einheiten zu machen, müsste die Intervention über einen bestimmten Zeitraum angewendet werden und möglicherweise mit einer Kontrollgruppe verglichen werden.

Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien

© Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. und Westmorland, M., 1998

McMaster-Universität

STUDIE

Farthing, J. P., Krentz, J. R., Magnus, C., Barss, T. S., Lanovaz, J. L., Cummine, J., Esopenko, C., Sarty, G. E. & Borowsky, R. (2011). Changes in functional magnetic resonance imaging cortical activation with cross education to an immobilized limb. *Med Sci Sports Exerc*, 43(8), 1394-1405.

Kommentare

<p>ZWECK DER STUDIE</p> <p>Wurde der Zweck klar angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> <u>Ja</u> <input type="radio"/> Nein 	<p>Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Physiotherapie und/oder Ihre Forschungsfrage?</p> <p><i>(Zweck) Vermutete kortikale Mechanismen, welche hinter der Cross Education (CE) stehen könnten, sollen untersucht werden.</i></p> <p><i>(Ziel) Primärziel der Studie war es, die kortikale Aktivität in Verbindung mit einer CE auf eine immobilisierte Extremität mittels MRI zu beurteilen. Sekundärziel war es, den auftretenden Effekt auf die immobilisierte Extremität durch (kontralaterales) Handkrafttraining zu zeigen.</i></p> <p><i>X Ziel und Zweck der Studie werden genannt. Die Formulierung einer expliziten Fragestellung bleibt jedoch aus. Die klinische Relevanz der Studie in der physiotherapeutischen Rehabilitation von unilateralen Verletzungen, welche eine Immobilisation zur Folge haben, wird klar beschrieben.</i></p>
<p>LITERATUR</p> <p>Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> <u>Ja</u> <input type="radio"/> Nein 	<p>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</p> <p><i>Die Autoren und Autorinnen zeigen anhand der relevanten Hintergrundliteratur zum einen auf, dass es notwendig ist eine CE durch ein klinisch relevantes Training nachzuweisen und zum anderen, dass die Mechanismen, welche hinter einer solchen CE stecken noch nicht eindeutig geklärt sind. Die isometrische Handkraft wird als klinisch relevant beschrieben, da es als Prädiktor für Alterserkrankungen gilt.</i></p> <p><i>X Die relevante Hintergrundliteratur ist gesichtet und die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt.</i></p>
<p>DESIGN</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> randomisierte kontrollierte Studie (RCT) <input type="radio"/> Kohortenstudie <input type="radio"/> Einzelfall-Design <input type="radio"/> <u>Vorher-Nachher-Design</u> <input type="radio"/> Fall-Kontroll-Studie 	<p>Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprach das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (outcomes), auf ethische Aspekte)?</p> <p><i>Es wurde ein „between-within mixed design“ verwendet. Da vor und nach einer dreiwöchigen Interventionsphase gemessen wurde, ist die Studie nach der Vorgehensweise eines Vorher-Nachher-Designs durchgeführt.</i></p> <p><i>X Aufgrund der Anzahl der abhängigen und unabhängigen Variablen ist das gewählte Design nachvollziehbar. Ein RCT</i></p>

<ul style="list-style-type: none"> ○ Querschnittsstudie ○ Fallstudie 	<p><i>konnte nicht gewählt werden, da zu den Mechanismen, aufgrund fehlender Evidenzlage, keine klare Hypothese formuliert werden konnte.</i></p> <hr/> <p>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Gruppen wurden gematcht (Frauen und Männer)</i> - <i>unterschiedliche Bedingungen während fMRI Messungen für maximale Kontraktion (z.B. keine Kopfbewegungen) → dadurch evtl geringere Maximalkraftwerte möglich</i> - <i>Stichprobenauswahl nicht detailliert beschrieben (könnte einen Einfluss auf die Motivation der Probanden und Probandinnen haben)</i>
<p>STICHPROBE</p> <p>N = 14</p> <p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein <p>Wurde die Stichprobengröße begründet?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein ○ Entfällt 	<p>Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?) Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</p> <p><i>Die Stichprobe wurde in eine Interventionsgruppe (n=7, 6w, 1m; CAST-TRAIN) und eine Kontrollgruppe (n=7, 6w, 1m; CAST group) geteilt. Eingeschlossen wurden Rechtshänder, welche etwas Erfahrung mit Krafttraining der oberen Extremität hatten und bis dato keine unilaterale Verletzung der oberen Extremität hatten. Die Probanden und Probandinnen wussten nicht, in welche Gruppe sie unterteilt wurden.</i></p> <p><i>X Es gab zwei Gruppen. Charaktermerkmale der Stichprobe wurden beschrieben. Auf die Stichprobenauswahl wurde jedoch nicht genauer eingegangen. Ausschlusskriterien werden gar nicht und Einschlusskriterien werden nur unvollständig genannt.</i></p> <p>Beschreiben Sie die Ethik-Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung eingeholt?</p> <p><i>X Die Studie wurde genehmigt vom „biomedical review board“ der Universität in Saskatchewan, Kanada. Alle Patienten und Patientinnen gaben ihr schriftliches, wohlinformiertes Einverständnis. Die Stichprobengröße wurde nicht begründet.</i></p>
<p>ERGEBNISSE (outcomes)</p>	<p>Geben Sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtungen (pre-, post-, follow up)).</p> <p><i>X Outcomemessungen wurden für die rechte und linke obere Extremität vor der Intervention und drei Wochen nach der pre-Messung durchgeführt. Die Messungen wurden unmittelbar vor</i></p>

<p>Waren die outcome Messungen zuverlässig (reliabel)?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <u>Ja</u> ○ Nein ○ <u>Nicht angegeben</u> 	<p>und unmittelbar nach der Immobilisation für alle Outcomeparameter durchgeführt.</p> <p>Outcome Bereiche (z.B. Selbstversorgung (self care), Produktivität, Freizeit)</p>	<p>Listen Sie die verwendeten Messungen auf.</p>
<p>Waren die outcome Messungen gültig (valide)?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <u>Ja</u> ○ Nein ○ <u>Nicht angegeben</u> 	<p><i>X Angaben zur Reliabilität und Validität der Messgeräte werden lediglich für die Ultraschallmessungen angegeben. Laut Autoren und Autorinnen ist die Ultraschallmessung zuverlässig und gültig.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Maximal isometrische Muskel Aktivierung (EMG)</i> - <i>Isometrische Handkraft (MVC, Handkraftdynamometer)</i> - <i>Muskeldicke (mm, Ultraschall)</i> - <i>Kortikale Aktivierung vor und nach der Intervention (fMRI)</i> 	<p><u>Elektromyografie (EMG)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>(Bagnoli-4; Delsys, Inc., Boston, MA)</i> - <i>Rechts und links</i> - <i>Maximal isometrische Muskelaktivierung wurde während der 4 Kontraktionen gemessen</i> - <i>M. flexor carpi ulnaris und M. extensor carpi radialis</i> - <i>Position der EMG Elektroden wurde nicht beschrieben (Verweis auf frühere Studie)</i> <p><u>Handkraftdynamometer</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>JAMAR dynamometer; JA Preston Corp., Jackson, MI</i> - <i>Isometrische Handkraft (in Kg)</i> - <i>Pre-/Post Intervention</i> - <i>Links und rechts</i> - <i>Höchster Kraftwert aus 4 Versuchen</i> - <i>3s pro Versuch, 1 min Pause</i> - <i>Reihenfolge (re/li) für die einzelnen Probanden und Probandinnen randomisiert (pre = post)</i> - <i>Familiarisierung vor der Testung (2-3 niedrig dosierte Kontraktionen)</i> <p><u>Ultraschall</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Links und rechts</i> - <i>M. flexor carpie ulnaris und M. flexor digitorum</i> - <i>Pre-/Post Intervention</i> <p><u>Funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRI)</u></p>

		<ul style="list-style-type: none"> - Zur Messung der kortikalen Aktivität vor und nach der Intervention während den 4 Kontraktionen - Rechte und linke Hand separat gemessen - Familiarisierung - Randomisierung der Reihenfolge (li/re) - 5 Sätze à 8 maximale Kontraktionen - „Anspannen“ erschien auf einem Bildschirm - Nach 8 Kontraktionen 30s Pause
<p>MASSNAHMEN</p> <p>Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben <p>Wurde Kontaminierung vermieden?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben <input type="radio"/> Entfällt <p>Wurden gleichzeitig weitere Massnahmen (Ko-Intervention) vermieden?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben <input type="radio"/> Entfällt 	<p>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Massnahmen in der physiotherapeutischen Praxis wiederholt werden?</p> <p><i>Das nichtdominante (linke) Handgelenk inklusive Daumen, Finger (PIP und DIP frei), Hand und 2/3 des Unterarms wurde mit einem Standardgipsverband für 21 Tage immobilisiert. Der Gips wurde von einem dafür ausgebildeten „physician“ angebracht. Die Probanden und Probandinnen wurden zudem instruiert, mit der immobilisierten Extremität keine schweren Gegenstände zu heben.</i></p> <p><i>Ein isometrisches Handkrafttraining der nichtimmobilisierten, rechten Hand wurde 5 Tage/Woche über 3 Wochen mittels eines Handkraftdynamometers (Jamar) durchgeführt. Die Trainingsposition war identisch zur Messposition. 3 Sätze à 8 Wiederholungen wurden pro Trainingseinheit durchgeführt. Der Umfang wurde pro Trainingstag um ein Satz bis maximal 6 Sätze à 8 Wiederholungen gesteigert. Eine Wiederholung bestand aus einer dreisekündigen maximalen Kontraktion. Die Trainings wurden unter Aufsicht durchgeführt. Insgesamt wurden 15 Trainingseinheiten von allen Probanden und Probandinnen absolviert.</i></p> <p><i>X Die Massnahmen sind detailliert beschrieben. Es fehlen Angaben zum Ausgangsniveau, der Fingerposition und der Intensität des Krafttrainings. Abgesehen von den fehlenden Informationen könnte die Intervention in der physiotherapeutischen Praxis wiederholt werden. Eine Kontaminierung wurde vermieden, jedoch nicht kontrolliert. Über eine mögliche Ko-Intervention werden keine Angaben gemacht, bzw. nicht kontrolliert.</i></p>	
<p>ERGEBNISSE</p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Entfällt <input type="radio"/> Nicht angegeben 	<p>Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. $p < 0.05$)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen? Falls es um viele Ergebnisse ging: Wurde dies bei der statistischen Analyse berücksichtigt?</p> <p><i>Kraft, EMG und fMRI Daten wurden mittels einer ANOVA untersucht. Da es bei der Ultraschallmessung baseline-Unterschiede in den beiden Gruppen gab, wurde eine one-way ANCOVA durchgeführt. Zur Evaluation der Signifikanz wurde eine</i></p>	

<p>War(en) die Analyse­methode(n) geeignet?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> <u>Ja</u> <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben 	<p>one-way ANOVA, Tukey post hoc test oder ein abhängiger t-Test durchgeführt. Als Programm wurde SPSS verwendet.</p> <p>X Das Signifikanzniveau wurde für $P < 0,05$ festgelegt.</p> <p><i>(Interventionsgruppe) Das Handkrafttraining der nicht immobilisierten Extremität führte zu einem Krafterhalt (+0,8%) in der kontralateralen, immobilisierten Extremität und einem damit verbundenen erhöhtem Aktivitätsvolumen im kontralateralen Motorkortex.</i></p> <p><i>(Kontrollgruppe) Die Kraft der immobilisierten Extremität reduzierte sich um 11% und es konnte keine Veränderung der Aktivität im kontralateralen Motorkortex nachgewiesen werden.</i></p>
<p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> <u>Ja</u> <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben 	<p>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?</p> <p><i>Die Autoren und Autorinnen vermuten aufgrund der Erkenntnisse dieser Studie, dass unilaterales Krafttraining der nicht immobilisierten Extremität zu einem erhöhten Output des Motorkortex führt, wodurch der schädliche Effekt durch eine Immobilisation (3,3% Abnahme der Muskeldicke und 11% Kraftverlust) reduziert werden kann.</i></p>
<p>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> <u>Nein</u> 	<p>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</p> <p>X <i>Ob ursprünglich mehr als die 14 Probanden und Probandinnen an der Studie teilnahmen, wird nicht beschrieben. Angaben über Fälle von Ausscheiden werden nicht gemacht.</i></p>
<p>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN</p> <p>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> <u>Ja</u> <input type="radio"/> Nein 	<p>Zu welchem Schluss kam die Studie? Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis? Welches waren die hauptsächlichsten Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie?</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Begrenzungen</u> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Stichprobengröße <input type="radio"/> Studiendesign (kein RCT) <input type="radio"/> Limitationen wurden nicht genannt. <p><i>Krafttraining der nicht verletzten Extremität hat das Potenzial, die Genesung der verletzten Extremität zu verbessern, da der durch die Immobilisation verursachte Kraftverlust der betroffenen Extremität reduziert wird.</i></p>

Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien

© Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. und Westmorland, M., 1998

McMaster-Universität

STUDIE

Magnus, C. R., Arnold, C. M., Johnston, G., Haas, V. D.-B., Basran, J., Krentz, J. R. & Farthing, J. P. (2013). Cross-education for improving strength and mobility after distal radius fractures: a randomized controlled trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 94(7), 1247-1255.

Kommentare

<p>ZWECK DER STUDIE</p> <p>Wurde der Zweck klar angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> <u>Ja</u> <input type="radio"/> Nein 	<p>Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Physiotherapie und/oder Ihre Forschungsfrage?</p> <p><i>(Zweck) Die Studie untersucht den kontralateralen Effekt durch unilaterales Krafttraining nach einer unilateralen, distalen Radiusfraktur und erfasst die Muskelkraft, Bewegungsausmass (ROM) und Funktion als Outcomeparameter.</i></p> <p><i>(Ziel) Ziel der Studie war es, Cross Education (CE) bei Frauen über 50 Jahren mit einer unilateralen, distalen Radiusfraktur anzuwenden und den Effekt auf Handkraft, ROM und Funktion auszuwerten.</i></p> <p><i>(Hypothese) Krafttraining der nichtbetroffenen Extremität in Kombination mit Standardrehabilitation der betroffenen Extremität führt zu einer grösseren Verbesserung der Kraft und Funktion im Vergleich zur alleinigen Standardrehabilitation nach unilateraler, distaler Radiusfraktur.</i></p> <p><i>Die Autoren und Autorinnen schreiben, dass die möglichen Effekte durch die CE einen offensichtlichen Nutzen in der Rehabilitation von unilateralen Verletzungen haben könnten und beschreiben damit die klinische Relevanz.</i></p> <p><i>X Der Zweck der Studie und eine dazu passende Hypothese wurden explizit formuliert. Die Relevanz des Themas und der Forschungsfrage für die Physiotherapie wurde ebenfalls beschrieben.</i></p>
<p>LITERATUR</p> <p>Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> <u>Ja</u> <input type="radio"/> Nein 	<p>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</p> <p><i>Die Autoren und Autorinnen zitieren eine Studie (Stromberg 1986), welche CE an orthopädischen Patienten untersucht haben; Arai 2001 fehlt. Ausserdem geben die Autoren und Autorinnen drei weitere Studien an, welche CE an Gesunden mit Immobilisation untersuchten: sehr unvollständig.</i></p> <p><i>X Die Notwendigkeit der Studie wurde gerechtfertigt und durch relevante Hintergrundliteratur begründet. Die Aufzählung der relevanten Hintergrundliteratur ist jedoch unvollständig.</i></p> <p><i>Die Autoren und Autorinnen geben an, dass es bis jetzt keine randomisierte kontrollierte Studien (RCT) gibt, welche einen kontralateralen Effekt durch unilaterales Krafttraining bei Patienten mit einer Pathologie, untersuchten, die eine</i></p>

	<p><i>Immobilisation zur Folge hat.</i></p> <p><i>Nach Wissensstand der Autoren und Autorinnen gibt es in der Klinik kein Rehabilitationsprotokoll gibt, welches ein Krafttraining der nichtbetroffenen Seite bei unilateraler Radiusfraktur einschliesst.</i></p> <p><i>Zudem wird die Prävalenz der Radiusfraktur, v.a. bei älteren Frauen beschrieben und dadurch die Stichprobe in Hinsicht auf Pathologie, Geschlecht und Alter begründet.</i></p>
<p>DESIGN</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <u>randomisierte kontrollierte Studie (RCT)</u> ○ Kohortenstudie ○ Einzelfall-Design ○ Vorher-Nachher-Design ○ Fall-Kontroll-Studie ○ Querschnittsstudie ○ Fallstudie 	<p>Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprach das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (outcomes), auf ethische Aspekte)?</p> <p><i>Es wurde eine RCT mit einer Kontroll- und einer Interventionsgruppe sowie einem 26 Wochen Follow-up durchgeführt. Die Gruppenzuteilung erfolgte randomisiert, mittels eines Computerprogramms. In vorherigen Studien mit gesunden Probanden wurde bereits ein Kraftzuwachs auf der kontralateralen Seite gezeigt. Deshalb wurde als primäres Outcome der Faktor Kraft gewählt. Zur Erhebung der Kraft der Finger-, Hand- und Unterarmmuskulatur wurde ein Handkraftmessgerät verwendet. Zudem wurde die ROM gemessen und zur Bestimmung der Funktion wurde der Patient Rated Wrist Evaluation (PRWE) Fragebogen verwendet. Da die Probanden und Probandinnen der Kontrollgruppe eine gängige Standardtherapie erhielten und nicht von anderen Therapien ausgeschlossen wurden, waren die Untersuchungen ethisch vertretbar.</i></p> <p><i>X Angesichts des Wissenstands zur betreffenden Fragestellung und der gewählten Outcomeparameter ist die Wahl eines RCTs nachvollziehbar. Ob das Handkraftmessgerät valide für das Erheben der Kraft in der angegebenen Muskulatur ist (Finger, Hand- und Unterarmmuskulatur), wird nicht angegeben. Ebenfalls fehlen Angaben zur Korrelation des PRWE und der Funktion.</i></p> <p><i>Gruppe 1 (train) erhielt die Standardtherapie und führte zusätzlich ein Krafttraining der nichtbetroffenen Extremität aus. Gruppe 2 (control) erhielt nur die Standardtherapie. Die Studie war einfach verblindet, da laut den Autoren und Autorinnen, der Arzt und die Durchführenden nicht wussten in welcher Gruppe die Teilnehmenden eingeteilt sind. Der Arzt instruierte die Probanden und Probandinnen wie die Übungen durchzuführen sind. Ob Arzt und Durchführende über Zweck und Hintergrund der Studie informiert waren, wird nicht explizit erwähnt. Ob die Probanden und Probandinnen über die Gruppenzuteilung informiert wurden, wurde ebenfalls nicht geschildert.</i></p> <hr/> <p>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Patienten trainierten allein daheim. Das Training konnte falsch, anders oder gar nicht durchgeführt worden sein.</i> - <i>Zusätzliche Aktivitäten und Trainings der Probanden und Probandinnen wurden nicht aufgelistet</i> - <i>Grosser Unterschied in der Anzahl operierter Frakturen in</i>

	<p><i>Kontroll-(2) und Interventionsgruppe (9)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Trainingsgruppe sollte 3x/Woche trainieren. Um in die Analysen eingeschlossen zu werden, reichte 1x/Woche. Trainingswirksamer Reiz und Homogenität des Trainingsumfangs innerhalb der Gruppe sind fraglich. - Fragebogen zu Quantifizierung der Funktion valide? - Handkraftmessgerät geeignet zur Messung/Training der Finger, Hand- UND Unterarmmuskulatur? Relevanz für den Alltag? - PRWE für Woche 1 wurde retrospektiv für die Zeit vor der Fraktur erhoben. Dies kann die Ergebnisse in beide Richtungen verändern, da sich Probanden und Probandinnen meist nicht mehr genau erinnern können. - Kraft: die nichtbetroffene Seite wurde immer zuerst getestet. Woche 1 wurde der Wert der nichtbetroffenen Seite für die betroffene Seite übernommen. Je nachdem, ob die nichtbetroffene Seite dominante oder nichtdominant war, kann das Ergebnis entweder in die eine oder andere Richtung verzerrt werden. - kein Vergleich der ROM zwischen betroffener und nichtbetroffener Seite
<p>STICHPROBE</p> <p>N = 51</p> <p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein 	<p>Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?) Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Einschlusskriterien: Frauen, Alter > 50 Jahre, unilaterale, distale Radiusfraktur (nicht älter als 2 Wochen)</i> - <i>Ausschlusskriterien: Frühere Verletzungen der oberen Extremität, Gelenksprobleme, welche den Alltag beeinflussen, Geschichte neurologischer Erkrankungen der oberen Extremität, Radiusfraktur älter als 2 Wochen, multiple Frakturen des Unterarms, kognitive Beeinträchtigungen (Mini-Cognitive Assessment Instrument for Dementia)</i> <p><i>An der Studie nahmen insgesamt 51 Frauen über 50 Jahren teil, die eine unilaterale, distale Radiusfraktur hatten, die nicht älter als 2 Wochen waren. 39 Probandinnen wurden schlussendlich in die finale Datenanalyse eingeschlossen. Die detaillierten Ein- und Ausschlusskriterien sind aufgelistet. Zwischen beiden Gruppen gab es keine signifikanten Unterschiede in den deskriptiven Merkmalen (Alter, Körpergröße, Gewicht, Waterloo Handedness Score, Zeit im Gips, Fraktur auf der dominanten/nichtdominanten Seite, Anzahl Frakturen, die operativ versorgt wurden und die Anzahl Probandinnen, die von sich aus zusätzlich in physiotherapeutischer Behandlung waren).</i></p> <p><i>X Die Probandinnen wurden aus einem Universitätsspital in Saskatoon (Kanada) rekrutiert und konnten sich freiwillig für oder gegen die Teilnahme entscheiden, wie genau ist jedoch nicht beschrieben. In den deskriptiven Merkmalen gibt es zwischen den beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede. Auffällig ist der Unterschied von operierten Frakturen in der Trainingsgruppe (9) und der Kontrollgruppe (2). Die Ein- und Ausschlusskriterien der Stichprobe wurden detailliert genannt. Eine Beschreibung und Angaben zur Validität des verwendeten Mini-Cognitive-Assessment Instrument for Dementia wird nicht gegeben.</i></p>

Wurde die Stichprobengrösse begründet?

- Ja**
- Nein
- Entfällt

Beschreiben Sie die Ethik-Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung eingeholt?

Patienten gaben ihr schriftliches Einverständnis. Die Studie wurde vom „Biomedical Ethics Review Board“ der „University of Saskatchewan“ genehmigt. Die Stichprobengrösse wurde mittels einer Software „G Power 3.1“ für das primäre Outcome Kraft errechnet und die benötigte Stichprobengrösse auf 36 festgelegt.

X Die benötigte Stichprobengrösse wurde ermittelt und begründet. Die Dropouts wurden ebenfalls aufgezählt und der Grund dafür genannt. Die wohlinformierte Zustimmung der Probandinnen wurde eingeholt. Einem Ethikantrag wurde durch die zuständige Ethikkommission stattgegeben.

ERGEBNISSE (outcomes)

Geben Sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtungen (pre-, post-, follow up)).

- follow up
- 1,3,6,9,12,26 Wochen nach der Fraktur
- Woche 3 und 6 wurden nicht in die finale Analyse integriert
- Der Parameter Kraft für die betroffene Seite wurde nur in Woche 9,12 und 26 gemessen (In Woche 1 nur für nichtbetroffene Seite)

Outcomemessungen wurden für alle Probandinnen während der regulären Kontrollterminen (Woche 1,3,6,9,12,26 nach der Fraktur) in der Klinik erhoben. Der Gips wurde nach 6 Wochen entfernt.

Waren die outcome Messungen zuverlässig (reliabel)?

- Ja
- Nein
- Nicht angegeben**

Outcome Bereiche (z.B. Selbstversorgung (self care), Produktivität, Freizeit)

Listen Sie die verwendeten Messungen auf.

Waren die outcome Messungen gültig (valide)?

- Ja
- Nein
- Nicht angegeben**

- *Isometrische maximale Handkraft (MVC, Handdynamometer)*
- *Aktives Bewegungsausmass (ROM, Goniometer)*
- *Schmerz und Funktion (PRWE)*
- X Es wurden für alle drei Messungen keine Angaben zur Reliabilität oder Validität gemacht.*

Kraft:
Gemessen wurde die isometrische maximale Handkraft für beide Extremität mittels eines Handkraftmessgerätes (Baseline Hydraulic Hand Dynamometer, PO Box 1500, White Plains, NY 10602). Die Messposition der Probanden wurde genau beschrieben (Sitzend, Arm seitlich vom Körper in kompletter ADD, Ellenbogen in 90° flex, Handfläche nach medial zeigend). Ob der Unterarm frei oder aufgelegt war wird nicht beschrieben. Der Maximalwert nach 3 maximal willkürlichen Kontraktionen wurde bestimmt. Eine Kontraktion betrug 3s mit einer Pause von

		<p>1 Minute zwischen den Kontraktionen. Die nichtbetroffene Seite wurde immer zuerst getestet.</p> <p>ROM:</p> <p>Das aktive Bewegungsausmass im <u>betroffenen</u> Handgelenk für flexion, extension, supination und pronation wurde mittels eines Goniometers gemessen. Als Mass wurde der Wert bei Flexion und Extension und bei Supination und Pronation addiert. Die Messposition der Probandinnen wurde beschrieben und ist identisch mit der Position bei der Kraftmessung. Wer die Messungen durchführte und eine genaue Beschreibung der Messung (an welchen Punkten wurde das Goniometer angelegt?) wird nicht beschrieben.</p> <p>Funktion (PRWE):</p> <p>Um Schmerzen und Funktion im <u>betroffenen</u> Handgelenk in Bezug auf Aktivitäten des täglichen Leben (ADLs) zu erfassen wurde ein 15-item PRWE Fragebogen verwendet. Subjektive Angaben zu Schmerz und Funktion wurde anhand einer Skala von 0 (=kein Schmerz/keine Schwierigkeiten) bis 10 (=grösster Schmerz/Unfähigkeit die Aktivität durchzuführen) erfasst. Alle Punkte wurden zu einer Gesamtpunktzahl addiert (0=bestes Ergebnis, 150=schlechtestes Ergebnis). Welche Items der PEWE beinhaltet und auf welche Aktivitäten er sich bezieht wird nicht genannt.</p>
<p>MASSNAHMEN</p>	<p>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Massnahmen in der physiotherapeutischen Praxis wiederholt werden?</p>	

Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben?

- Ja
- Nein**
- Nicht angegeben

Wurde Kontaminierung vermieden?

- Ja
- Nein**
- Nicht angegeben
- Entfällt

Wurden gleichzeitig weitere Massnahmen (Ko-Intervention) vermieden?

- Ja
- Nein**
- Nicht angegeben**
- Entfällt

Sowohl die Standardtherapie (Kontrollgruppe und Interventionsgruppe), als auch die Intervention (nur Interventionsgruppe) wurden zwar durch den Operateur instruiert, jedoch erfolgte keine Kontrolle und die Übungen wurden selbstständig von den Probandinnen zu Hause durchgeführt. Der Inhalt der Standardtherapie wurde zwar grob beschrieben, eine detaillierte Schilderung des Heimübungsprogrammes fehlt. Die Standardtherapie beinhaltete keine Übungen für die nichtbetroffene Seite, jedoch wurde den Probanden weder untersagt die nichtbetroffene Seite zu trainieren, noch wurde dies kontrolliert (z.B. via Fragebogen). Deshalb kann eine Kontaminierung nicht ausgeschlossen werden. Zudem beanspruchten 7 Probandinnen pro Gruppe zusätzlich Physiotherapie. Inhalt und Umfang der Therapie ist nicht festgehalten. Auch wurden weitere Aktivitäten nicht erfasst, weshalb eine Ko-Intervention nicht vermieden (Physiotherapie) bzw. nicht angegeben wurde. Die Massnahme der Interventionsgruppe wurde detailliert beschrieben. Jedoch fehlt eine genaue Beschreibung der Fingerposition am Handkraftmessgerät. Wie das Ausgangsniveau jeder einzelnen Probandin ermittelt wurde wird nicht erwähnt. Da nicht beschrieben könnten die Übungen der Standardtherapie nicht wiederholt werden. Die Massnahmen der Intervention könnten weitestgehend wiederholt werden, jedoch fehlen Angaben zum Ausgangsniveau, zur Progression und zur Fingerposition.

Standardtherapie:

- *Unterarmgips für 40,4+-6.2 Tage*
- *6 Kontrolltermine beim Operateur in Woche 1,3,6,9,12 und 26*
- *Einführung in 3 (während Gips, 6 Wochen post OP, 9 Wochen post OP) Heimübungsprogramme in Papierform*
- *Aktive Bewegungsübungen für Nacken, Schulter, Ellenbogen, Finger und Daumen während der Immobilisation zur Verbesserung und Erhalt des ROM.*
- *Aktive und passive Bewegungsübungen zur Verbesserung des ROM im Handgelenk und der Hand (Supination, pronation, Flexion, Extension) nach Entfernung des Gips.*
- *Dehnübungen wurden bis zur 9. Woche nach der Fraktur weitergeführt und mit Kraftübungen ergänzt*
- *Kraftübungen (wie Handgelenk-Curls, Greifen eines Balls) sollten 1x/Tag 10-12mal durchgeführt werden.*
- *Ab 12. Woche nach der Fraktur wurden bestehende Aktivitätslimite aufgehoben (nicht beschrieben welche) und die Pat angehalten die Übungen weiterzuführen*
- *Anruf (2x/Woche): Wurden gefragt wie sich ihr Handgelenk anfühlt und ob sich etwas im Vergleich zum letzten Anruf geändert hat*

Intervention:

- *Standardtherapie*
- *Isometrisches Krafttraining: Maximale Handkraft (greifen mit Handkraftgerät (a) oder Federhandkraftgeräte (c) → Krafttraining der Finger-, Hand-, Unterarmmuskulatur*

	<ul style="list-style-type: none"> • 2 Sätze á 8 Wdh → max 5 Sätze á 8 Wdh • 3 Sekunden / Kontraktion • 3x/Woche (1mal ausreichend damit kein dropout) • Kraftübungen wurden daheim, allein ausgeführt • Progression selbstständig, Kontrolle via Anruf (2x/Woche) und gelegentlichen Besuchen • Beginn: nach dem ersten Klinikbesuch. • Stufe: extra leicht (0.7-2.3kg); extra schwer (4.1-14.1kg) • Kraft wurde vorab bestimmt (nicht angegeben wie, keine Werte) um das Startniveau der Trainingsgeräte zu bestimmen (keine genauen Angaben)
<p>ERGEBNISSE</p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein ○ Entfällt ○ Nicht angegeben <p>War(en) die Analyse(n) geeignet?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein ○ Nicht angegeben 	<p>Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. $p < 0.05$)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen? Falls es um viele Ergebnisse ging: Wurde dies bei der statistischen Analyse berücksichtigt?</p> <p><i>X Die verwendeten Analysemethoden wurden detailliert in schriftform und mit Tabellen angegeben und waren geeignet. Das Signifikanzniveau wurde bei $p > 0.05$ festgelegt.</i></p> <p><i>Die Datenanalyse wurde mittels SPSS durchgeführt. Fehlende Datenpunkte wurden mittels eines MCAR (missing completely at random) Verfahren, bei dem der Gruppenmittelwert den fehlenden Datenpunkt ersetzt, ergänzt. Gruppe x Zeit x Arm ANOVA wurde zunächst für outcome Kraft und Gruppe x Zeit ANOVA für ROM durchgeführt. Post hoc Analysen wurden mittels 1-Weg ANOVA und Bonferroni Anpassungen durchgeführt.</i></p> <p><i>Hauptergebnis: Krafttraining der nichtbetroffenen Extremität nach einer distalen Radiusfraktur führt in der 12. Woche post-OP zu einer Verbesserung der Kraft und der ROM in der betroffenen Extremität.</i></p> <p>Kraft: (* = signifikanter Unterschied)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Group x Time Interaktion ($F_{3,37}=4.01$, $P=0,009$, $partial\ n^2=0,098$) * - Zeit x Arm Interaktion ($F_{3,37}=108,38$, $P<0,001$, $partial\ n^2=0,745$) * - <u>Betroffene Seite:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Signifikanter Unterschied zw Training- und Kontrollgruppe in Woche 12 (17,3+-7,4kg und 11,8+-5,8kg) (Bonferroni-Korrektur, $P<0,05/3=0,017$) - Kein signifikanter Unterschied zw. Training- und Kontrollgruppe in Woche 9 (12,5+-8,2kg; 11,3+-6,9kg) und Woche 26 (23,0+-7,6kg; 19,6+-5,5kg) - Signifikanter Unterschied von Woche 1 zu allen anderen Messzeitpunkten (9,12,26) für die Trainings- und Kontrollgruppe (Bonferroni Korrektur für multiple Vergleiche, $P<0,05$) - In der Trainingsgruppe war Woche 9 (12,5+-8,2kg) signifikant unterschiedlich zu Woche 12 (17,3+-7,4kg) - Signifikanter Unterschied in der Trainingsgruppe von Woche 9 und 12 zu Woche 26 (23,0+-7,6kg) (Bonferroni-Korrektur für multiple Vergleiche, $P<0,05$) - In der Kontrollgruppe gab es einen signifikanten Unterschied zwischen Woche 9 (11,3+-6,9kg) und 12 (11,8+-5,8kg) zu Woche 26 (19,6+-5,5kg) (Bonferroni-Korrektur für multiple Vergleiche, $P<0,05$)

- Nicht-betroffene Seite

- Der Kraftwert erhöhte sich in der Trainingsgruppe signifikant von Woche 1 (28,1+-6,0kg) auf Woche 9 (30,8+-6,9kg), 12 (30,7+-6,5kg) und 26 (31,0+-6,9kg) (Bonferroni-Korrektur für multiple Vergleiche, $P<0,05$)

- Der Kraftwert verringerte sich in der Kontrollgruppe signifikant von Woche 9 (26,9+-4,4kg) auf Woche 12 (24,9+-4,4kg) (Bonferroni-Korrektur für multiple Vergleiche, $P<0,05$)

- Es gab einen signifikanten Unterschied zw den Gruppen für die nichtbetroffene Seite in Woche 9, 12 und 26. Mit Bonferonie-Korrektur nur noch in Woche 12 ($P<0,5/3=P<0,017$)

ROM

- Es gibt eine signifikante Gruppe x Zeit Interaktion für Flex(ext ($F_{2,37}=8,20$, $P=0,001$, partial $\eta^2=0,0181$)

- und einen signifikanten Zeit-Haupteffekt für flex/ext ($F_{2,37}=30,09$, $P<0,001$, partial $\eta^2=0,449$) und sup/pron ($F_{2,37}=8,13$, $P=0,001$, partial $\eta^2=0,180$)

- Signifikanter Unterschied für flex/ext zw der Trainingsgruppe (100,5°+-19,2°) und der Kontrollgruppe (80,2°+-28,7°) in Woche 12 (Bonferronie-Korrektur, $P<0,05/3=0,017$)

- Keine signifikanten Unterschiede zw der Trainings- und Kontrollgruppe für flex/ext in Woche 9 (78,0°+-20,7° und 81,7°+-25,7°) und Woche 26 (104,4°+-15,5° und 106,0°+-26,5°), genauso wie für sup/pro in Woche 9 (153,9°+-23,9° und 151,8°+-33,0°), 12 (170,9°+-9,3° und 156,7°+-20,8°) und Woche 26 (169,4°+-11,9° und 162,8°+-18,1°)

- In der Trainingsgruppe gab es einen signifikanten Unterschied für flex/ext zw Woche 12 (100,5°+-19,2°) und 26 (104,4°+-15,5°) (Bonferronie-Korrektur für multiple Vergleiche, $P<0,05$)

- In der Kontrollgruppe gab es einen signifikanten Unterschied für flex/ext zwischen den Wochen 9 (81,7°+-25,7°) und 12 (80,2°+-28,7°) zu Woche 26 (106,0°+-26,5°) (Bonferronie-Korrektur für multiple Vergleiche, $P<0,05$)

- Keine weiteren signnifikanten Unterschiede für sup/pron

PRWE

- Keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen in Woche 1

- Signifikanter Zeiteffekt ($F_{3,37}=48,93$, $P<0,001$, partial $\eta^2=0,0569$).

- Kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen in Woche 9 (54,2+-39,0 und 65,2+-28,9), 12 (36,4+-37,2; 46,2+-35,3), und 26 (23,6+-25,6; 19,4+-16,5)

- Keine weiteren signifikanten Unterschiede

<p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <u>Ja</u> ○ Nein ○ Nicht angegeben 	<p>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?</p> <p><i>Die klinische Bedeutung der Ergebnisse wurde im Ergebnisteil nicht angegeben. Mögliche klinische Relevanz wird im Diskussteil beschrieben.</i></p> <p><i>Sowohl die Kontroll- als auch die Interventionsgruppe zeigten eine klinisch relevante Verbesserung im PRWE.</i></p>
<p>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <u>Ja</u> ○ Nein 	<p>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</p> <p><i>Eine Probandin aus der Interventionsgruppe wurde nicht in die finale Datenanalyse eingeschlossen, da sie die minimale Anzahl an Trainingseinheiten (1/Woche) nicht erreichte. Ein genauer Grund für die Probandin wurde nicht angegeben. Das Nichtschießen der Probandin wird mit dem Verweis auf eine intention-to-treat-Analyse begründet und auf die einschlägige Literatur verwiesen.</i></p>
<p>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN</p> <p>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <u>Ja</u> ○ Nein 	<p>Zu welchem Schluss kam die Studie? Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis? Welches waren die hauptsächlichsten Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie?</p> <p><i>Krafttraining der nichtbetroffenen Extremität (also CE) nach einer distalen Radiusfraktur führt in der 12. Woche post-OP zu einer Verbesserung der Kraft und der ROM in der betroffenen Extremität.</i></p> <p><i>Nach Wissensstand der Autoren der Studie ist das die erste RCS, welche einen verstärkenden Effekt durch CE auf die Kraft der betroffenen Extremität bei Patienten mit einer Fraktur einer Extremität aufzeigt. Dies könnte Auswirkungen auf zukünftige Rehabilitationsprotokolle bei unilateralen Verletzungen der Extremität haben.</i></p> <p><i>Der Kraftzuwachs von Woche 9 zu Woche 12 beträgt ohne Krafttraining der nichtbetroffenen Seite 4,4% und mit Krafttraining 38%.</i></p> <p><i>Trotz Kraftzuwachs durch CE, keine signifikante Verbesserung im PRWE. Keine Ergebnisse weisen auf einen Effekt durch CE auf Funktion und Schmerz hin.</i></p> <p><i>Es kann noch keine evidenzbasierte Aussage darüber getroffen werden, dass CE-Krafttraining zu einer Verbesserung des ROM führt. Es benötigt weitere Untersuchungen, um darüber eine Aussage machen zu können.</i></p> <p><i>Weitere Untersuchungen sind notwendig, bevor die Implementierung der CE in die klinische Praxis empfohlen werden kann.</i></p> <p><u>Begrenzungen</u></p> <p><i>- Können nicht sicher sagen, ob die Probandinnen der Trainingsgruppe die Übungen, wie angegeben durchgeführt haben</i></p>

- Grund für den Kraftzuwachs der Trainingsgruppe von Woche 9 auf 12 könnte einfach eine mehrbenutzung des nichtbetroffenen Arms sein. Die Kontrollgruppe hätte dies jedoch auch tun können und zeigten dennoch eine Kraftabnahme von Woche 9 auf 12.

- Keine Kontrolle der Durchführung der Standardtherapie

- Effekt durch zusätzliche PT nicht gemessen/berücksichtigt

- Operativ/konservativ behandelte Patientinnen. Aufgrund der kleinen Stichprobenanzahl waren keine subgruppen möglich.

Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien

© Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. und Westmorland, M., 1998

McMaster-Universität

STUDIE

Pearce, A., Hendy, A., Bowen, W. & Kidgell, D. (2013). Corticospinal adaptations and strength maintenance in the immobilized arm following 3 weeks unilateral strength training. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(6), 740-748.

Kommentare

<p>ZWECK DER STUDIE</p> <p>Wurde der Zweck klar angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein 	<p>Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Physiotherapie und/oder Ihre Forschungsfrage?</p> <p><i>(Zweck) Die Studie hat zum Zweck, in der Fachliteratur bestehende Hypothesen über die kortikospinalen Mechanismen hinter der Cross Education (CE) mittels Transkranieller Magnetstimulation (TMS) zu beweisen und somit ein CE basiertes Krafttraining als optimale Behandlung alternativ zu frühfunktionellem Training zur Erhaltung der Kraft und Muskeldicke in immobilisierten Extremitäten zu unterstützen.</i></p> <p><i>(Ziel) Die Autoren dieser Studie hatten zum Ziel, die kortikospinalen Adaptionen vor und nach einer dreiwöchigen Immobilisation und unilateralem Krafttraining der Ellbogenflexoren bei gesunden Probanden und Probandinnen zu quantifizieren. Dieses Ziel wurde unter Einbezug der Faktoren Kraft (1RM und MVC), Muskeldicke (mm) und der kortikospinalen Erregbarkeit (TMS und M-Welle) definiert und angestrebt.</i></p> <p><i>(Hypothese) Supraspinale Mechanismen infolge unilateralen Krafttrainings sind für eine CE in der immobilisierten Extremität verantwortlich und mittels TMS Messungen quantifizierbar.</i></p> <p><i>X Der Zweck und das Ziel der Studie sind klar dargestellt. Eine spezifische Fragestellung ist nicht vorhanden, kann jedoch anhand der Einleitung angenommen werden. Die klinische Relevanz der Studie wurde nur kurz angesprochen und bezieht sich vor Allem auf die Beweislage optionaler Rehabilitationsmethoden, insbesondere die CE und deren neurophysiologischen Mechanismen.</i></p>
<p>LITERATUR</p> <p>Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein 	<p>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</p> <p><i>Die relevante Hintergrundliteratur wird klar ersichtlich miteinbezogen und in Kontext mit CE gebracht. Verschiedene Studien von Farthing und Kollegen (2007, 2009, 2011) sowie Carroll (2006, 2008), Hortobágyi (1996, 2003, 2005, 2011) und Magnus (2006) wurden für theoretische Hintergrundinformationen und zur Erklärung der CE zitiert. Besonders im Zusammenhang mit neurophysiologischen oder kortikospinalen Mechanismen wird wiederholt auf Studien von Farthing hingewiesen, der unter anderem Untersuchungen mit funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRI) durchgeführt hat (Farthing et</i></p>

	<p>al. 2007). Eine Studie von Kidgell et al. (2011) hat die kortikospinale Erregbarkeit bei unilateralem Krafttraining zwar bereits mit TMS analysiert, jedoch nicht unter den Umständen einer Immobilisation der untrainierten Extremität.</p> <p>Um nun eine konkrete Aussage zur Stimulation der kortikospinalen Prozesse bei CE bei unilateralem Krafttraining zu machen und diese in Relation einer Immobilisation zu bringen, wurde es für die Autoren notwendig, TMS Untersuchungen in diesem Setting durchzuführen.</p>
<p>DESIGN</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ randomisierte kontrollierte Studie (RCT) ○ Kohortenstudie ○ Einzelfall-Design ○ <u>Vorher-Nachher-Design</u> ○ Fall-Kontroll-Studie ○ Querschnittsstudie ○ Fallstudie 	<p>Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprach das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (outcomes), auf ethische Aspekte)?</p> <p><i>In der vorliegenden Studie handelt es sich um ein Vorher-Nachher-Design bei dem alle Probanden und Probandinnen vor und nach den Interventionen auf die Muskelkraft der Ellbogenflexoren beidseits sowie der Muskeldicke untersucht und anhand TMS analysiert wurden.</i></p> <p><i>Um einen direkten Vergleich zu erlangen, wurden drei Gruppen gebildet. Die erste Gruppe (Immob + train) unterlief einem dreiwöchigen Krafttraining der rechten Ellbogenflexoren, während die nichtdominante, linke Seite mittels Schlinge immobilisiert wurde. Die zweite Gruppe (Immob) musste kein Krafttraining durchführen, wurde jedoch am linken Arm ebenfalls immobilisiert. Die dritte Gruppe (Control) wurde angewiesen, ihrem Alltag ganz normal ohne Immobilisation nachzukommen.</i></p> <p><i>Das optimale Studiendesign in einem solchen Setting wäre die randomisierte kontrollierte Studie (RCT). Obwohl im Abstrakt darauf hingewiesen wird, dass die 28 Teilnehmenden „randomly divided“ wurden, kann im Methodenteil keine Randomisierung festgestellt, oder in der gesamten Studie ein Hinweis zur Randomisierung gefunden werden. Deshalb stellt diese Studie kein konkretes RCT dar.</i></p> <p>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.</p> <p><i>Stichprobe: Die Autoren versuchen klinisch relevante Aussagen zu treffen, obwohl sie nur gesunde Probanden und Probandinnen untersucht haben. Da gewisse neurophysiologische Prozesse gehemmt oder verstärkt werden, sobald eine Pathologie am Körper vorhanden ist, müssten Personen mit Pathologien für ein konkretes und klinisch aussagekräftiges Resultat analysiert werden. Die Randomisierung der Stichproben und das Rekrutierungsverfahren werden nicht beschrieben. Dies hat zur Folge, dass die Homogenisierung der Gruppen und der Stichprobe nicht nachvollziehbar ist, Störfaktoren nicht ausgeschlossen und eine systematische Verzerrung in diesem Bereich nicht verhindert werden kann.</i></p> <p><i>Interventionen: Die Testpersonen wurden angehalten, die Schlinge für 15 Stunden am Tag zu tragen und diese nur zum Schlafen und für die Körperpflege (bathing) abzunehmen. Während den neun Stunden der freien Mobilität des linken Armes</i></p>

	<p><i>werden jedoch verschiedene neurophysiologische Prozesse ablaufen und motorische Einheiten aktiviert. Diese Mechanismen sind bei Pathologien und kompletter Immobilisation nicht möglich, respektive kommen nur in sehr verminderter Form vor.</i></p> <p><i>Da die Probanden und Probandinnen nicht über die drei Wochen zu jeder Stunde überwacht werden konnten, mussten diese ein „Qualitative self-reported compliance survey“ ausfüllen. Wie zuverlässig dieser Fragebogen ausgefüllt wurde, ist nicht bekannt. Diesbezüglich müsste auch der menschliche Faktor der Gesinnung herbeigezogen werden, da angenommen werden kann, dass die Teilnehmenden compliant sein und die Autoren der Studie unterstützen wollen. Dies würde eine Verzerrung der Resultate des Fragebogens bewirken. Zum Fragebogen fehlen ausserdem sämtliche Angaben über Herkunft und Validität.</i></p> <p><i>Zur Durchführung der regelmässigen Krafttrainings der Immob + train Gruppe wurde nicht erwähnt, ob diese unter Supervision stattfanden. Dies lässt vermuten, dass sie im häuslichen Setting durchgeführt wurden. Somit kann eine korrekte oder effektive Ausführung sämtlicher Einheiten seitens der Autoren nicht garantiert werden.</i></p> <p><i>Die Angaben zum Tageszeitpunkt der durchgeführten Testungen zur Kraft, Muskeldicke, TMS, etc. fehlen vollständig. Der Tageszeitpunkt ist insofern von Bedeutung, dass die Testresultate durch Zeitdauer der Applikation, also der Schlinge, beeinflusst werden können. Trägt ein Proband oder eine Probandin die Schlinge erst für eine Stunde, da die Testungen am Morgen durchgeführt werden und der Teilnehmer oder die Teilnehmerin vorher die Körperpflege durchgeführt hat, wird möglicherweise ein anderes Resultat eruiert werden, als wenn die Schlinge bis zum Abend bereits zehn Stunden appliziert worden ist.</i></p> <p><i>Wie die Autoren im Diskussionsteil bemerken, wurden keine EMG Messungen während der Trainingseinheiten durchgeführt. Anhand solcher Untersuchungen hätten weitere neurophysiologische Prozesse (Mirror-EMG) ausgeschlossen werden können, welche für eine Aussage über die kortikospinalen Mechanismen von Bedeutung gewesen wäre.</i></p> <p><i>Prüfende Personen: Es werden keine Angaben darüber gemacht, wer oder wie viele Personen die Testungen an den Teilnehmenden durchgeführt haben. Besonders in Bezug auf die Untersuchungen mit TMS und EMG sowie die Messungen der Muskeldicke ist es wichtig, dass alle Einstellungen stets einheitlich sind.</i></p>
<p>STICHPROBE</p> <p>N = 28</p> <p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein 	<p>Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?) Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</p> <p><i>Für die Stichproben wurden 28 gesunde Probanden und Probandinnen ohne Erfahrung im Bereich Krafttraining ausgewählt. Die Teilnehmenden sind alle Rechtshänder und Rechtshänderinnen und zwischen 16-34 Jahre jung. Die dominante Seite wurde anhand des Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971) eruiert. Grösse und Gewicht der Probanden und Probandinnen wurden ebenfalls in einer Tabelle aufgezeigt. Für die Einteilung in die drei Gruppen Immob + train (n=9), Immob (n=9) und Control (n=10) wurden die</i></p>

<p>Wurde die Stichprobengröße begründet?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Entfällt 	<p><i>Teilnehmenden anhand der Kraft vor Interventionsbeginn gematcht. In den Immobilisationsgruppen waren je vier Männer und fünf Frauen, in der Kontrollgruppe war die Geschlechterverteilung ausgeglichen. Die Teilnehmenden wurden im Vorfeld mit sämtlichen Übungen und Testprozessen bekannt gemacht, um Lerneffekte zu vermeiden.</i></p> <p><i>Die Begründung zur Größe der Stichproben wurde ausgelassen. Weitere Angaben zur Bestimmung der Gruppenzugehörigkeit sowie das komplette Auswahlverfahren und die Rekrutierung der Probanden und Probandinnen wurden nicht beschrieben.</i></p>	
<p>ERGEBNISSE (outcomes)</p> <p>Waren die outcome Messungen zuverlässig (reliabel)?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben <p>Waren die outcome Messungen gültig (valide)?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input checked="" type="radio"/> Nicht angegeben 	<p>Geben Sie an, wie oft outcome Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtungen (pre-, post-, follow up)).</p> <p><i>Vor und nach der dreiwöchigen Trainingsphase mussten alle Teilnehmenden eine Testbatterie (siehe Liste unten) durchlaufen. Um die Reproduzierbarkeit zu gewährleisten, mussten alle Probanden und Probandinnen zweimal auf MVC und TMS getestet werden, jeweils mit einer Woche Differenz. Für die Muskeldicke durch Ultraschall wurde eine Teilstichprobe von acht Teilnehmenden eine Woche nach der ersten Testbatterie untersucht. Warum dies nur acht Personen waren und wie diese acht selektioniert wurden, wird in der Studie nicht erklärt.</i></p> <p>Outcome Bereiche (z.B. Selbstversorgung (self care), Produktivität, Freizeit)</p>	<p>Listen Sie die verwendeten Messungen auf.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die maximale, dynamische Willkürkraft wurde anhand des 1RM gemessen. Die maximale, isometrische Willkürkraft (MVC) hingegen wurde mittels eines handheld Dynamometers aufgezeichnet. - Mit einem kompakten Ultraschallgerät konnte der kombinierte Durchmesser der Ellbogenflexoren eruiert werden. Nach der Bildgebung konnte die Dicke in Millimeter angegeben werden. - Um die neurophysiologischen Prozesse zu analysieren, wurden TMS-Messungen, die

		damit zusammenhängenden Aufnahmen von M-Wellen, sowie das Oberflächen-EMG durchgeführt.
<p>MASSNAHMEN</p> <p>Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben <p>Wurde Kontaminierung vermieden?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben <input type="radio"/> Entfällt <p>Wurden gleichzeitig weitere Massnahmen (Ko-Intervention) vermieden?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben <input type="radio"/> Entfällt 	<p>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Massnahmen in der physiotherapeutischen Praxis wiederholt werden?</p> <p><i>Die beiden Immobilisationsgruppen wurden angehalten, für 15 Stunden am Tag (während dem sie wach waren) eine standardisierte Armschlinge über dem nicht dominanten Arm zu tragen. Die Schlinge wurde nach einem vorgegebenen Protokoll appliziert und hielt den Ellbogen in 90° Flexion und ziemlicher Ruhigstellung des Armes, um die Ellbogenflexoren komplett zu entlasten. Die Probanden und Probandinnen durften die Schlinge nur zur Körperpflege (Baden) und zum Schlafen abnehmen. Während der Immobilisationsphase wurde es nicht erlaubt, Motorfahrzeuge zu steuern oder irgendwelche körperliche Arbeit zu verrichten. Um zu kontrollieren, wie lange, wann und unter welchen Umständen die Teilnehmer die Schlinge trugen oder eben nicht, mussten diese einen qualitativen Fragebogen ausfüllen und wurden mit einer Punktzahl bewertet.</i></p> <p><i>Die Immob + train Gruppe musste während drei Wochen mit dem rechten Arm ein genau vorgegebenes unilaterales Krafttraining mit hoher Belastung durchführen. Es wurden insgesamt neun Trainingssessions mit je vier Sets von 6-8 Wiederholungen Biceps Curls und einer Last von 80% des 1RM absolviert. Das Übungsintervall betrug vier Sekunden Extensionsbewegung und drei Sekunden Flexion. Zwischen den Sets wurde jeweils für drei Minuten pausiert. Konnten die Probanden und Probandinnen vier Sets mit acht Wiederholungen durchführen, wurde das Gewicht der Hanteln um 5% erhöht.</i></p>	
<p>ERGEBNISSE</p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Entfällt <input type="radio"/> Nicht angegeben <p>War(en) die Analysemethode(n) geeignet?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben 	<p>Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. $p < 0.05$)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen? Falls es um viele Ergebnisse ging: Wurde dies bei der statistischen Analyse berücksichtigt?</p> <p><i>Die gesammelten Daten wurden anhand der Shapiro-Wilk und Kolmogorov-Smirnov Tests als normalverteilt angesehen. Die abhängigen Variablen Kraft, MVC, Muskeldicke und kortikospinale Erregung wurden vor der Interventionsphase mittels einfaktorieller Varianzanalyse (ANOVA) evaluiert. Die Resultate nach der Intervention wurden mit zweifaktoriellen ANOVA analysiert, wobei die Signifikanz auf $p < 0.05$ gesetzt wurde. Post hoc Vergleiche wurden angewendet, wo diese nötig oder hilfreich waren. Um die Muskelkraft und Veränderungen der MEP (motor-evoked potential) miteinander zu vergleichen wurden Korrelationskoeffizienten nach Pearson angewendet.</i></p> <p><i>Kraft: Die Post hoc Analyse zeigte eine signifikante Reduktion der Kraft des linken Armes in der Immob Gruppe nach der dreiwöchigen Immobilisation. In der Immob + train Gruppe hingegen wurde keine statistisch signifikante Reduktion der Kraft des linken Armes festgestellt. Die Kraft der Ellbogenflexoren im rechten Arm nahm hingegen in der Immob + train Gruppe gemäss Post hoc Analyse signifikant zu, wobei sie in der Immob Gruppe nur gering (nicht signifikant) rückläufig war.</i></p>	

	<p><i>Diese Resultate bezogen sich auf Testungen des 1RM in Kilogramm sowie auf die isometrische Muskelkraft (MVC) in Newton.</i></p> <p><i>Muskeldicke: Ähnlich der Resultate im Bereich Kraft verhielten sich auch die gesammelten Daten der Muskeldicke in Millimeter. Die Post hoc Analyse stellte eine signifikante Reduktion des Muskeldurchmessers im linken Arm nach dreiwöchiger Immobilisation in der Immob Gruppe dar. In der Immob + train Gruppe hingegen wurde keine signifikante Reduktion im linken Arm, jedoch eine statistisch signifikante Ausweitung der Muskeldicke der Flexoren im rechten Arm verzeichnet.</i></p> <p><i>Kortikospinale Mechanismen: Die Post hoc Analysen haben ergeben, dass sich die kortikospinale Erregung in der Immob Gruppe nach allen Stimulationsintensitäten verminderte, während dem sich die kortikospinale Erregung in der Immob + train Gruppe über alle Intensitäten signifikant verstärken konnte.</i></p>
<p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben 	<p>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?</p> <p><i>Die Ergebnisse sind klinisch insofern bedeutsam, weil sie einerseits aufzeigen, wie schnell die Muskelkraft und –dicke aufgrund von Immobilisationen abnimmt. Andererseits stellen sie offensichtlich dar, dass eine solche Reduktion von Masse und Kraft mittels unilateralen Trainings der homologen Muskelgruppen gehemmt werden kann. Diese klinische Bedeutung bezieht sich jedoch nur auf die CE.</i></p> <p><i>Über die klinische Bedeutsamkeit der kortikospinalen Mechanismen und Zusammenhängen mit CE, respektive Erhaltung oder Reduktion von Kraft und Muskeldicke der immobilisierten Muskelgruppen, können keine Aussagen gefunden werden.</i></p>
<p>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein 	<p>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</p> <p><i>Über das Ausscheiden von Probanden und Probandinnen wird nicht berichtet. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Daten sämtlicher 28 Teilnehmer zu Verfügung standen und es diesbezüglich keine Komplikationen gab.</i></p>
<p>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN</p> <p>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein 	<p>Zu welchem Schluss kam die Studie? Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis? Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie?</p> <p><i>Der Zweck dieser Studie war es, den Effekt des unilateralen Krafttrainings auf die kortikospinale Erregbarkeit zu untersuchen, die der Erhaltung von Kraft und Muskeldicke bei einer dreiwöchigen Immobilisationsphase der oberen Extremitäten zugrunde liegt. Die Autoren konnten aufzeigen, dass unilaterales Krafttraining der nicht betroffenen Extremität die Kraft und Muskeldicke der kontralateralen homologen Muskelgruppe</i></p>

erfolgreich aufrecht erhalten konnte. Neue Erkenntnis konnte durch die Anwendung von TMS gewonnen werden, um trainingsbezogene Effekte von Krafttraining auf die kortikospinale Erregung zu bestimmen. Diese Mechanismen konnten in der Immob + train Gruppe beispielsweise aufrechterhalten bleiben, während dem sie in der Immob Gruppe nach drei Wochen Immobilisation reduziert vorgefunden wurden. Diese Studie präsentiert erste Evidenz zur Erhaltung von Kraft und kortikospinaler Erregung als Resultat von unilateralem Krafttraining der nicht betroffenen, freien Extremität.

Konkrete Angaben zu kortikalen Mechanismen können anhand der Ergebnisse dieser Studie nicht gemacht werden. Ausserdem besteht die Möglichkeit, dass Spiegel-EMG-Aktivität die Resultate zur Erhaltung der Kraft und Muskeldicke verfälschen konnte. Dies könne gemäss den Autoren nur mittels genauer Abklärung von Spiegel-EMG-Aktivität in Bezug auf die Erhaltung von Kraft und Muskelstruktur in immobilisierten Extremitäten herausgefunden werden. Während den Interventionen in dieser Studie wurden die trainierten und immobilisierten Extremitäten nicht mit dem EMG überwacht. Die Autoren sehen dies als eine weitere Limitierung an.

Die Implikationen für die physiotherapeutische Praxis beziehen sich hauptsächlich auf die CE als alternative Rehabilitationsstrategie. Abgesehen von Empfehlungen für weitere Untersuchungen werden keine Implikationsmöglichkeiten bezüglich der kortikospinalen Mechanismen in der Studie aufgezeigt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Evidenzlage der neurophysiologischen Prozessen hinter der Erhaltung von Kraft und Muskelstruktur während einer Immobilisation stets wächst und somit das Prinzip der CE klinisch immer relevanter wird.

Weitere Schritte in diesem Bereich sollten auch die Anwendung von CE in der Behandlung von Patienten und Patientinnen beinhalten, die von akuten oder chronischen unilateralen Pathologien betroffen sind.

Anhang B

	Massnahmen
Magnus et al. 2013	<p><u>Standardtherapie:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Unterarmgips für 40.4+/-6.2 Tage - 6 Kontrolltermine beim Operateur in Woche 1, 3, 6, 9, 12 und 26 - schriftliche Einführung in 3 Heimübungsprogrammen (während Gips, 6 Wochen post-OP, 9 Wochen post-OP) - aktive Bewegungsübungen für Nacken, Schulter, Ellenbogen, Finger und Daumen während der Immobilisation zur Verbesserung und Erhalt der ROM - aktive und passive Bewegungsübungen zur Verbesserung der ROM im Handgelenk und der Hand (Supination, Pronation, Flexion, Extension) nach Entfernung des Gips - Dehnübungen bis zur 9. Woche nach der Fraktur weitergeführt und mit Kraftübungen ergänzt - Kraftübungen (wie Handgelenk-Curls, Greifen eines Balles) sollten 1x/Tag 10-12mal durchgeführt werden - ab 12. Woche nach der Fraktur bestehende Aktivitätslimiten aufgehoben (ohne genaue Beschreibung) und Patienten/Patientinnen angehalten, Übungen weiterzuführen - Anruf (2x/Woche): Wurden gefragt, wie sich Handgelenk anfühlt und ob sich etwas im Vergleich zum letzten Anruf geändert hat <p><u>Intervention:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Standardtherapie - isometrisches Krafttraining: Maximale Handkraft (greifen) mit Handkraftgerät oder Federhandkraftgerät, Krafttraining der Finger-, Hand-, Unterarmmuskulatur - 2 Sätze mit je 8 Wdh (max. 5 Sätze à 8 Wdh) - 3 Sekunden Kontraktion - 3x/Woche (mind. 1x um Dropout zu verhindern) - Kraftübungen alleine Zuhause ausgeführt - Progression selbstständig, Kontrolle via Anruf (2x/Woche) und gelegentlichen Besuchen - Beginn: nach dem ersten Klinikbesuch - Stufen: extra leicht (0.7-2.3kg); extra schwer (4.1-14.1kg) - Kraft wurde vorab bestimmt (nicht angegeben wie, keine Werte) um das Startniveau der Trainingsgeräte zu bestimmen (keine genauen Angaben)
Farthing et al. 2011	<p><u>Immobilisation</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Nichtdominante, linke, obere Extremität - Handgelenk inklusive Daumen, Finger (PIP und DIP frei), Hand und 2/3 des Unterarms - Für 21 Tage - Angelegt durch einen dafür ausgebildeten Mitarbeiter - Probanden wurden angewiesen, mit der immobilisierten Extremität keine schweren Gegenstände zu heben <p><u>Intervention</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Isometrisches Handkrafttraining - Nichtimmobilisierte, rechte Extremität - 5 Tage/Woche, 3 Sätze à 8 Wdh. - Progression: 1 Satz pro Trainingstag, max. 6 Sätze - Eine Wiederholung bestand aus einer 3 sekündigen maximalen Kontraktion - Trainings unter Aufsicht durchgeführt - Insgesamt 15 Trainingseinheiten
Arai et al. 2001	<p><u>Intervention</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - einmaliges Durchführen einer Testbatterie - alle Teilnehmenden führten 3 resistive, dynamische Übungen und 3 resistive, statische Übungen aus - unilaterale Ausführung mit gesunder, unterer Extremität - jede Intervention in je drei Kniegelenkwinkel (20°, 40°, 60°) - die Übungen wurden für jeweils 4 Sekunden durchgeführt - die prüfenden Personen waren Physiotherapiestudierende <p><u>Die sechs Übungen waren wie folgt:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) PNFER movement: Abwechslungsweise Kniegelenks(KG)-Extension(EXT) mit Hüftgelenks(HG)-Aussenrotation(AR) und KG-Flexion(Flex) mit HG-Innenrotation(IR) 2) PNFIR movement: Abwechslungsweise KG-EXT mit HG-IR und KG-Flex mit HG-AR 3) ST movement: Abwechslungsweise KG-EXT und KG-Flex in Sagittalebene ohne Hüftgelenksrotationen 4) N position: Isometrische KG-EXT während der Neutralstellung von HG und den Fussgelenken 5) PNFER position: Isometrische Anspannung während HG-Flex, HG-Adduktion und HG-AR sowie KG-EXT und dem Fuss in Dorsalextension und Eversion 6) PNFIR position: Isometrische Anspannung während HG-Flex, HG-Abduktion und HG-IR sowie KG-EXT und dem Fuss in Dorsalextension und Inversion
Pearce et al. 2013	<p><u>Immobilisation</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - dreiwöchige Schlingenapplikation des linken, nichtdominanten Armes - 15h am Tag, ausser zum Schlafen und für Körperpflege (bathing) - Ellbogenflexoren komplett entlastet in 90° Flexion - Applikation nach vorgegebenem Protokoll - Ausfüllen eines qualitativen Fragebogens um Ausführung der Immobilisation und Compliance zu bewerten (Punktzahl) - während Immobilisationsphase wurde das Führen von Motorfahrzeugen und das Verrichten physischer Arbeit untersagt <p><u>Intervention</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - 3 Trainingseinheiten während 3 Wochen unilaterales Krafttraining (Biceps Curls) mit gesunder Seite - Pro Session je 4 Sets mit 6-8 Repetitionen und Last von 80% des 1RM - Bewegungstendenz war 4 sek EXT, 3 sek Flex - zwischen den Sets wurde für 3 Minuten pausiert - Gewichtsadjustierungen nach erfolgreichen 4x8 Wiederholungen um 5%

Anhang C

Punktesystem. Punkteverteilung: Kann die Frage zur jeweiligen Studie positiv beantwortet werden, so ergibt dies 1 Punkt. Fällt die Antwort negativ aus, erhält die Studie 0 Punkte.					
Kategorien	Leitfragen	Magnus et al. 2013	Farthing et al. 2011	Pearce et al. 2013	Arai et al. 2001
Einleitung	1. Ist das Ziel der Studie klar ersichtlich?	1	1	1	1
	2. Wird die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt?	1	1	1	1
	3. Wird die vorangegangene Problemstellung aufgezeigt?	1	1	1	1
	4. Ist der theoretische Bezugsrahmen für die Studie angemessen?	1	1	1	1
Methode	5. Wird das Studiendesign ausführlich beschrieben?	1	1	1	1
	6. Entspricht das Design der Studienfrage?	1	1	1	0
	7. Sind die Probanden und Probandinnen von Pathologien betroffen?	1	0	0	1
	8. Sind die Merkmale der Studie detailliert beschrieben?	1	1	1	1
	9. Ist die Stichprobenauswahl detailliert beschrieben?	1	0	0	0
	10. Wurde die Stichprobengrösse begründet?	1	0	0	0
	11. Ist die Reliabilität der Messungen gewährleistet?	0	0	1	1
	12. Ist die Validität der Resultate gewährleistet?	0	0	0	0
	13. Werden die Interventionen detailliert beschrieben und könnten diese im klinischen Setting wiederholt werden?	1	0	1	1
	14. Wurde Kontaminierung vermieden?	0	1	1	1
	15. Wurden Ko-Interventionen vermieden?	0	0	1	1
Ergebnisse	16. Sind alle Ergebnisse klar ersichtlich?	1	1	1	1
	17. Ist die Signifikanz aller Ergebnisse angegeben?	1	1	1	1
	18. Sind allfällige Ausscheidungen begründet? (Falls keine Fälle von Ausscheiden bekannt sind, ergibt dies 1 Punkt)	1	1	1	1
Diskussion/ Schlussfolgerung	19. Werden Limitationen der Studie ausführlich genannt?	1	0	1	0
	20. Wird die klinische Relevanz der Ergebnisse erläutert?	1	0	1	1
	21. Beziehen sich die Ergebnisse der Studie auf die Fragestellung dieser Bachelorarbeit?	1	1	1	1
Totale Punktzahl (max. 21 Punkte)		17/21	12/21	17/21	16/21