

Cross Education

Wie sich unilaterales, exzentrisches Krafttraining des M. quadriceps femoris auf die kontralaterale Seite auswirkt.

Chatagny Mathieu-Daniel
S16543639

Schmid Canice
S16545162

Departement: Gesundheit
Institut für Physiotherapie
Studienjahr: PT16
Eingereicht am: 23. April 2019
Begleitende Lehrperson: Frau S. Schächtelin

**Bachelorarbeit
Physiotherapie**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
1.1	Inhaltliche Abgrenzung des Themas	7
1.2	Problemstellung.....	7
1.3	Zielsetzung	7
1.4	Fragestellung.....	8
1.5	Hypothesen	8
1.6	Motivation	8
2	Theoretischer Hintergrund.....	9
2.1	Der Muskel	9
2.1.1	Muskeladaptationen auf zellulärer Ebene	14
2.1.2	Muskeladaptationen auf biochemischer Ebene	15
2.1.3	Muskeladaptationen auf neurophysiologischer Ebene.....	17
2.1.4	Der M. quadriceps femoris	17
2.2	Krafttraining	19
2.2.1	Formen der Muskelkontraktion.....	19
2.2.2	Konzentrische und exzentrische Kontraktion	20
2.2.3	Kontraktionsgeschwindigkeiten.....	21
2.2.4	Neuromuskuläre Anpassungen beim Krafttraining.....	22
2.3	Die Cross Education.....	22
2.3.1	Eckdaten zur Cross Education.....	23
2.3.2	Theorien zu den Mechanismen der Cross Education	24
2.3.3	Anpassung auf Niveau Motokortex	25
2.3.4	Schwierigkeiten bei der Umsetzung der Cross Education in die Praxis	25
2.3.5	Empfehlungsansätze für die Praxis.....	26
3	Methode	28
3.1	Literaturrecherche	28
3.1.1	Keywords	28
3.1.2	Ein- und Ausschlusskriterien.....	31
3.1.3	Auswahl der Primärstudien	31
3.2	Instrumente zur kritischen Wertschätzung der Studien	32
4	Ergebnisse	34
4.1	Studie 1: Lepley et al. (2014).....	34
4.2	Studie 2: Hendy et al. (2017).....	35
4.3	Studie 3: Harput et al. (2018)	37

4.4	Studie 4: Papandreou et al. (2012).....	39
4.5	Würdigung der Studien.....	40
4.6	Übersicht der Outcomeparameter	43
5	Diskussion	45
5.1	Kritische Würdigung	45
5.1.1	Würdigung mittels PEDro-Skala.....	45
5.1.2	Würdigung mittels Bewertungskriterien nach Law et al.....	46
5.1.3	Gemeinsamkeiten und Unterschiede	49
5.2	Bezug zur Fragestellung.....	50
5.2.1	Relevante Outcomes	50
5.2.2	Die Cross Education	51
5.3	Transfer in die Praxis.....	53
5.4	Schlussfolgerungen	54
5.5	Limitationen dieser Arbeit	54

Abstrakt

Darstellung des Themas

Das Gliedmassen-Phänomen der Cross Education (CE), welches den Kraftzuwachs der untrainierten Seite nach unilateralem Training beschreibt, hat bis heute noch keinen festen Platz in der physiotherapeutischen Praxis gefunden.

Ziel

Ziel dieser Arbeit ist es, den CE-Effekt bei unilateralem, exzentrischem Krafttraining mit einer immobilisierten oder nicht belastbaren unteren Extremität in Bezug auf die Muskelkraft und Muskelaktivität des M. quadriceps femoris bei Patienten und Patientinnen im Alter von 18 bis 40 Jahren aufzuzeigen.

Methode

Es wurde eine Datenbankrecherche auf gesundheitspezifischen Datenbanken durchgeführt. Vier Primärstudien wurden ausgewählt und mittels der PEDro-Skala und dem Formular zur Besprechung quantitativer Studien nach Law et al. (1998) beurteilt und diskutiert.

Relevante Ergebnisse

Die vier Primärstudien zeigten auf, dass exzentrisches Krafttraining der nicht betroffenen Seite den grösseren CE-Effekt aufzeigt als andere Kontraktionsarten. Das Training sollte drei bis fünf Mal pro Woche mit einer Wiederholungszahl von 30-40 Wiederholungen pro Einheit sowie mit Kontraktionsintensitäten von 50-100% der Maximalkraft durchgeführt werden.

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigen klare Vorteile in der Benutzung der CE innerhalb der Rehabilitation. Eine sinnvolle Anwendung in der Praxis erfordert Ressourcen von den Institutionen und eine individuelle Anpassung an die Patienten und Patientinnen.

Keywords

Cross Education, Cross Activation, Eccentric Exercise, Eccentric Training, Quadriceps, ACL

Abstract

Description of the subject

Cross Education (CE) is an inter-limb phenomenon which describes the increase in voluntary force-generating capacity of the opposite untrained limb that occurs as a result of unilateral resistance training. However, it has not yet found its place in the physiotherapeutical practise.

Objective

The aim of this paper is to examine CE effects on muscle strength and activation of the quadriceps in patients between the age of 18 and 40 after unilateral eccentric training with an immobilized limb.

Methods

Research was conducted throughout several health specific databases. Four main studies were selected and evaluated using the PEDro-scale and the critical review form for quantitative studies by Law et al. (1998).

Relevant Results

The four main studies have shown that eccentric training of the uninjured limb reveals a greater CE effect than other forms of contraction. Training should be done three to five times a week with 30-40 repetitions per workout session and with an intensity of 50-100% of maximal strength.

Conclusion

The results show distinct benefits in use of CE in rehabilitation. An adequate implementation requires capabilities from institutions and an individual adaptation to each patient needs.

Keywords

Cross education, cross activation, eccentric exercise, eccentric training, quadriceps, ACL

1 Einleitung

Die Schweizer und Schweizerinnen sind im europäischen Vergleich weit vorne, wenn es um sportliche Aktivitäten geht. Genau genommen liegt die Schweiz sogar auf Platz zwei nach Schweden. 44% der Schweizer und Schweizerinnen zwischen dem 15. und 74. Lebensjahr treiben mehrmals in der Woche Sport und kommen auf mindestens drei Stunden wöchentliche Gesamtaktivität (Lamprecht, Fischer & Stamm, 2014). Wo viel Sport getrieben wird, geschehen auch vermehrt Unfälle. Jährlich verletzen sich rund 400'000 der in der Schweiz wohnhaften Sportler und Sportlerinnen. Wird die Verletzungslokalisierung betrachtet, so ist mit 23,8% Unterschenkel- beziehungsweise Sprunggelenksverletzungen und 17,4% Knieverletzungen die untere Extremität am meisten betroffen (siehe Abbildung 1). Werden die Zahlen zu den Hüft- und Oberschenkelverletzungen mit einbezogen, trifft es bei über der Hälfte aller Sporttraumata unsere wichtigen, tragenden Beine (Niemann et al., 2017).

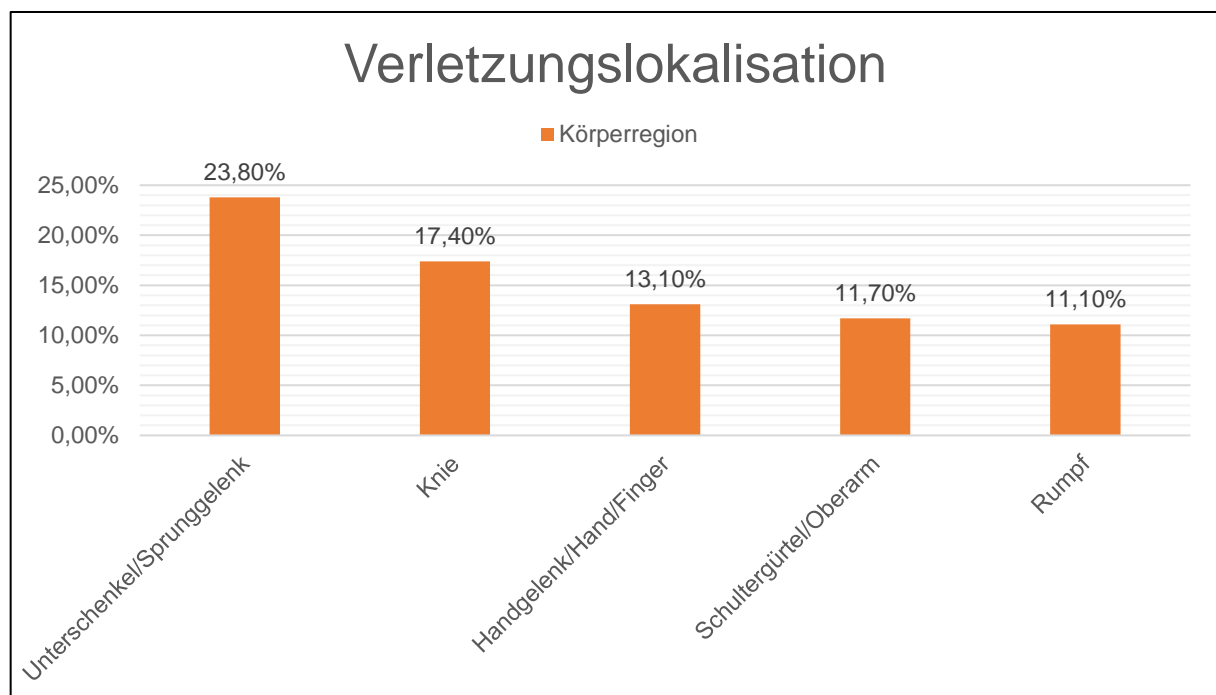


Abbildung 1: Verletzungslokalisation der fünf meist betroffenen Körperregionen in Prozent (nach Niemann et al., 2017)

Meist führt solch eine Verletzung für eine gewisse Zeit zur Immobilisation der entsprechenden Extremität. Bereits nach kurzer Dauer beginnt der Muskel durch den Nichtgebrauch zu atrophieren. Schon nach vierwöchiger Immobilisation schwindet

die Kraft des M. quadriceps femoris um 52%, wobei der Muskel um 21% seiner ursprünglichen Querschnittsfläche abnimmt. Dies bedeutet für die Patienten und Patientinnen, dass die Muskelfunktion beeinträchtigt ist und diese mittels gezielten Trainings wiederhergestellt werden muss (Veldhuizen, Verstappen, Vroemen, Kuipers & Greep, 1993). Hier sollte erwähnt werden, dass die Hälfte des zu erwartenden Kraftverlustes vom zweiten bis zum neunten postoperativen Tag geschieht. Auf den Tag behaftet sind dies jeweils zwischen 1 und 6% (Schönle, Grifka, Güth, Kramme & Naeve, 2004). Um die Rehabilitationszeit zu verkürzen, wäre es somit von Vorteil, wenn schon während der Immobilisationsphase mit dem Training begonnen werden könnte. Um dieses Potential auszuschöpfen, kann die sogenannte «Cross Education» (CE) in Betracht gezogen werden (Lee & Carroll, 2007).

Dabei handelt es sich um ein Gliedmassen-Phänomen, welches den Kraftzuwachs auf der untrainierten Extremität nach unilateralem Krafttraining beschreibt. Die CE wurde das erste Mal von Scripture, Smith und Brown (1894) in der Literatur beschrieben (Lee & Carroll, 2007). Auch in aktuellen Studien ist die CE ein oft untersuchtes Phänomen.

Bereits vor über zwanzig Jahren eruierte die Studie von Hortobàgyi et al. (1996), dass sich je nach Trainingsart unterschiedliche Transfer-Effekte zeigen können. Bei ihren Untersuchungen erwies sich ein grösserer isometrischer Kraftzuwachs auf der untrainierten Seite bei exzentrischem Training im Vergleich zu konzentrischem Training. Nach einem Jahr massen die Autoren und Autorinnen Hortobàgyi, Lambert und Hill (1997) in einer Folgestudie auf der kontralateralen Seite einen dreimal höheren exzentrischen Kraftzuwachs bei exzentrischem Training, als konzentrischer Kraftzuwachs bei konzentrischem Training.

Bei einer kürzlich erschienenen, physiotherapeutischen Bachelorarbeit von Karrer und Riesen (2017) wurde eine klinische Implementierung der CE im Zusammenhang mit orthopädischen Pathologien als sinnvoll bezeichnet. Karrer und Riesen war es jedoch nicht möglich, klare Empfehlungen zur konkreten Umsetzung in der Praxis zu

formulieren. Die Erkenntnisse aus deren Arbeit werden indes als Grundlage für die vorliegende Arbeit herangezogen.

1.1 Inhaltliche Abgrenzung des Themas

Um Vergleiche zwischen den Studienresultaten ziehen zu können, fokussieren sich die Autoren – unter Berücksichtigung der oben erläuterten Häufigkeit an Verletzungen – auf die unteren Extremitäten. Der Fokus ist auf den M. quadriceps femoris gerichtet, welcher eine entscheidende Rolle im Alltag einnimmt und bei Verletzungen der unteren Extremitäten regelmässig stark betroffen ist. Auch die Art und Weise des Krafttrainings für die CE soll eingegrenzt sein. Deshalb wird in dieser Arbeit das Augenmerk auf das exzentrische Training gesetzt, welches den zitierten Studien zufolge den grössten CE-Effekt erbringen soll. Welche Rolle der Muskel und das spezifische Training haben, wird in den Kapiteln *2.1 Der Muskel* und *2.2 Krafttraining* genauer untersucht. Zahlreiche Studien bezüglich der CE befassten sich mit Schlaganfällen oder Hemiplegien. Diese zwei Bereiche wurden für diese Arbeit ausgeschlossen.

1.2 Problemstellung

Trotz zahlreicher Untersuchungen und Studien erfahren die Autoren dieser Arbeit die CE als ein wenig verwendetes Therapieverfahren in der Praxis. Der Grund dafür dürfte vermutlich darin liegen, dass es bisher noch keine klaren Richtlinien für die Erlangung einer möglichst effizienten CE gibt. Zudem wird innerhalb der physiotherapeutischen Ausbildung die CE nicht oder nur kaum thematisiert. Werden jedoch die oben erwähnten Zahlen zu den Sportverletzungen und entsprechenden Rehabilitationen betrachtet, könnte sich eine Etablierung der CE in der Praxis als äusserst wertvoll erweisen.

1.3 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, Empfehlungen für die Anwendung der CE in der praktischen Physiotherapie zu geben. Als Grundstein dazu soll der in zahlreichen Studien erforschte Wissensstand zu den Rahmenbedingungen der CE dargelegt werden. Dieser Wissensstand und der daraus gezogene Praxistransfer sollen sich explizit auf

den Effekt der CE bei exzentrischem, unilateralem Training des M. quadriceps femoris beziehen.

1.4 Fragestellung

Welcher CE-Effekt zeigt sich bei unilateralem, exzentrischem Krafttraining mit einer immobilisierten oder nichtbelastbaren unteren Extremität in Bezug auf die Muskelkraft und Muskelaktivität des M. quadriceps femoris bei Patienten und Patientinnen im Alter von 18 bis 40 Jahren?

1.5 Hypothesen

Die Hypothese der Autoren ist, dass sich ein signifikanter CE-Effekt auf die nichttrainierte, kontralaterale Extremität zeigt. Somit gibt es einen signifikanten Muskelkraft- und Muskelaktivitätszuwachs im entsprechenden M. quadriceps femoris nach dem unilateralen, exzentrischen Training. Folglich wäre eine Implementierung der CE in der Praxis als sinnvoll und realistisch zu erachten.

1.6 Motivation

Wie die in Kapitel 1 *Einleitung* genannten Zahlen deutlich erkennen lassen, ereignen sich beachtlich viele Sportverletzungen pro Jahr. Bei der physiotherapeutischen Arbeit in einem Akutspital und im rehabilitativen Bereich werden täglich Patienten und Patientinnen mit einer Problematik der unteren Extremität behandelt. Da unter den Autoren die Seiten des Patienten sowie des Therapeuten bekannt sind, ist die CE von grossem Interesse. Bei Besprechungen mit diversen Physiotherapeuten und Physiotherapeutinnen war dieses Thema den meisten nicht bekannt beziehungsweise nur wenig vertraut. So ergab sich die Motivation für die Autoren, mit dieser Arbeit den Kollegen und Kolleginnen die CE und die genaue Anwendungsweise etwas näher zu bringen.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Der Muskel

In der Physiologie der Säugetiere wird zwischen drei Arten von Muskelgewebe unterschieden: Das glatte Muskelgewebe mit spindelförmigen Zellen, das Herzmuskelgewebe, bestehend aus parallel angeordneten Zellen, und zum Schluss das Skelettmuskelgewebe, gebildet durch zylinderförmige Zellen (Van den Berg & Cabri, 2003). Die Autoren werden sich in diesem Abschnitt der Arbeit mit der Struktur und der Funktionsweise der Skelettmuskeln auseinandersetzen und näher auf den M. quadriceps femoris eingehen.

Die Skelettmuskelzelle

Eine Skelettmuskelzelle entsteht durch das Zusammenschmelzen von Myoblasten*, wobei deren Zellkerne erhalten bleiben. Diese neu entstandenen Zellen können so

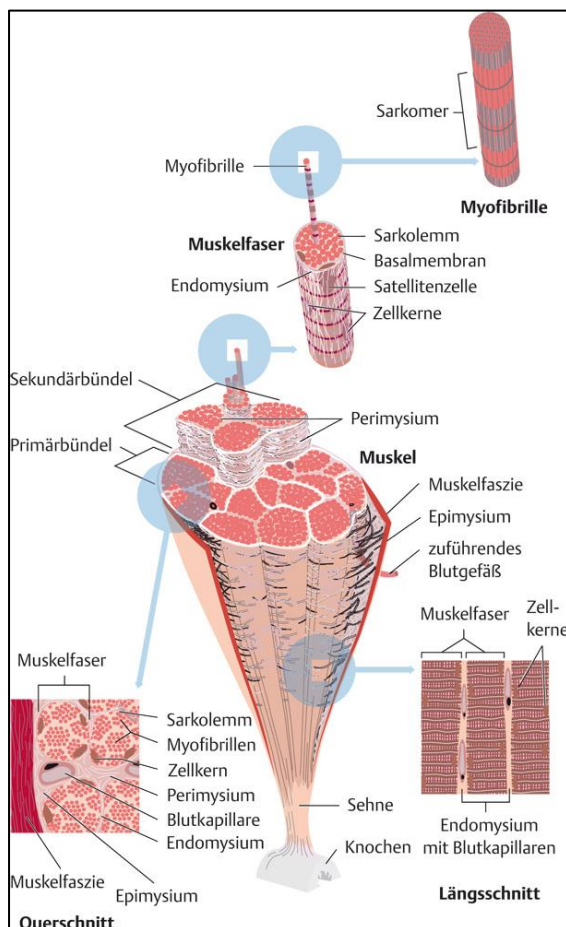


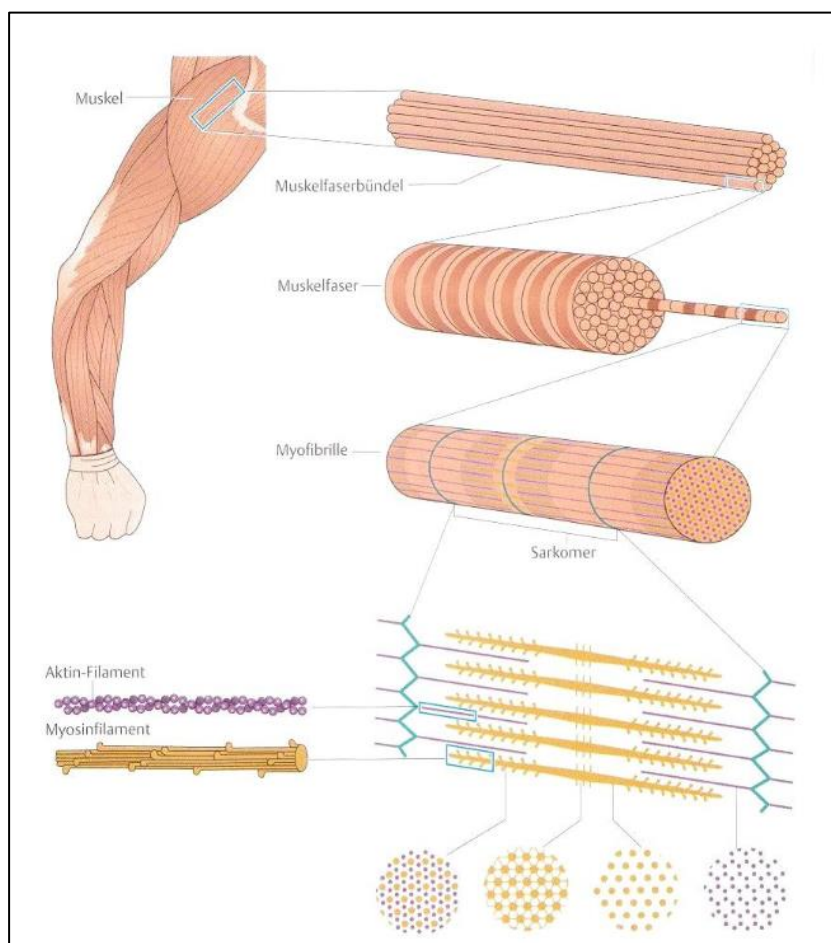
Abbildung 2: Aufbau eines Skelettmuskels (Claus-Henning et al., 2015)

bis zu 500 Zellkerne beinhalten. Jeder Zellkern hat seine eigene sog. myonukleäre Domäne* (bei * siehe Anhang A für Begriffserklärung). Eine Skelettmuskelzelle, auch Muskelfaser genannt, kann eine Länge von 20-30 cm erreichen. Sie besteht aus mehreren hundert parallel zueinander geordneten Myofibrillen, welche wiederum aus bis zu über eintausend, seriell zueinander aufgereihten Sarkomeren bestehen (siehe Abbildung 2). Eine Myofibrille ist gleich lang wie eine Muskelfaser (Claus-Henning et al., 2015). Innerhalb des gleichen Muskels ist der Querschnitt der Muskelfaser gleich, kann aber von Muskel zu Muskel variieren. Aufgrund ihrer hohen Spezialisierung tragen die einzelnen Bauteile der Zelle eigene Namen.

Statt dem Zytoplasma*, dem endoplasmatischen Retikulum*, dem Plasmalemm* und dem Mitochondrium* einer gewöhnlichen Zelle, wird bei der Muskelzelle vom Sarkoplasma, dem sarkoplasmatischen Retikulum, dem Sarkolemm und dem Sarkosom gesprochen (Van den Berg & Cabri, 2003). Skelettmuskelzellen von Säugetieren können sich aufgrund ihres postmitotischen Zustandes* weder teilen noch sind sie in der Lage, Desoxyribonukleinsäure* (DNS) zu synthetisieren. Für die Muskelfaserregeneration sind sie deshalb auf andere Zellen angewiesen (Toigo 2015).

Die Myofibrille und das Sarkomer

Myofibrillen bestehen aus den Myofilamenten Aktin (lila) und Myosin (gelb) (siehe Abbildung 3). Sie sind in einer bestimmten Struktur geordnet und werden durch diverse Proteine an Ort gehalten. Ein Myosinfilament wird stets von sechs hexagonal* angeordneten Aktinfilamenten umgeben. Der Troponinkomplex am Aktin bildet den



Fixpunkt, an dem sich die Myosinköpfe des Myosinfilaments binden können, um mittels Spaltung von Adenosintriphosphat* (ATP) einen Kraftschlag durchführen zu können. Bei Muskelbewegungen ziehen sich die Myosinfilamente in ihren hexagonalen Aktinkäfig oder sie werden aus ihm hinausgezogen. Sarkomere haben einen optimalen Arbeitsbereich, in welchem sie am meisten Kraft aufbringen können.

Abbildung 3: Histologischer Aufbau eines Muskels (Van den Berg et al., 2003)

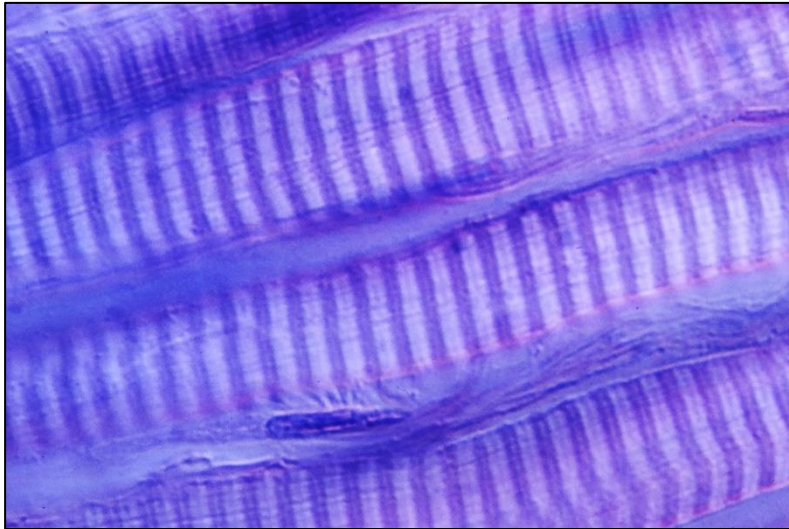


Abbildung 4: Quergestreifte Skelettmuskulatur unter dem Lichtmikroskop (Wikipedia, 2014)

Die Aufteilung der Myofibrillen in einzelne Sarkomere ist unter dem Lichtmikroskop als querverlaufende Streifen zu erkennen (siehe Abbildung 4). Diese entstehen durch die gleichmässige Anordnung der Myofilamente und deren verbindenden Proteine (Van den Berg & Cabri, 2003).

Die motorische Einheit

Eine motorische Einheit, oder *motor unit* (MU), wird aus einem Motoneuron und den davon innervierten Muskelzellen gebildet. Die Innervation findet über die motorischen Endplatten (ME) statt und wird durch die Eigenschaft des Sarkolemms, reizbar zu sein, ermöglicht. So kann es zu einer Weiterleitung des Aktionspotentials von der MU über die ME in den Muskel kommen. Ein Motoneuron innerviert stets mehrere Muskelfasern eines Muskels und ermöglicht so bei einem Aktionspotential die komplette Aktivierung des jeweiligen Muskels (Van den Berg & Cabri, 2003).

Muskelfasertypen

Im menschlichen Skelettmuskel wird grob zwischen drei unterschiedlichen Muskelfasertypen unterschieden: Typ I, Typ IIA und Typ IIX. Diese Fasertypen unterscheiden sich hauptsächlich in der Menge ATP, die pro Zeiteinheit in der Muskelfaser gespalten werden kann. Der Unterschied liegt folglich in der Anzahl Kraftschläge pro Zeiteinheit, die das Myosinköpfchen durchführen kann. Tabelle 1 zeigt den Zusammenhang von Muskelfasertypen und Arten der innervierenden MU auf (Toigo, 2015; Spring, J. Dvorak, V. Dvorak, Schneider, Tritschler und Villinger, 2008; "Skelettmuskelzellen", 2009; Niel-Asher, 2016). Die Angaben sind nicht als absolut zu betrachten, sondern als Vergleich zwischen den Typen.

Tabelle 1

Übersicht über die drei wichtigsten Muskelfasertypen und deren Eigenschaften

Muskelfaser-Typ / Eigenschaft	Typ I	Typ IIA	Typ IIX
ATP-Spaltaktivität (Vgl. zwischen Typen)	langsamer als Typ IIA & IIX	schneller als Typ I langsamer als Typ IIX	schneller als Typ I & Typ IIA
MU-Typ	<i>slow</i>	<i>fast fatigue resistant</i>	<i>fast fatigable</i>
Ermüdungsindex	hoch (relativ ermüdungsresistent)	hoch (relativ ermüdungsresistent)	niedrig (schnell ermüdbar)
Kraftproduktionsgeschwindigkeit	langsam	schnell	schnell
Kraftabnahme	minimal	klein	gross
Muskeltyp	stabilisierend	mobilisierend	mobilisierend
Tendenz zur Atrophie bei Immobilisation	hoch	niedrig	niedrig
Reaktion auf Over-Use	Verkürzung und Hypertonus	Abschwächung, Atrophie, Hypertonus	Abschwächung, Atrophie, Hypertonus

Entfaltung der Muskelkraft

Das vom Motoneuron kommende Aktionspotential (AP) wird über die ME an die Zellmembran der Muskelfaser weitergeleitet. Diese APs werden entlang der Zellmembran in den nächstgelegenen transversalen Tubulus (t-Tubulus) geleitet, wo über Natriumkanäle neue APs generiert werden, welche die t-Tubuli versorgen. Über diesen Mechanismus wird eine rasche Reizweiterleitung entlang der Zellmembran ermöglicht (siehe Abbildung 5). Die neu erzeugten APs bewirken über einen bestimmten Rezeptor die Ausschüttung von Calciumionen (Ca^{2+} -Ionen) aus dem sarkoplasmati-

schen Retikulum. Durch die Bindung dieser Ca^{2+} -Ionen an den Troponinkomplex verändert dieser seine Struktur und ermöglicht so das Andocken des Myosinkopfes an seine Oberfläche und somit auch dessen Kraftschlag. Durch die rasche Reizweiterleitung über die gesamte Länge der Muskelfaser werden alle Sarkomere aktiviert und generieren Kraft im Muskel. Werden keine APs mehr an der Zellmembran weitergeleitet, sinkt die Ca^{2+} -Ionen Konzentration. Folglich werden keine Ca^{2+} -Ionen mehr an den Troponinkomplex gebunden und das Myosinköpfchen kann somit nicht mehr andocken. Der Muskel entspannt sich (Toigo, 2015).

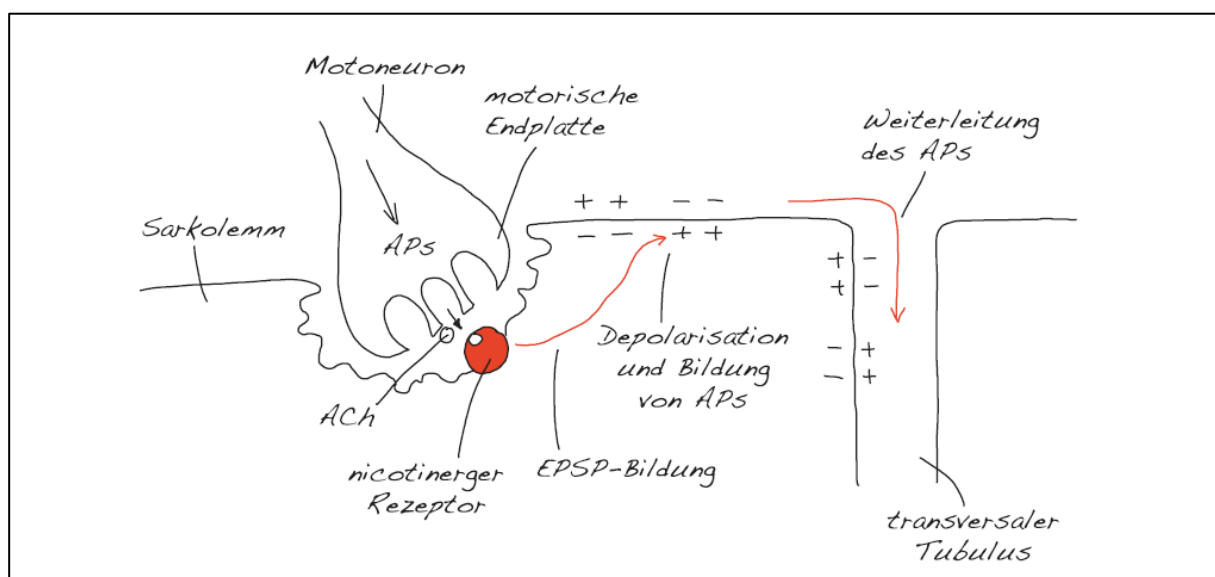


Abbildung 5: Kraftentfaltung über die Reizweiterleitung des Motoneurons an das Sarkolemm (Toigo, 2015)

Satellitenzellen

Satellitenzellen sind Muskelstammzellen, die wie Satelliten um die einzelnen Muskelfasern angeordnet sind. Die Anzahl dieser Zellen variiert stark und ist abhängig von Muskelfasertyp, Trainingszustand des Muskels, Integrität des Muskels und Alter des Individuums. Der Grossteil dieser Zellen befindet sich beim erwachsenen Menschen in den Muskelsehnenübergängen und in der Nähe von Blutkapillaren. Sie haben eine bedeutende Funktion im Regenerationsprozess von verletzten Muskelfasern.

Die Aktivität von Satellitenzellen wird unter anderem bei Gewebeschaden oder Mikroverletzungen des Muskelgewebes hochgefahren. Diese Mobilmachung findet in der gesamten Muskelfaser statt und geht mit einer erhöhten Zellbeweglichkeit entlang der Muskelfaser einher. Somit gelangen die Satellitenzellen auch zum Ort der

Beschädigung, wo sie mit der Zellteilung beginnen. Die neu entstandenen myogenen Vorläuferzellen vereinen sich entweder mit verletzten Muskelfasern oder mit anderen neuen Zellen, um neue Muskelfasern zu bilden. Um eine konstante Reserve an Muskelstammzellen und somit auch eine Regeneration von Muskelzellen über die Lebensspanne eines Menschen zu ermöglichen, entwickeln sich myogene Vorläuferzellen auch zu neuen Satellitenzellen (Toigo, 2015). Die Rolle von Satellitenzellen bei Muskelwachstum wird im nachfolgenden Kapitel 2.1.1 *Muskeladaptationen auf zellulärer Ebene* erläutert.

2.1.1 Muskeladaptationen auf zellulärer Ebene

Muskelaufbau

Bei einer gesteigerten Muskelproteinsynthese nimmt der Proteingehalt einer Muskelfaser zu, wobei sich die myonukleäre Domäne (MD) (grau) (siehe Abbildung 6) eines

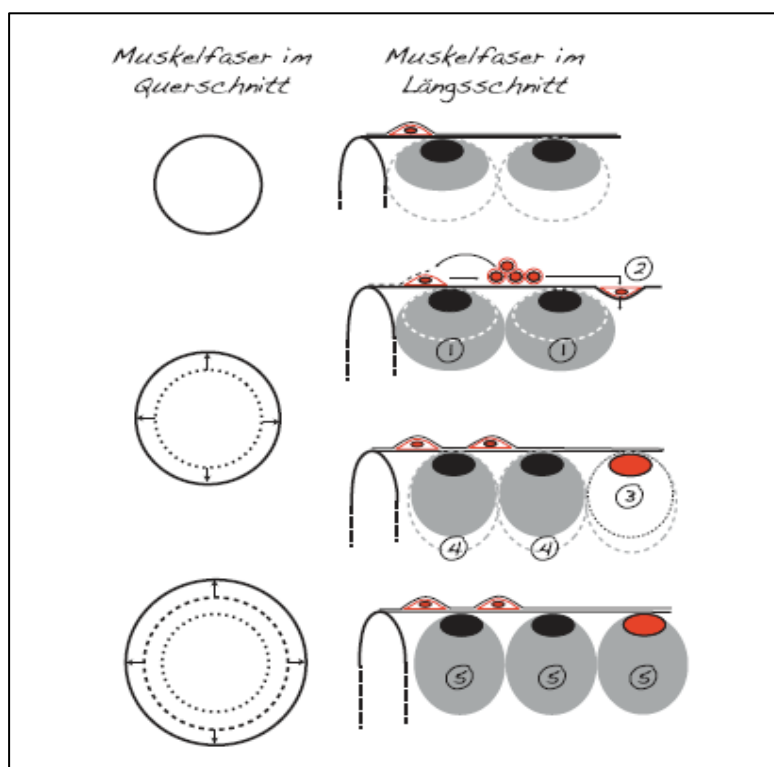


Abbildung 6: Radiale Muskelfaserhypertrophie mit Aktivität der Satellitenzellen (Toigo, 2015)

Zellkerns vergrößert. Sobald die maximale Grösse der MD erreicht wird, ist eine weitere Hypertrophie nur durch zusätzliche DNS möglich. Da ausgereifte Muskelzellkerne (schwarz) nicht dazu in der Lage sind, fusionieren Satellitenzellen (rot) mit den Muskelzellkernen und reifen zu einem zusätzlichen Muskelzellkern. Die MD pro Zellkern nimmt wieder ab, da sich das Gesamtvolumen nun auf mehr Zellkerne verteilt, und der

Muskel kann so weiter an Masse zunehmen. Zu den Anpassungen auf zellulärer Ebene des Muskels werden die Längenadaptation, die Breitenadaptation und die

Kombination der beiden gezählt. Die Längenadaptation, auch longitudinale Hypertrophie genannt, beschreibt eine Veränderung der Länge eines Muskels bei gleichbleibender Querschnittsfläche desselben Muskels. Konkret bedeutet dies, dass die neu synthetisierten Proteine bzw. Sarkomere der Länge nach angefügt werden. Bei der Breitenadaptation, oder radialen Hypertrophie, geschieht eine Veränderung des Querschnitts eines Muskels bei dessen gleichbleibender Länge. Dabei werden die neu synthetisierten Proteine bzw. Sarkomere parallel zueinander eingereiht. Eine Veränderung der Muskelfaseranzahl ist weder beim Muskelaufbau noch beim Muskelabbau festzustellen (Toigo, 2015).

Muskelatrophie

Hemschemeier, Schatzl & Maelicke (o.D.) geben folgende Umschreibung:

Bei der Muskelatrophie bleibt die Zellzahl zwar erhalten, aber der Proteingehalt der Zelle verringert sich. Dies bedeutet eine Verkleinerung des Muskelquerschnitts und damit eine deutlich verminderte Muskelleistung. Eine Inaktivitätsatrophie tritt auf, wenn zum Beispiel ein Skelettmuskel längere Zeit nicht bewegt werden kann oder darf.

2.1.2 Muskeladaptationen auf biochemischer Ebene

Der Muskelquerschnitt bzw. das Muskelvolumen sind laut Toigo (2015) direkt proportional zur Muskelproteinmasse. Die sog. Netto-Muskelproteinbilanz beschreibt das Gleichgewicht zwischen der *muscle protein synthesis rate** (MPS) und der *muscle protein breakdown rate** (MPB) (Toigo, 2015).

Hypertrophie

In ihrer Studie über die Steigerung von MPS nach Krafttraining fanden Biolo, Maggi, Williams, Tipton und Wolfe (1995) heraus, dass es drei Stunden nach Krafttraining zu einer Verdoppelung der MPS im Vergleich zum Ruhezustand kommt. Dieser Zuwachs an Proteinsynthese wird stets von einer Zunahme der Ribonukleinsäuren-Aktivität* (RNS-Aktivität) und des Übertritts von Aminosäuren in den Muskel begleitet, was eine Zunahme produktiver Zellaktivität bedeutet. Biolo et al. (1995) stellten auch

eine um 50% vergrößerte MPB fest. Die oben erwähnte Netto-Muskelproteinbilanz wäre demzufolge positiv, was zu einem Muskelmassenzuwachs führt.

Gardiner (2011) erläutert, dass im Gegensatz zum Ausdauertraining, bei dem sich der Muskel auf Stoffwechselebene der Belastung anpasst, beim Krafttraining von Anpassungen aufgrund der Kräfte, die auf den Muskelapparat wirken, ausgegangen wird. Bei einem Schaden der Muskelfasern kommt es zu einer Entzündungsreaktion mit einsetzender Wundheilung. Die genauen Mechanismen hinter dem Muskelzuwachs bei einem Muskelschaden sind zurzeit noch unbekannt. Phillips et al. (1999, zitiert nach Gardiner, 2011, S. 157) stellten fest, dass der Effekt einer exzentrischen Krafttrainingseinheit auf die MPS und MPB bei trainierten Personen kleiner war als bei untrainierten Personen. Da die Muskeln von trainierten Menschen resistenter gegen Zugkräfte sind und deshalb weniger Schaden erleiden als diejenigen von untrainierten Menschen, kann von einem starken Zusammenhang zwischen Muskelschaden und Muskelproteinsynthese ausgegangen werden.

Atrophie

Bei der Atrophie von Muskelgewebe auf biochemischer Ebene finden dieselben Vorgänge statt wie bei der Nahrungskarenz. Das Gleichgewicht zwischen Proteinbiosynthese und Proteolyse* wird in Richtung letzterer verschoben. Dieses Gleichgewicht wird einerseits vom Atrogin-1-Gen* reguliert. Ihm entgegengesetzt wirken Glukokortikoide* und Wachstumsfaktoren wie Insulin* und *insuline like growth factor** (IGF-1). Solche Wachstumsfaktoren stimulieren die Proteinkinase B* (PKB), welche wiederum eine weitere Proteinkinase bewirkt und damit eine gesteigerte Proteinbiosynthese in Gang setzt. Durch die gesteigerte Proteinbiosynthese wird der im Zytosol* befindliche Transkriptionsfaktor für die Aktivierung der Transkription des Atrogin-1-Gens phosphoryliert* und somit ausser Gefecht gesetzt. Bei einer Immobilisationsatrophie ist das Vorkommen von Insulin und IGF-1 deutlich geringer. Dies führt über die oben genannten Mechanismen zu einer gesteigerten Transkription des Atrogin-1-Gens, was eine Gleichgewichtsverschiebung der Proteinsynthese zugunsten der Proteolyse zur Folge hat (Löffler & Petrides, 2014).

2.1.3 Muskeladaptationen auf neurophysiologischer Ebene

Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, werden sich die Autoren in diesem Abschnitt auf die Anpassungen der MU begrenzen. Als Feuerrate der MU wird die Anzahl APs, die eine MU an eine Muskelfaser in einer bestimmten Zeit weiterleitet, verstanden. MUs eines Muskels feuern im untrainierten Individuum nicht optimal synchronisiert. Übertragen die MUs ihre APs gleichzeitig auf den Muskel, werden mehr Muskelfasern zur gleichen Zeit angesteuert, wodurch mehr Kraft generiert wird. Gezieltes Krafttraining führt zu einer Synchronisation der Rekrutierung der MUs und somit zu deren gleichzeitigem Feuern. Weiter erhalten die MUs von mehreren, zum Teil auch inhibitorisch wirkenden Neuronen ihren Input. Krafttraining hat auch hier eine Wirkung, und zwar diese Inhibition zu vermindern. Zusätzlich führt Krafttraining zu einer verminderten Aktivierung der antagonistisch wirkenden Muskulatur und gleichzeitig zu einer gesteigerten Aktivierung der Synergisten (Abernethy, Kippers, Hanrahan, Pandy, McManus, & Mackinnon 2013). Bei einer Immobilisation werden diese Mechanismen wieder rückgängig gemacht (Ives, 2018).

2.1.4 Der M. quadriceps femoris

Die Anteile

Mit seinen fünf Anteilen ist der M. quadriceps femoris (siehe Abbildung 7) der einzige Extensor im Kniegelenk und als solcher ein bedeutsamer Stabilisator im Stand (Schünke, Schulte & Schumacher, 2014). Der M. rectus femoris ist der einzige zweigelenkige Anteil des M. quadriceps femoris, indem er über das Knie und das Hüftgelenk zieht. Gleich unterhalb des M. rectus femoris liegt der M. vastus intermedius (Hochschild, 2012). Durch seine unmittelbare Nähe zum Femur ist der M. vastus intermedius bei Schlägen auf den Oberschenkel oft am stärksten von Kontusionen betroffen (Müller-Wohlfahrt, Ueblacker & Hänsel 2014). Am lateralen Oberschenkel befindet sich der grösste Muskelteil des Quadriceps, der M. vastus lateralis. Auf der Innenseite

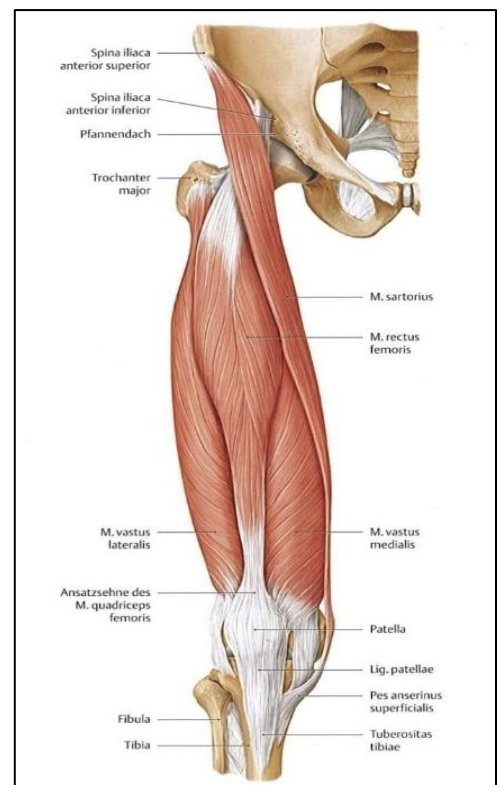


Abbildung 7: Der M. quadriceps femoris (Schünke et al., 2014)

des Femurs liegt der M. vastus medialis. Der distale Anteil dieses Muskels, der M. vastus medialis obliquus, muss aufgrund seiner speziellen Funktion separat betrachtet werden. Als fünfter und kleinster Teil des vorderen Oberschenkelmuskels ist der M. articularis genu zu erwähnen. Er befindet sich direkt auf dem Knochen und zieht mit seinen Fasern in die Gelenkkapsel. Er wird auch Kapselstraffer genannt (Hochschild, 2012).

Muskelfasertypen und Eigenschaften von vier Quadricepsanteilen

Die Angaben bezüglich Muskelfasertypen in Tabelle 2 sollen lediglich als grobe Richtwerte betrachtet werden. Sie können nicht auf jedes Individuum übertragen werden, da sich die Muskelfaserverteilung nach der Belastungsart des jeweiligen Muskels richtet (Hochschild, 2012; Hepfer, 2006). Aufgrund fehlender ausführlicher Quellen können in diesem Abschnitt keine näheren Angaben zum M. vastus intermedius gemacht werden.

Tabelle 2

Vier Quadricepsanteile und deren Eigenschaften

Quadricepsanteil	Vorwiegender Fasertyp	Zusatzfunktion	Besonderes
M. rectus femoris	Typ I	Stabilisierung Körperabschnitte Beine und Becken übereinander	Neigt zu Verkürzungen
M. vastus lateralis	Typ I	- Haltefunktion des Knies in Extension - Patella Stabilisie- rung nach lateral	Neigt zu Hypertonus
M. vastus medialis	Typ II	Extension im Kniegelenk	Neigt zur Atrophie
M. vastus medialis obliquus	Typ II	Patella Stabilisie- rung nach medial	Neigt zur Atrophie

Funktion des M. quadriceps femoris

Wie bereits im Abschnitt zu den Anteilen des M. quadriceps femoris erwähnt, ist er der einzige Muskel, der eine Extension im Kniegelenk bewirken kann. Der Quadriceps ist demzufolge einer der bedeutsamsten Muskeln für die Aufrichtung des menschlichen Körpers (Gumpert, 2019). Er spielt somit eine grosse Rolle beim Aufstehen, Stehen, Gehen und beim Treppensteigen, um hier nur die fundamentalsten alltäglichen Bewegungen zu erwähnen. Weiter sorgt der M. quadriceps femoris beim Strecken des Kniegelenks dafür, dass keine Sehnen, Nerven und sonstiges Gewebe zwischen Kniescheibe und Oberschenkelknochen eingeklemmt werden (Nonnenmacher, 2018). Bei einem Funktionsverlust des M. quadriceps femoris kann seine Funktion als Kniestrecker durch vollständiges Extendieren kompensiert werden. Der dorsale Kapselbandapparat hält gegen eine Überstreckung des Gelenks an und ermöglicht so einen relativ simplen Ausweichmechanismus, der jedoch einen negativen Einfluss auf die Stabilität des Kniegelenks hat. Dieser negative Einfluss resultiert aus einer Überlastung des Kapselbandapparates (Grifka & Schönle, 2004; Schünke et al., 2014; Hochschild, 2012).

2.2 Krafttraining

2.2.1 Formen der Muskelkontraktion

Isotonische Kontraktion

Vom griechischen *isos* (gleich) und *teinein* (spannen) lässt sich ableiten, dass es bei dieser Kontraktionsform darum geht, die Muskeln über einen bestimmten Zeitraum in eine Richtung arbeiten zu lassen. Eine isotonische Kontraktion durchläuft der M. quadriceps femoris, zum Beispiel beim Treppensteigen. Sowohl muskelverkürzende wie auch -verlängernde Kontraktionen gelten als isotonisch (Müller-Wohlfahrt et al., 2014).

Isometrische Kontraktion

Bei der isometrischen Kontraktion ist von aussen keine Bewegung (griech.: *metrein*=messen) am Gelenk feststellbar. Es geschieht jedoch eine Muskelverkürzung im Inneren des Körpers um die elastischen, bindegewebigen Anteile der Muskulatur zu

straffen, damit dem externen Widerstand entgegengehalten werden kann (Müller-Wohlfahrt et al., 2014).

Isokinetische Kontraktion

Der Fachbegriff isokinetische Kontraktion (griech.: *kinesis*=Bewegung) wird nur in den Bereichen der Rehabilitation und der medizinischen Kraftmessung benutzt. Die dabei angewandten, gleichbleibenden Kräfte sind nur mit computergesteuerten Apparaten messbar. Eine isokinetische Kontraktion kann ebenfalls muskelverkürzend oder -verlängernd stattfinden. In den meisten Studien zur CE wird diese Kontraktionsform zur Kraftmessung eingesetzt (Müller-Wohlfahrt et al., 2014).

2.2.2 Konzentrische und exzentrische Kontraktion

Konzentrisch

Konzentrische Kontraktionen sind Muskelaktivitäten, bei denen der Muskel sich verkürzt, die Myosinfilamente sich folglich in das hexagonale Gitter der Aktinfilamente hineinziehen. Die dabei generierte Kraft ist proportional zum Widerstand, gegen den der Muskel arbeiten muss. Die Schnelligkeit der Bewegung und dementsprechend der Kontraktion hat dagegen einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Betrag der Kraft. Eine maximale Rekrutierung der Muskelfasern eines Muskels lässt sich nur durch einen ebenso maximalen Widerstand erreichen. Für die Entfaltung einer solchen maximalen Muskelkontraktion braucht der Muskel bis zu einer halben Sekunde, was wiederum bei schnellen Bewegungen im Sport ein Nachteil ist. Bei solchen Bewegungen ist ein Training der sogenannten Startkraft umso entscheidender. Mit einer hohen Startkraft ist es möglich, grosse Kräfte in kurzer Zeit zu produzieren (Bant, Haas, Ophey, & Steverding, 2011).

Exzentrisch

Bei der exzentrischen Kontraktion wird zwischen zwei Widerstandsarten differenziert. Wirkt der Muskel gegen einen sogenannten submaximalen Widerstand (der Widerstand ist kleiner als die maximal mögliche Muskelkraft), wird eine geringere Kraft generiert und weniger Muskelfaserrekrutierung realisiert. Wird dem Muskel ein grösser-

rer Widerstand entgegengesetzt, als er bei maximaler Kontraktion halten kann, handelt es sich um einen supramaximalen Widerstand. Im Gegensatz zur submaximalen Version verändert sich der Muskel hier nicht freiwillig, sondern wird auseinandergezogen und gedehnt. Die Folge ist eine maximale Aktivierung des neuromuskulären Apparates. Gleichzeitig werden auf Rückenmarksebene die Motoneurone aktiviert, was zu einer erhöhten Sensibilität der Muskelspindel führt. Diese messen den Spannungszustand im Muskel und können reflektorisch über das Rückenmark eine Muskelaktivierung bewirken. Konkret bedeutet dies eine Muskelfaserrekrutierung über die willkürlich angesteuerten MUs und durch das unwillkürliche Reflex-System des Rückenmarks. So können bei dieser Widerstandsart, in Abhängigkeit des Trainingszustandes, 5 bis 30% höhere Kraftwerte als bei der isometrischen oder konzentrischen Kontraktion erreicht werden (Bant et al., 2011).

2.2.3 Kontraktionsgeschwindigkeiten

Die Geschwindigkeit, mit der ein Muskel sich verkürzt, verhält sich umgekehrt proportional zum angelegten Widerstand (siehe Abbildung 8). Sie nimmt bei steigendem Widerstand hyperbolisch ab, bis letzterer der maximalen isometrischen Kraft ent-

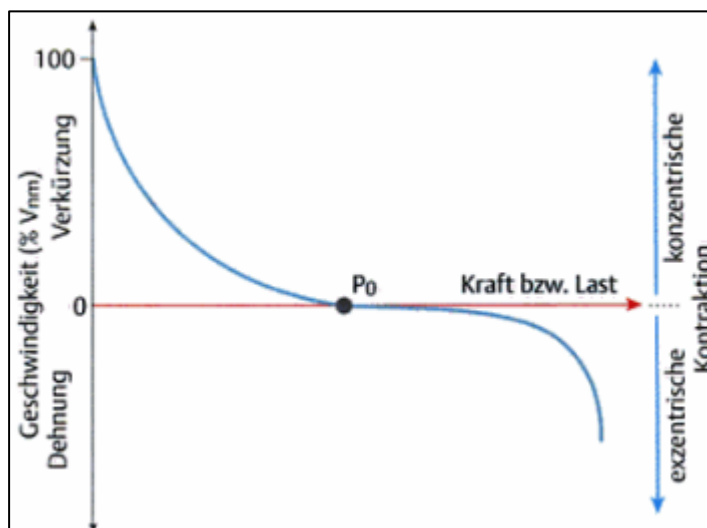


Abbildung 8: Verhältnis zwischen Muskelkraft, Last und Kontraktionsgeschwindigkeit (Müller-Wohlfahrt et al., 2014)

spricht, bei der sie gleich null ist (Müller-Wohlfahrt et al., 2014). Je grösser die Verkürzungsgeschwindigkeit, desto kleiner die Kraftproduktion. Bremst ein Muskel seine eigene Dehnung aus, vergrößert sich die generierte Kraft mit zunehmender Bewegungsgeschwindigkeit bis zu ihrem Maximalwert und bleibt dort bis zum Bewegungsende (Toigo, 2015).

2.2.4 Neuromuskuläre Anpassungen beim Krafttraining

Laut Gardiner (2011) passt sich unser Körper beim Krafttraining nicht nur mit Muskelquerschnittszunahme, zusätzlicher Vaskularisation und weiteren anabolen Prozessen an die Belastung an, sondern leitet Änderungen in drei weiteren Bereichen ein. Damit die Kraft eines Muskels optimal genutzt werden kann, darf sein Antagonist nicht zu stark dagegen spannen. Eine Kraftzunahme in einem Muskel wird laut Carolan und Cafarelli (1992, zitiert nach Gardiner, 2011, S.183) dementsprechend durch eine effektive Hemmung seines Gegenspielers erreicht. Weiter konnten Milner-Brown, Stein und Lee (1975, zitiert nach Gardiner, 2011, S.183) als erste aufzeigen, wie beim Krafttraining nicht nur der Muskel beansprucht wird, sondern auch die Motorik, da das Individuum dabei einen Bewegungsablauf übt. Um die Bewegung optimal durchzuführen, werden beim Krafttraining die MUs miteinander synchronisiert. Dadurch werden die APs in der bestmöglichen Reihenfolge an die Muskulatur weitergeleitet. Optimal synchronisierte MUs bedeuten keine simultane Feuerrate, denn die Maximalkraft ist nur durch sorgfältig, nacheinander gefeuerte Impulse zu erreichen. Da die MUs ihre Impulse vom kontralateralen Motokortex* erhalten, scheint eine Anpassung im Motokortex infolge von Krafttraining naheliegend. Auch auf Rückenmarksebene werden neuromuskuläre Anpassungen auf solche Reize vermutet (Gardiner, 2011).

2.3 Die Cross Education

Seit der ersten wissenschaftlichen Beobachtung der CE durch Scripture et al. (1894), wurden unzählige Studien zu diesem Thema durchgeführt und es sind dementsprechend viele Synonyme entstanden. Die Mehrheit der Forscher benutzen das Wort CE, wenn sie vom Krafttransfer nach unilateralem Training auf die untrainierte Seite sprechen (Andrushko, Lanovaz, Björkman, Kontulainen & Farthing, 2017; Hortobàgyi et al., 1996; Lepley & Palmieri-Smith, 2014; Hortobàgyi, Lambert & Hill, 1997; Farthing & Chilibeck, 2003; Harput et al., 2018). Ein in der Fachliteratur oft verwendetes Synonym ist der Cross-Transfer (Kidgell et al., 2015; Hosseinzadeh, Samani, Andersen, Nosaka, Arendt-Nielsen & Madeleine, 2015; Starbuck & Eston, 2011; Cirer-Sastre, Beltran-Garrido & Corbi, 2017). In zwei griechischen Studien zum Thema CE in der Rehabilitation nach einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes, wird der Begriff

Cross-Exercise verwendet (Papandreou, Billis, Papathanasiou, Spyropoulos & Papaioannou, 2012; Papandreou, Billis, Antonogiannakis & Papaioannou, 2009). Hendy, Chye & Teo (2017) benutzen in ihrer Studie über das Verhalten des Motokortex bei unilateralem Training den Begriff Cross Activation*. Dieser Begriff kann nicht gleichgesetzt werden mit CE, da er sich auf den Motokortex bezieht, statt auf den Krafttransfer und ist somit vielmehr als eine Auswirkung der CE zu betrachten. Ein Synonym der Cross Activation ist die *motor irradiation**, auch Irradiation, welche von Bartur, Ohry & Keren (2018) in ihrer Studie zur unwillkürlichen Muskelaktivität in der nichtbewegten oberen Extremität bei willkürlicher Aktivierung der kontralateralen Extremität verwendet wird. Aufgrund der häufigen Verwendung des Begriffs der CE haben sich die Autoren dieser Arbeit dafür entschieden, diesen Begriff zu nutzen. Collins, Lockyer & Button (2017) definieren die CE als neuromuskuläre Leistungssteigerung einer untrainierten Extremität bei gleichzeitigem Training der kontralateralen Extremität. Für die Autoren dieser Arbeit hat sich diese Definition als die geeignetste herauskristallisiert, da sie kurz und prägnant die wichtigsten Aspekte der CE umschreibt.

2.3.1 Eckdaten zur Cross Education

Collins, Lockyer & Button (2017) legen in ihrem Artikel folgende Punkte zur CE dar: Der Transfer beim Training der dominanten auf die nichtdominante Seite ist höher als beim Transfer in die andere Richtung. Die effektive Kraftübertragung ist proportional zum Kraftzuwachs der trainierten Extremität. Sowohl muskelverlängernde Trainingseinheiten, als auch hohe Bewegungsgeschwindigkeiten führen zu einem gesteigerten Transfer-Effekt, verglichen mit muskelverkürzenden Übungen und tiefen Übungsgeschwindigkeiten. CE unterliegt den physiologischen, metabolischen Prozessen, was bedeutet, dass die Kraftübertragung nicht früher stattfindet, als bei normalem Training der Kraftzuwachs erfolgt. Wie auch beim Krafttraining ist die Wirkung bei drei Trainingseinheiten pro Woche effektiver als bei einer Einheit. Je ungewohnter eine Bewegung für das Individuum ist, desto bedeutender ist der Transfer-Effekt. Cirer-Sastre et al. (2017) erwähnen zusätzlich eine grössere Wirkung bei untrainierten Personen, im Vergleich zu den trainierten. Aus ihrer Metaanalyse geht ebenfalls hervor,

dass die Auswirkungen der CE vielmehr von neuronalen Anpassungen als von muskulärer Natur sind. Diese Vermutung ergibt sich aus der Abwesenheit vaskulärer Anpassungen und aus der Tatsache, dass bei gewebshistologischen Untersuchungen keine Veränderungen bzgl. Hypertrophie, Muskelproteinzusammensetzung, Muskelfasertypverteilung und *muscle cross-sectional area** festgestellt werden konnten.

2.3.2 Theorien zu den Mechanismen der Cross Education

Ruddy und Carson (2013) analysieren in ihrem Review die möglichen neuronalen Mechanismen hinter der CE. Aus ihrer Synthese aller wissenschaftlichen Erkenntnisse über diese Mechanismen konnten sie zwei mögliche Erklärungsansätze formulieren. Das Modell der Cross Activation wird durch die festgestellte erhöhte bilaterale kortikospinale* Erregung bei unilateraler Bewegung gestützt. Eine Bewegung führt stets zu Anpassungen in den neuronalen Strukturen, welche sich dann auf die Muskulatur auswirken. Diese beidseitige Aktivierung bei unilateraler Tätigkeit führt folglich dazu, dass auch die nichtbewegte Extremität von den neuronalen Anpassungen profitiert. Im Klartext findet bei diesem Modell der Transfer auf einer höheren neuronalen Ebene als die des primären Motokortex* statt. Beim zweiten Erklärungsansatz, dem "bilateralen Akzess", sollen die bei unilateralem Training im primären Motokortex gebildeten motorischen Gedächtnisspuren, oder auch motorische Engramme*, durch die für die Bewegungsausführung beider Extremitäten verantwortlichen neuronalen Netzwerke genutzt werden können. Anders formuliert, findet die Übertragung im primären Motokortex statt. Gemäss Ruddy et al. (2013) schliessen sich die beiden Möglichkeiten nicht gegenseitig aus. Klar sei, dass beide Mechanismen von der durchgeführten Bewegung abhängig sind. In ihrer Metaanalyse der Studien über die kontralateralen Effekte nach unilateralem Krafttraining fassen Cirer-Sastre et al. (2017) zusammen, dass die neuronalen Anpassungen sowohl in der Peripherie, in der Medulla oblongata*, subkortikal* und kortikal* stattfinden können. Zu den peripheren und medullären Veränderungen wird eine Synchronisation der Feuerrate der MUs und eine verbesserte Nervenleitfähigkeit auf der untrainierten Seite gezählt (Caroll, Herbert, Munn, Lee & Gandevia, 2006, zitiert nach Cirer-Sastre et al., 2017, S.180). Gemäss Caroll et al. (2006, zitiert nach Cirer-Sastre et al., 2017, S.181) wie auch Farthing et al. (2011, zitiert nach Cirer-Sastre et al., 2017, S.181) konnten Beweise für die Interaktion beider

Hemisphären auf kortikaler und subkortikaler Ebene gefunden werden, welche das zu Beginn dieses Kapitels erwähnte Modell der Cross Activation von Ruddy et al. (2013) untermauern. Zwei Studien bekräftigten das Modell des "bilateralen Akzeses" durch das Erforschen der kortikalen Anpassung bei motorischen Übungen (Caroll et al., 2006, zitiert nach Cirer-Sastre et al., 2017, S.181) und der Feststellung der Veränderung beider Hemisphären nach unilateralem Training (Farthing & Zehr, 2014, zitiert nach Cirer-Sastre et al., 2017, S.181). Weitere zwei Studien über das *mirror neuron system** brachten hervor, dass schon die Vorstellung einer Bewegung bereits zu neuralen Veränderungen führen kann (Howatson, Zult, Farthing, Zijdewind & Hortobagyi, 2013, zitiert nach Cirer-Sastre et al., 2017, S.181; Zult, Howatson, Kardar, Farthing & Hortobagyi, 2014, zitiert nach Cirer-Sastre et al., 2017, S.181).

2.3.3 Anpassung auf Niveau Motokortex

Hendy et al. (2017) analysierten in ihrer Studie die Cross Activation des primären Motokortex während Kontraktionen des M. quadriceps femoris. Sie konnten eine Aktivierung des ipsilateralen primären Motokortex (iM1) bei einseitigen isometrischen Kontraktionen, ab einer Intensität von 50% der Maximalkraft, feststellen. Diese Aktivierung nahm bei Steigerung der Intensität linear zu. Weiter konnten sie bei elektromyographischen (EMG) Messungen des M. rectus femoris einen Vorstimulus des Muskels messen, ohne dass von aussen eine Bewegung sichtbar gewesen wäre. Aus den Resultaten dieser Studie stellen sie die Vermutung auf, dass bei den unteren Extremitäten eine höhere Kontraktionsintensität als bei den oberen Extremitäten nötig ist. Dies liesse auch auf eine weniger ausgeprägte kortikomotorische Projektion der unteren Extremitäten schliessen (Hendy et al. 2017).

2.3.4 Schwierigkeiten bei der Umsetzung der Cross Education in die Praxis

Wie auch Cirer-Sastre et al. (2017) in ihrer Metaanalyse schreiben, erkennen die Autoren dieser Arbeit die Herausforderung bei der Umsetzung der CE in die Praxis. Es herrscht wenig Einheit in der vorhandenen Literatur, da die Forscher nicht immer die gleichen Rahmenbedingungen für ihre Studien ausgewählt haben. Die Hauptunterschiede liegen in der trainierten Extremität (links, rechts, Arm, Bein), in der Kontrakti-

onsart (konzentrisch, exzentrisch, isometrisch), im Umfang der Trainingseinheit (Anzahl Wiederholungen pro Serie, Anzahl Serien pro Woche, Gesamtdauer des Trainings), in der Intensität des Krafttrainings (Prozent der Maximalkraft) und in der Ausführung der unilateralen Inaktivität (Immobilisation durch Gips, Nichtgebrauch, Mindergebrauch). Es gibt deutlich mehr Studien mit unverletzten als mit verletzten Teilnehmenden. Daher konnten die Autoren dieser Arbeit einzig drei Studien mit verletzten Teilnehmenden ausfindig machen (Harput et al., 2018; Papandreu et al., 2012; Papandreu et al., 2009).

2.3.5 Empfehlungsansätze für die Praxis

Die Metaanalyse von Cirer-Sastre et al. (2017) liefert einige Richtpunkte, die bei der Umsetzung der CE in die Praxis beachtet werden sollen. Sie verglichen zehn Studien aus den Jahren zwischen 1970 und 2014 bezüglich Teilnehmerzahl, Trainingseigenschaften, gemessene Resultate und Effektgrösse. Sie konnten einen Zusammenhang zwischen dem Trainingsinhalt und der Kraftveränderung in der untrainierten Extremität feststellen. Führten die Teilnehmenden nur eine Serie mit maximalem Kraftaufwand bis zur Erschöpfung durch, so wurde bei ihnen ein tiefer Kraftzuwachs der trainierten Seite und ein tiefer CE-Effekt gemessen. Bei drei bis fünf Serien mit je acht bis fünfzehn Wiederholungen, mit jeweils einer ein- bis zweiminütigen Pause zwischen den Serien, konnte ein Kraftzuwachs von bis zu $39,2\% \pm 7,8\%$ der Kraftzunahme auf der trainierten Seite gemessen werden. Da der Kraftzuwachs der trainierten Seite proportional zum CE-Effekt ist, ermöglicht eine grössere Anzahl Serien mit mehr Wiederholungen einen besseren CE-Effekt. Weiter stach die exzentrische Bewegungsausführung im Gegensatz zur konzentrischen oder isometrischen mit besseren Kraftwerten auf der untrainierten Seite hervor. Dies könnte im Zusammenhang mit den im Kapitel 2.2.2 *Konzentrische und exzentrische Kontraktion* erklärten neurologischen Mechanismen bei exzentrischer Kontraktion stehen. Keine statistische Relevanz erlangten der absolute Trainingsumfang, die Gesamtdauer des Trainings und die Geschwindigkeit der Bewegungsausführung. Die Resultate der Analysen gingen bei der Frage des besseren Übergangs von der dominanten Seite zur nichtdominanten Extremität weit auseinander. Mehrfach wurde eine Differenzierung zwischen oberen und unteren Extremitäten und auch bei der Art der Aufgabe empfohlen. Gemäss

dieser Metaanalyse ist die grosse Diskrepanz zwischen den zur Beurteilung des Niveaus der körperlichen Leistungsfähigkeit der Teilnehmenden verwendeten Assessments ein grosses Hindernis für das Vergleichen der Studien. Lediglich eine der ausgewählten Studien hatte mit validen objektivierbaren Instrumenten (*tegner scale* und *marx scale*, siehe Anhang C) gearbeitet.

Anhand dieser Punkte lässt sich folgende Empfehlung für die Praxis formulieren: Mehrere Serien mit mehreren Wiederholungen exzentrischen Krafttrainings mit jeweils einer kurzen Pause zwischen den Sätzen haben einen positiven Einfluss auf die Kraftzunahme der untrainierten Seite.

3 Methode

In folgendem Kapitel werden die einzelnen Etappen zum methodischen Vorgehen dieser Arbeit beschrieben. Von der Themenfindung bis zur endgültigen Fragestellung sind einige spezifische Schritte nötig, um letztere treffend zu formulieren. Ein Grossteil dieses Abschnitts beinhaltet somit die Literaturrecherche in den Datenbanken anhand von bestimmten Keywords, welche zu den Primär- und Sekundärstudien führen. Weiter werden die Ein- und Ausschlusskriterien zur Eingrenzung des Themas aufgezeigt. Letztendlich werden auch die Instrumente zur kritischen Wertschätzung der einzelnen Studien vorgestellt.

3.1 Literaturrecherche

Durch eine grobe Suche in Google Scholar und einzelnen gesundheitspezifischen Datenbanken im Mai 2018 konnte ein erster Überblick über das Thema CE verschafft werden. Anhand bestehender Literatur wurde eine Fragestellung formuliert und mit der eigentlichen Literaturrecherche begonnen.

Die Autoren führten ihre Recherche auf den Datenbanken Medline, Pubmed, AMED und CINAHL durch. Diese vier Datenbanken bieten ein grosses Spektrum an fachspezifischen Inhalten des Gesundheitswesens, wie unter anderem der Physiotherapie. Die verwendeten Keywords wurden mit den Bool'schen Operatoren «AND» und «OR» miteinander zu einem passenden Suchsyntax verknüpft. Durch Ersetzen und Ändern einzelner Keywords konnten diverse Suchdurchläufe absolviert werden. Im Zeitraum vom 09. Juli 2018 bis zum 20. Juli 2018 ergab sich eine detaillierte Literaturrecherche, die zur Findung der Primär- und Sekundärstudien führte.

3.1.1 Keywords

Während dem groben Suchprozess über das Thema wurde der Fokus nebst der Literaturauswahl auch auf das Bestimmen der Keywords gelegt. Zuerst wurden die wichtigsten Schlüsselbegriffe der Fragestellung ins Englische übersetzt. Weiter konnten anhand der gefundenen Literatur neue Synonyme, beziehungsweise Keywords, eruiert werden. So ergab sich eine breite Auswahl an Suchbegriffen, welche für die detaillierte Literaturrecherche genutzt werden konnte.

Da Medline als grosse Datenbank bekannt ist, begann das Rechercheverfahren dort. Die jeweils gefundene Literatur wurde anhand des Titels und Abstracts als irrelevant oder relevant kategorisiert und mittels Zotero gespeichert. Wie in Tabelle 3 ersichtlich ist, wurden 14 Studien für die engere Auswahl der Primärstudien bestimmt. Um keine relevante Literatur zu missachten, wurden bei dieser Recherche noch keine Filter angewendet.

Tabelle 3
Literaturrecherche in der Datenbank Medline

Datenbank	Suchsyntax/Filter	Anzahl gefundene Literatur	Anzahl relevante Literatur
Medline	("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and "eccentric strength").af.	7	6
	("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and "eccentric exercise").af.	5	3 (2 neu)
	("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and "eccentric training").af.	8	7 (1 neu)
	("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and eccentric).af.	21	9 (1 neu)
	("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and "muscle lengthening").af.	4	3 (0 neu)

	("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and "resistance training").af.	63	3 (0 neu)
	("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and "lower limb").af.	12	1 (1 neu)
	("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and "leg").af.	62	4 (1 neu)
	("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and "quadriceps").af.	27	5 (0 neu)
	("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and ACL).af.	2	1 (0 neu)
	("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer" or "cross exercise") and ACL).af.	4	3 (2 neu)

Die zweite durchsuchte Datenbank war Pubmed. Es wurden die gleichen Suchsyntaxen verwendet wie bei der ersten Recherche, um alle Aspekte abzudecken. Wie sich zeigte, wurden ähnliche Resultate wie bei der Suche in Medline erzielt und keine neuen Studien gefunden.

Die Suche in AMED und CINAHL ergab ebenfalls die gleichen Resultate wie während der ersten Datenbankrecherche in Medline. Somit blieb die Auswahl der relevanten Studien auf 14 Treffern bestehen. Die Ergebnisse der Recherchen auf Pubmed, AMED und CINAHL werden im Anhang B tabellarisch aufgeführt.

3.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien

In Tabelle 4 werden die definierten Ein- und Ausschlusskriterien der Autoren aufgelistet. Diese dienen zur Eingrenzung bei der Literaturrecherche und dem Lesen der jeweiligen Abstracts. Es ist zu erwähnen, dass die 14 in der engeren Auswahl stehenden Studien alle Ausschlusskriterien, jedoch nicht alle Einschlusskriterien erfüllen.

Tabelle 4

Ein- und Ausschlusskriterien der Literatur

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Studien von 2008 bis Juni 2018	Teilnehmende mit Schlaganfall oder Hemiplegie
Unilaterales, exzentrisches Krafttraining	Ohne Parameter «Muskelkraft»
Training der unteren Extremität bzw. des Quadriceps	Reviews
Altersgruppe von 18-40 Jahren	Nicht deutscher oder englischer Sprache
Beide Geschlechter	
Untersuchung mit Trainings- und Kontrollgruppe	

3.1.3 Auswahl der Primärstudien

Um eine Übersicht über die 14 Studien der engeren Auswahl zu gewinnen, wurde eine tabellarische Darstellung verwendet. Diese beinhaltet die grundlegenden Eckdaten wie Name, Publikationsjahr, Methode, Ziel und Resultate. Anhand dieser Übersicht und den oben beschriebenen Ein- und Ausschlusskriterien wurden vier relevante Primärstudien für diese Arbeit ausgewählt (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5

Auswahl der vier Primärstudien

Studie	Titel	Autoren und Autorinnen	Jahr
1	Cross-Education Strength and Activation After Eccentric Exercise	Lepley, L. K. & Palmieri-Smith, R. M.	2014
2	Cross-Activation of the Motor Cortex during Unilateral Contractions of the Quadriceps	Hendy, A. M., Chye, L. & Teo, W. P.	2017
3	Cross-education improves quadriceps strength recovery after ACL reconstruction: a randomized controlled trial	Harput, G., Ulusoy, B., Yildiz, T. I., Demirci, S., Eraslan, L., Turhan, E. & Tunay, V. B.	2018
4	Cross-Exercise on Quadriceps Deficit after ACL Reconstruction	Papandreou, M., Billis, E., Papathanasiou, G., Spyropoulos, P. & Papaioannou, N.	2012

3.2 Instrumente zur kritischen Wertschätzung der Studien

PEDro-Skala

Das erste Beurteilungsinstrument ist die PEDro-Skala (siehe Anhang D), welche auf der Delphi Liste von Verhagen et al. (1998) aufbaut. Sie basiert grösstenteils auf einem Expertenkonsens und zwei zusätzlichen Elementen (Kriterien acht und zehn), die nicht in der Delphi Liste enthalten sind. Das erste Ziel dieser Skala ist es, den Benutzern zu zeigen, welche der tatsächlich oder vermeintlich randomisierten, kontrollierten Studien intern valide sind (Kriterien zwei bis neun). Das zweite Ziel ist es, aufzuzeigen, ob genügend statistische Informationen in der Studie vorhanden sind, um die Ergebnisse interpretierbar zu machen (Kriterien zehn und elf). Um die Vollstän-

digkeit der Delphi Liste zu garantieren, wurde das Kriterium eins ebenfalls aufgenommen, dieses trägt jedoch nicht zur Berechnung der PEDro-Punktezahl bei (Hegenscheidt, Hart & Scherfer, 2010).

Die maximal zu erreichende Punktzahl liegt dementsprechend bei zehn Punkten. Die PEDro-Skala solle laut den Autoren und Autorinnen Hegenscheidt et al. (2010) nicht als Mass für die externe Validität einer Studie verwendet werden. Hinzu kommt, dass ein hoher Score in der Skala bei Studien mit signifikanten Behandlungseffekten nicht zwangsweise bedeuten muss, dass diese auch klinisch sinnvoll sind. Bei manchen Bereichen der physiotherapeutischen Praxis ist es nicht möglich, allen Kriterien der Skala gerecht zu werden. Daher sollte die PEDro-Skala nicht zum Vergleichen der Qualität von Studien aus unterschiedlichen therapeutischen Bereichen verwendet werden.

Bewertungskriterien nach Law et al. (1998)

Das zweite Beurteilungsinstrument ist das Formular für eine kritische Besprechung quantitativer Studien, welches von der *Occupational Therapy Evidence-Based Practice Research Group* entwickelt wurde (Law et al., 1998) (siehe Anhang E). Es besteht aus neun Kriterien, welche mit einer konkreten Frage versehen sind. Ähnlich wie bei der PEDro-Skala, kann diese dann entweder mit «ja», «nein» oder «nicht angegeben» beantwortet werden, um so die kritische Würdigung der Studie zu vollziehen. Dieses Formular dient dazu, die Güte der untersuchten quantitativen Studien zu beurteilen. Je mehr der Kriterien erfüllt sind, beziehungsweise je mehr Fragen mit «ja» beantwortet werden können, desto höher ist die Güte der jeweiligen Studie.

4 Ergebnisse

In folgendem Kapitel werden die vier Primärstudien zu ihren wichtigsten Parametern nach den Bewertungskriterien von Law et al. (1998) zusammengefasst. Zudem wird in Tabelle 6 und Tabelle 7 dargestellt, wie die Studien in der PEDro-Skala und gemäss den Kriterien nach Law et al. (1998) bewertet wurden.

4.1 Studie 1: Lepley et al. (2014)

Titel

Cross-Education Strength and Activation After Eccentric Exercise

Ziel der Studie

Primäres Ziel der Studie war es, die CE-Vorteile eines einbeinigen, exzentrischen Trainingsprogrammes in Bezug auf Muskelkraft und -aktivierung des Quadriceps im untrainierten Bein aufzuzeigen. Als sekundäres Ziel galt die Bestimmung der erforderlichen Trainingsdosierung, um Quadriceps-Kraft und -Aktivierung bewirken zu können.

Methodik

Das Design dieser Studie entspricht jenem einer randomisierten kontrollierten Studie (RCT), bei der die Stichprobe in zwei gleich grosse Gruppen unterteilt wurde. Involviert waren 18 Probanden und Probandinnen, welche randomisiert der exzentrischen Trainingsgruppe (n=9) oder der Kontrollgruppe (n=9) zugeteilt wurden. Bei der Stichprobe handelte es sich um gesunde Teilnehmer und Teilnehmerinnen, welche keinerlei Verletzungen oder Beschwerden an den Knien hatten. Die genauen Ausschlusskriterien wurden dabei beachtet. Als Outcomeparameter wurden die Kraft des M. quadriceps femoris, die Aktivierung des M. quadriceps femoris, das Aktivitätslevel und die Beindominanz gewählt. Es wurden drei Outcomemessungen bei allen Teilnehmenden durchgeführt, und zwar vor, in der Mitte wie auch am Ende der achtwöchigen Intervention. Bei den Teilnehmenden der Interventionsgruppe erfolgte jeweils nach der letzten Trainingseinheit am Ende der Woche eine zusätzliche Outcomemessung. Die Probanden und Probandinnen der Interventionsgruppe mussten drei-

mal pro Woche, demzufolge insgesamt 24-mal, Trainingseinheiten an einem isokinetischen Dynamometer durchführen. Die Interventionsgruppe absolvierte vier Serien mit jeweils zehn maximalen, exzentrischen, isokinetischen Quadricepskontraktionen (bei 60°/s) des dominanten Beins über eine *range of motion* (ROM) von 90° im Kniegelenk.

Ergebnisse

Das Signifikanz-Level wurde auf $p \leq 0.05$ festgelegt. Die exzentrische Kraft im untrainierten Bein der Trainingsgruppe war signifikant höher in der Mitte der Intervention, verglichen zur Ausgangsmessung bei einer Bewegungsgeschwindigkeit von 30°/s. Ebenso war die Kraft im untrainierten Bein signifikant höher bei 30°/s und 60°/s nach der Intervention im Vergleich zur Ausgangsmessung. Für die Kraft im trainierten Bein erwies sich in der Interventionsgruppe bei der Endmessung grössere exzentrische Kraft bei 30°/s und 60°/s im Vergleich zur Kontrollgruppe. Das Aktivitätslevel und die Aktivierung des M. quadriceps femoris der beiden Gruppen unterschieden sich nicht signifikant zwischen den einzelnen Messzeitpunkten.

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass bereits nach fünf Wochen unilateralem, exzentrischem Krafttraining, mit drei Trainingseinheiten pro Woche, die Kraft des untrainierten Beins verbessert und eine leichte Verbesserung der Muskelaktivierung im M. quadriceps femoris bei gesunden Menschen bewirkt werden kann. Unilaterales, exzentrisches Krafttraining führt zu einer kontraktionsform- und geschwindigkeitsspezifischen Zunahme der Muskelkraft, sowohl im trainierten als auch im untrainierten Bein von gesunden Testpersonen. Dies ergibt neue Möglichkeiten für die physiotherapeutische Praxis, um Trainingsprogramme innerhalb der Rehabilitation von Patienten und Patientinnen mit immobilisierten Extremitäten zu entwickeln.

4.2 Studie 2: Hendy et al. (2017)

Titel

Cross-Activation of the Motor Cortex during Unilateral Contractions of the Quadriceps

Ziel der Studie

Das Hauptziel der Studie war, die Effekte von unilateralen isometrischen Kontraktionen des nichtdominanten (linken) M. quadriceps femoris auf die Cross Activation des ipsilateralen Motokortex und der kortikomotorischen Bahnen zu bestimmen.

Methodik

Bei dieser Studie handelt es sich um eine Querschnittsstudie, bei der innerhalb einer Sitzung alle Messungen an den Probanden und Probandinnen durchgeführt wurden. Die Stichprobe beinhaltete 16 gesunde Teilnehmer und Teilnehmerinnen, welche alle Ausschlusskriterien erfüllen. Die Untersuchenden führten zwei unterschiedliche Experimente durch, bei denen in randomisierter Reihenfolge fünf Messdurchgänge mit unterschiedlicher Kontraktionsintensität (0-100% *maximum voluntary contraction*, MVC) des linken M. quadriceps femoris stattfanden. Diese Messdurchgänge bestanden aus je drei Serien transkranieller magnetischer Stimulation mit jeweils fünf Stimuli (Ausnahme: bei 100% MVC wurden pro Serie lediglich drei Stimuli gegeben). Die ersten zwei Serien bestanden aus einzelnen Stimuli, während in der dritten Serie gepaarte Stimuli mit einem Interstimulus Intervall von drei Millisekunden (ms) gegeben wurden. Die Intensität der Stimuli wurde bei 120% des *motor threshold** (MT) in der ersten Serie, 150% MT in der zweiten Serie und 80% MT wie auch 120% MT in der dritten Serie festgelegt. Der MT wurde als Schwellenwert definiert, bei dem eine transkranielle magnetische Stimulation ein *motor evoked potential** (MEP) im rechten M. rectus femoris auslöste. Die zwei durchgeführten Experimente unterschieden sich darin, dass die Versuchsperson im ersten Durchgang das rechte Bein locker hängenlassen musste, während im zweiten das rechte Kniegelenk vollständig gestreckt sein musste. Als Outcomeparameter wurden die *maximum compound waves** (Mmax), das *pre-stimulus root mean squared (rms) EMG**, die kortikomotorische Erregbarkeit, die *short-interval intracortical inhibition** (SICI), die *silent period duration** und die MVC gewählt. Der Einfachheit halber gehen wir hier nur auf das *rms* EMG, die kortikomotorische Erregbarkeit, die SICI und die *silent period duration* ein. Mit dem *rms* EMG wurde die Hintergrundaktivität der rechten Beinmuskulatur während der Kontraktion der linken Beinmuskulatur gemessen. Um die kortikomotorische Erregbarkeit

zu quantifizieren, wurde die *peak-to-peak* Amplitude der bei 120% MT und 150% MT mittels transkranieller magnetischer Stimulationen ausgelösten MEPs genommen. Die SICI wurde durch Dividieren der mittleren MEP Amplitude von den gepaarten Stimuli durch die mittlere MEP Amplitude bei 120% MT (Einzelstimulus) errechnet. Die *silent period duration* wurde bei 120% MT und 150% MT im zweiten Experiment gemessen und besteht aus der Zeit in ms zwischen dem ausgelösten Stimulus und der Rückkehr zum *pre-stimulus rms* EMG.

Ergebnisse

In beiden Experimenten erreichte das *rms* EMG bei 100%, im Vergleich zu 0% MVC, statistische Signifikanz. Kontraktionen von $\geq 50\%$ MVC führten während beider Experimente zu einer signifikanten Aktivierung der kortikomotorischen Bahnen. Die SICI erreichte im ersten Experiment eine statistisch signifikante Zunahme zwischen 0% MVC und 100% MVC. Eine Verminderung der *silent period duration* konnte während Kontraktionen mit 75% und 100% MVC festgestellt werden.

Schlussfolgerung

Gemäss dieser Studie sollte unilaterales Training mit grösstmöglicher Intensität durchgeführt werden, um die maximale Cross Activation des ipsilateralen Motokortex und die verbesserte Erregbarkeit der kortikomotorischen Bahnen zu bewirken. Die Abnahme der *silent period duration* bei Kontraktionsintensitäten von 75% MVC und 100% MVC lässt darauf schliessen, dass das Nachlassen der subkortikalen und spinalen Inhibition zur Cross Activation des ruhenden Beines beiträgt.

4.3 Studie 3: Harput et al. (2018)

Titel

Cross-education improves quadriceps strength recovery after ACL reconstruction: a randomized controlled trial (engl.: ACL=anterior cruciate ligament=vorderes Kreuzband, VKB)

Ziel der Studie

Das Ziel der Studie war es, die Effekte von exzentrischer und konzentrischer CE auf die Quadricepskraft- und Kniefunktions-Wiederherstellung nach einer vorderen Kreuzbandplastik zu untersuchen.

Methodik

Diese Studie ist nach einem RCT-Design mit drei Untersuchungsgruppen aufgebaut. Die Teilnehmerzahl belief sich auf 48 Probanden und Probandinnen, welche randomisiert der konzentrischen Trainingsgruppe (n=16), der exzentrischen Trainingsgruppe (n=16) oder der Kontrollgruppe (n=16) zugeteilt wurden. Bei der Stichprobe handelt es sich um Patienten und Patientinnen, welche sich einer VKB-Plastik nach einer VKB-Ruptur unterzogen. Die genauen Ein- und Ausschlusskriterien wurden dabei beachtet. Als Outcomeparameter wurden die Kraft des M. quadriceps femoris und die Kniefunktion gewählt. Die Messung der Muskelkraft wurde vier, acht und 24 Wochen postoperativ durchgeführt. Die Kniefunktion wurde einmalig 24 Wochen postoperativ gemessen. Alle Teilnehmenden nahmen am gleichen Rehabilitations- (Wochen 0-12) und Heimprogramm (Wochen 12-24) teil. Die beiden Interventionsgruppen führten zusätzlich zu diesem Programm ein konzentrisches bzw. exzentrisches Training am kontralateralen Bein durch (Wochen 4-12). Dies beinhaltete drei Sätze an je zwölf maximalen Quadricepskontraktionen (bei 60°/s) zwischen 10° bis 90° Knieflexion, dreimal wöchentlich.

Ergebnisse

Das Signifikanz-Level dieser Studie wurde auf $p < 0.05$ festgelegt. Im Vergleich zur Kontrollgruppe war die Muskelkraft des untrainierten Beines der beiden Trainingsgruppen in der zwölften sowie in der 24. Woche signifikant grösser. Ebenso war die Muskelkraft des trainierten Beines in den beiden Interventionsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe in der zwölften Woche signifikant höher. Zusätzlich unterschied sich die Muskelkraft des trainierten Beines der exzentrischen Gruppe in der 24. Woche signifikant zur Kontrollgruppe. Bezüglich der Kniefunktion und der Muskelkraft zwischen den Trainingsgruppen wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden.

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass exzentrisches sowie konzentrisches Training des nichtoperierten Beines die isometrische Kraft des Quadriceps der operierten Seite in der frühen Phase der Rehabilitation verbessert. In der späteren Phase der Rehabilitation bewirkt vor allem exzentrisches Training einen Kraftzuwachs auf der untrainierten Seite. Die Kraftveränderungen im operierten Bein waren in dieser Studie grösser als im nichtoperierten, trainierten Bein.

4.4 Studie 4: Papandreou et al. (2012)

Titel

Cross-Exercise on Quadriceps Deficit after ACL Reconstruction

Ziel der Studie

Das Ziel der Studie war es, die Effekte eines achtwöchigen *cross-eccentric exercise* (CEE) Programmes auf die Muskelkraftdefizite des M. quadriceps femoris am operierten Knie bei 60° Flexion in der frühen Rehabilitationsphase zu erforschen.

Methodik

Bei dieser Studie wurde ein RCT-Design mit drei Untersuchungsgruppen verwendet. Die Stichprobe beinhaltete 42 männliche Probanden, welche randomisiert der Trainingsgruppe A (n=14), der Trainingsgruppe B (n=14) oder der Kontrollgruppe C (n=14) zugeteilt wurden. Bei den Probanden handelte es sich um Soldaten, welche alle eine VKB-Ruptur erlitten und sich anschliessend einer VKB-Plastik unterzogen. Genaue Ein- und Ausschlusskriterien wurden definiert. Als Outcomeparameter wurden die Kraft des M. quadriceps femoris und die Beindominanz gewählt. Die Kraftmessung des Quadriceps wurde bei 60° Knieflexion an beiden Beinen zweimal durchgeführt, eine Woche präoperativ und neun Wochen postoperativ. Die Beindominanz wurde einmalig vor der Intervention ermittelt. Alle Gruppen nahmen an demselben Rehabilitationsprogramm für acht Wochen teil, welches eine Woche postoperativ begann. Die beiden Trainingsgruppen führten während dieser Zeit zusätzlich ein

CEE-Programm durch. Dieses beinhaltete fünf Sätze an je sechs exzentrischen Kontraktionen mit einer submaximalen Intensität von 80%. Die Trainingsgruppe A führte dieses Training dreimal wöchentlich, die Trainingsgruppe B fünfmal wöchentlich durch.

Ergebnisse

Das Signifikanz-Level wurde auf $p < 0.05$ festgelegt. Die isometrische Muskelkraft des Quadriceps im untrainierten Bein war bei beiden Trainingsgruppen signifikant höher im Vergleich zur Kontrollgruppe. In Bezug auf das Quadricepsdefizit war der prozentuale Anteil in beiden Trainingsgruppen signifikant kleiner als bei der Kontrollgruppe. Bei der Muskelkraft des Quadriceps des trainierten Beines gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Gruppen.

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass bei allen Gruppen die Quadricepskraft nach acht Wochen abnahm, jedoch bei den beiden Trainingsgruppen deutlich weniger. Als klinisch relevantes Ergebnis kann somit gesagt werden, dass Patienten nach einer VKB-Plastik in der frühen Rehabilitationsphase durch zusätzliche Implementierung eines CEE-Programmes zum Rehabilitationsprogramm ihre Quadricepskraft bei 60° Knieflexion deutlich erhöhen können. In Bezug auf die Trainingsfrequenzen ergaben sich keine grossen Unterschiede.

4.5 Würdigung der Studien

Folgend sind in Tabelle 6 die Ergebnisse der Würdigung der Studien mittels der PEDro-Skala aufgelistet. Die komplette Auswertung mit den dazugehörigen Textangaben ist dem Anhang D beigefügt.

Tabelle 6
PEDro-Skala

Kriterium	Lepley et al. (2014)	Hendy et al. (2017)	Harput et al. (2018)	Papan-dreou et al. (2012)
Spezifizierung der Ein- und Ausschlusskriterien	Nein	Nein	Nein	Ja
Randomisierte Zuteilung der Probanden und Probandinnen in die Gruppen	Ja	Nein	Ja	Ja
Verborgene Zuordnung zu den Gruppen	Nein	Nein	Nein	Nein
Gruppenähnlichkeit zu Beginn der Studie	Ja	Nein	Ja	Ja
Blindung der Probanden und Probandinnen	Nein	Nein	Ja	Nein
Blindung der Therapeuten und Therapeutinnen	Nein	Nein	Ja	Nein
Blindung der Untersuchenden	Nein	Nein	Ja	Nein
Zentrale Outcomemessung bei >85% der zugeordneten Probanden und Probandinnen	Nein	Ja	Ja	Nein
Vorhandensein einer <i>Intention to treat</i> Analyse	Ja	Nein	Nein	Nein
Schilderung statistischer Gruppenvergleiche	Ja	Nein	Ja	Ja
Aufzeigen von Punkt- und Streuungsmassen	Ja	Ja	Ja	Ja
Total (Maximal 10 Punkte)	5/10	2/10	8/10	4/10

Die Studie von Harput et al. (2018) erzielte den höchsten Score bei der Punktebewertung der PEDro-Skala, die Studie von Hendy et al. (2017) den tiefsten. Hier sollte erwähnt werden, dass die Studie von Hendy et al. (2017) die Kriterien zwei, drei, fünf, sechs und sieben gar nicht erfüllen kann, da es sich um ein Querschnitts-Design handelt, wobei die PEDro-Skala vor allem für RCT-Designs entworfen wurde. Folglich kann die Studie von Hendy et al. (2017) aus dieser Bewertung exkludiert werden.

In Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Würdigung der Studien nach den Bewertungskriterien von Law et al. (1998) aufgelistet. Die vollständigen Würdigungen mit Textangaben und Kommentaren der Autoren dieser Arbeit sind dem Anhang E angefügt.

Tabelle 7

Bewertungskriterien nach Law et al. (1998)

Kriterien	Lepley et al. (2014)	Hendy et al. (2017)	Harput et al. (2018)	Papan-dreou et al. (2012)
Zweck der Studie klar angegeben?	Ja	Ja	Ja	Ja
Relevante Hintergrund-Literatur gesichtet?	Ja	Ja	Ja	Ja
Design	Randomisierte kontrollierte Studie	Querschnitts-Design	Randomisierte kontrollierte Studie	Randomisierte kontrollierte Studie
Studiendesign angemessen?	Ja	Ja	Ja	Ja
Anzahl der Probanden und Probandinnen	N = 18	N = 16	N = 48	N = 42

Stichprobe detailliert beschrieben?	Nein	Nein	Ja	Ja
Stichprobengrösse begründet?	Nein	Nein	Ja	Nein
Reliable Outcomemessung?	N/A	N/A	Ja	N/A
Valide Outcomemessung?	N/A	N/A	Ja	N/A
Massnahmen detailliert beschrieben?	Ja	N/A	Nein	Ja
Kontaminierung vermieden?	N/A	N/A	N/A	N/A
Ko-Intervention vermieden?	N/A	N/A	Nein	Nein
Statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?	Ja	Ja	Ja	Ja
Analysemethoden geeignet?	Ja	Ja	Ja	Ja
Klinische Bedeutung angegeben?	Ja	Ja	Ja	Ja
Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben?	Nein	Ja	Nein	Nein
Schlussfolgerungen angemessen?	Ja	Ja	Ja	Ja

Aus diesen Würdigungsergebnissen wird ersichtlich, dass alle Studien ähnlich abgeschnitten und die Studie von Hendy et al. (2017) nicht sonderlich aus dem Rahmen fällt. Ein Zahlenscore durch Zusammenzählen der einzelnen erfüllten Kriterien, vergleichbar mit der PEDro-Skala, wird von Law et al. (1998) nicht vorgesehen.

4.6 Übersicht der Outcomeparameter

In Tabelle 8 sind die Outcomeparameter der einzelnen Studien zusammengefasst.

Tabelle 8

Outcomeparameter der Primärstudien

Studie	Outcomes	Messmethode
Lepley et al. (2014)	<ul style="list-style-type: none"> - Muskelkraft - Muskelaktivierung - Aktivitätslevel 	<ul style="list-style-type: none"> - Exzentrisch und konzentrisch, mittels isokinetischem Dynamometer, bei 30°/s und 60°/s Bewegungsgeschwindigkeit - <i>Superimposed-burst technique</i> (SBT) - Marx- und Tegnerskala
Hendy et al. (2017)	<ul style="list-style-type: none"> - <i>pre-stimulus rms</i> EMG - kortikomotorische Erregbarkeit - SICI - <i>Silent period duration</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - mittels Elektroden gemessene Werte durch <i>LabChart Software</i> automatisch berechnet - Messung der durch transkranielle Stimulation ausgelöste MEP - Verhältnis zwischen Amplitude der MEP bei unterschiedlichen transkraniellen Stimulationsintensitäten - Dauer vom Stimuluszeitpunkt zur Rückkehr zum <i>pre-stimulus rms</i> EMG-Wert
Harput et al. (2018)	<ul style="list-style-type: none"> - Muskelkraft - Kniefunktion 	<ul style="list-style-type: none"> - Maximale isometrische Kontraktion bei 60° Knieflexion - <i>One-Leg Hop for Distance Test</i> (OLHDT) und <i>International Knee Document Committee</i> (IKDC)
Papandreou et al. (2012)	<ul style="list-style-type: none"> - Muskelkraft - Dominantes Bein 	<ul style="list-style-type: none"> - Maximale isometrische Kontraktion bei 60° Knieflexion - Mittels Fragebogen

5 Diskussion

In diesem Abschnitt beurteilen, vergleichen und diskutieren die Autoren dieser Arbeit die Primärstudien nach ihrer Güte. Die direkten Vergleiche der PEDro-Skala und der Bewertungskriterien nach Law et al. (1998) werden erläutert. Anschliessend sollen in Bezugnahme zur Fragestellung dieser Arbeit die relevanten Resultate veranschaulicht und der Transfer in die Praxis gemacht werden. Abschliessend werden die Schlussfolgerungen zusammen mit den Limitationen dieser Arbeit aufgezeigt.

5.1 Kritische Würdigung

5.1.1 Würdigung mittels PEDro-Skala

Wie bereits in Kapitel 3.2 *Instrumente zur kritischen Wertschätzung der Studien* erwähnt, zielt die PEDro-Skala vor allem auf RCT-Designs ab, wobei der Beurteilung der Querschnitts-Studie von Hendy et al. (2017) wenig Relevanz zugeschrieben wird. Für die restlichen drei Studien passt das Beurteilungsinstrument gut. Die einzelnen Kriterien wurden von beiden Autoren dieser Arbeit untersucht und nur nach beidseitiger Einstimmigkeit wurde ein Punkt für das entsprechende Kriterium vergeben.

Die Studien von Lepley et al. (2014) und Papandreou et al. (2012) erreichten mit fünf von zehn Punkten beziehungsweise vier von zehn Punkten beide mittelhohe Scores. Dabei handelt es sich um ein ausreichendes Resultat, womit die beiden Studien noch als intern valide bezeichnet werden können. Beide Studien erhielten fast identische Punkteabzüge. Über die verborgene Zuordnung der Probanden und Probandinnen wurde jeweils keine Angaben gemacht. Zudem fehlen der Leserschaft auch Informationen über die Blindung der Probanden und Probandinnen, der Therapeuten und Therapeutinnen und der Untersuchenden, was wiederum drei Punkte Abzug ergibt. Zentrale Outcomemessungen sind bei beiden Studien dargestellt, jedoch geht aus der Beschreibung nicht hervor, ob alle der ursprünglich den Gruppen zugeteilten Probanden und Probandinnen an den zentralen Outcomes beteiligt sind. Die Kriterien zehn und elf wurden von beiden Studien erfüllt. Dies zeigt, dass sie genügend statistische Informationen enthalten, um ihre Ergebnisse interpretierbar zu machen.

Die Studie von Harput et al. (2018) erreichte mit acht von zehn Punkten einen hohen Score. Dies ist ein gutes Resultat, womit bei dieser Studie von einer intern validen

Studie gesprochen werden kann. Im Vergleich zu Lepley et al. (2014) und Papan-dreou et al. (2012) erzielte diese Studie bei der Blindung und der zentralen Outcome-messung Punkte. Eine verborgene Zuordnung der Probanden und Probandinnen wurde jedoch auch hier nicht vollzogen. Die Kriterien bezüglich genügend statistischer Informationen wurden hier ebenfalls erfüllt. Die Studie von Lepley et al. (2014) ist die einzige der drei Studien, welche das Kriterium neun erfüllte. Es wird nicht von einer *intention to treat* Analyse (siehe Anhang E) gesprochen, jedoch geht aus dem Text hervor, dass alle Probanden und Probandinnen ihre zuge dachte Behandlung erhalten haben.

5.1.2 Würdigung mittels Bewertungskriterien nach Law et al.

Das Formular zur kritischen Beurteilung quantitativer Studien nach Law et al. (1998) eignete sich dazu, eine detaillierte Würdigung in Bezug auf das Design, den Aufbau, die Methodik und die Resultate der jeweiligen Studien vollziehen zu können. Durch explizite Leitfragen innerhalb des Formulars, wurden Lücken oder Unklarheiten der Studien schnell sichtbar und deren Güte konnte so angemessen beurteilt werden. Da es sich bei den vier Primärstudien um quantitative Studien handelt, konnten alle in diese Würdigung miteinbezogen werden.

Beim Betrachten der Studie von Harput et al. (2018) – diejenige dem höchsten Score in der PEDro-Skala – zeigten sich jedoch einige Lücken in der Studie, insbesondere hinsichtlich der Massnahmen. Die entsprechenden Massnahmen wurden nur mangelhaft beschrieben und können so kaum in der Praxis nachgeahmt werden. Es geht aus der Studie nicht genau hervor, welche Massnahmen während des Rehabilitationsprogramms in der Physiotherapie durchgeführt wurden. Zudem ist unklar, wie viele Therapeuten oder Therapeutinnen dabei involviert waren. Die Dauer einer Therapiesitzung oder die genaue Durchführung und Dosierung des Heimprogrammes ist ebenfalls nicht bekannt. Diese Aspekte können hier zu einem systematischen Fehler, sprich zu einer Ko-Intervention geführt haben, da die Interventionsgruppen zur eigentlichen CE-Intervention das Rehabilitationsprogramm sowie das Heimprogramm erhielten. Des Weiteren kann es zu einem systematischen Fehler beim Messen und

Ermitteln gekommen sein. Die Probanden und Probandinnen durften vor der eigentlichen isometrischen Kraftmessung mit dem Dynamometer drei Probeversuche durchführen, um sich mit dem Verfahren vertraut zu machen. Anschliessend wurde die Messung mittels drei maximaler isometrischer Kontraktionen durchgeführt mit jeweils zwei Minuten Pause dazwischen. Hier spielt der Ermüdungsfaktor eine entscheidende Rolle. Die drei Probeversuche und die kurze Pause von zwei Minuten zwischen den Kontraktionen könnten so zu einem systematischen Fehler geführt haben. Die Studie unterscheidet sich weiter von den anderen, indem sie als Einzige die Stichprobengrösse anhand einer *sample size calculation* begründet hat. Ebenfalls als einzige Studie beschreibt sie ihre Outcomemessungen als valide sowie reliabel.

Die Studie von Lepley et al. (2014) und Papandreou et al. (2012) schnitten ähnlich ab. Die Stichprobe wurde bei Lepley et al. (2014), abgesehen von den demographischen Daten, nur mangelhaft beschrieben und die Grösse der Stichprobe wurde nicht begründet. Auch bei dieser Studie wurden mehrere Messungen der Kraft durchgeführt, wobei nur eine Pause von zwei Minuten dazwischen stattfand. Die Wahl der Messmethode für die Muskelaktivierung hat sich als nicht reliabel genug erwiesen. Diese beiden Faktoren könnten zu einem systematischen Fehler in Bezug auf das Messen und Ermitteln ergeben haben. Bezüglich der Blindung der Untersuchenden gegenüber der Gruppenzuteilung der Probanden und Probandinnen werden keine Angaben gemacht. Es könnte dementsprechend ein systematischer Fehler aufgrund von Beeinflussung der Teilnehmenden während der Messung vorliegen. Über die Reliabilität und Validität der Outcomemessungen geben die Autoren und Autorinnen der Studie keine weiteren Informationen. Bei der Studie von Papandreou et al. (2012) erwiesen sich ähnliche Mängel. Die Stichprobe wurde zwar detailliert beschrieben, jedoch in ihrer Grösse wiederum nicht begründet. Über die Reliabilität und Validität der Outcomemessungen werden auch hier keine Angaben gemacht. Ähnlich wie bei Harput et al. (2018) ist die Nachahmung der Massnahmen nur schwer möglich. Die Massnahmen des Rehabilitationsprogrammes und des Trainings sind grob beschrieben, jedoch fehlen grundlegende Details, wie zum Beispiel die Dauer der Therapie. Auch bei der Durchführung des Trainingsprogrammes ist die genaue Umsetzung un-

klar. Es ist für die Leserschaft fraglich, zwischen welchen Graden im Bewegungsausmass die exzentrische Kontraktion durchgeführt wurde, ob der Kraftarm von einer Person jeweils wieder nach oben gehalten wurde, wo das Training stattfand und von wem es geleitet wurde. Systematische Fehler beim Messen und Ermitteln gab es auch hier. Die Probanden und Probandinnen mussten vier Probeversuche vor der eigentlichen Kraftmessung durchführen. Über die Blindung der Untersuchenden wird keine Aussage gemacht.

Wie bereits in Kapitel 4.2 *Studie 2: Hendy et al. (2017)* erwähnt, handelt es sich bei der Studie von Hendy et al. (2017) um eine Querschnitts-Design Studie und nicht, wie bei den anderen Primärstudien, um eine RCT-Studie. Der grundlegende Unterschied besteht darin, dass es nur eine Gruppe gab und die Bewertung der ganzen Gruppe zum gleichen Zeitpunkt erfolgte. Dieses Design ist nützlich, wenn über das zu erforschende Problem beziehungsweise Outcome noch nicht viel bekannt ist (Law et al., 1998). Die Stichprobe wurde nicht detailliert beschrieben und die Grösse nicht begründet. Ob die verschiedenen verwendeten Outcomemessungen reliabel oder valide sind, ist ebenfalls unklar. Durch das Fehlen der Kontrollgruppe bestand keine Gefahr der Kontaminierung. Da es sich um eine einzelne Messung handelt, wurden keine systematischen Fehler im zeitlichen Rahmen gemacht. Aufgrund fehlender Angaben lassen sich systematische Fehler bezüglich des Ortes der Messung und der messenden Person nicht ausschliessen. Die Durchführung der Outcomemessungen ist für die Leserschaft schwierig nachzuvollziehen, da komplexe Methoden angewandt wurden. Die Wahl von gewissen Werten wurde nicht immer beschrieben, wie zum Beispiel die Festlegung der MEP-Antwort im Muskel, bei einer transkraniellen magnetischen Stimulation oder bei den Werten für die Bestimmung des *pre-stimulus rms* EMG. Die Autoren und Autorinnen der Studie waren in ihrem Prozedere darum bemüht, die Ermüdung der Probanden und Probandinnen in ihre Berechnungen mit einfließen zu lassen. Alles in allem liefert die Studie jedoch wertvolle Erkenntnisse über den Effekt der CE und setzt diese auch gut in Relation mit der bestehenden Literatur.

5.1.3 Gemeinsamkeiten und Unterschiede

Im Allgemeinen lassen sich die drei RCT-Studien aufgrund ihres Designs und ihrer Methodik gut miteinander vergleichen. Elementar ist es daher, die expliziten Gemeinsamkeiten und Unterschiede, auch mit Einbezug der Querschnitts-Studie, aufzuzeigen.

Beginnend bei der Stichprobe, deren Grösse und deren Zuteilung in Gruppen, gab es bereits grosse Unterschiede. Während Lepley et al. (2014) mit gesunden Teilnehmenden und mit einer Kontroll- beziehungsweise Trainingsgruppe arbeiteten, involvierten die Studien von Harput et al. (2018) und Papandreou et al. (2012) Patienten und Patientinnen, die eine VKB-Plastik erhielten, in jeweils einer Kontroll- und zwei Trainingsgruppen. Bei Hendy et al. (2017) handelte es sich um gesunde Probanden und Probandinnen, welche jedoch nur in einer Untersuchungsgruppe eingeteilt waren. Letztere arbeiteten mit einer vergleichsweise kleinen Stichprobengrösse $n=16$, wie auch Lepley et al. (2014) $n=18$. Im Gegensatz dazu verwendeten Harput et al. (2018) mit $n=48$ und Papandreou et al. (2012) mit $n=42$ vergleichsweise grosse Stichproben. Auch bei der Art und Dosierung der Interventionen gab es nennenswerte Differenzen. Bei Lepley et al. (2014) führte die Trainingsgruppe dreimal wöchentlich zehn maximale exzentrische, isokinetische Quadricepskontraktionen à vier Serien durch. Bei Harput et al. (2018) führten die beiden Trainingsgruppen dreimal wöchentlich zwölf maximale konzentrische, beziehungsweise exzentrische Quadricepskontraktionen (bei $60^\circ/s$) in drei Sätzen durch. Die beiden Trainingsgruppen von Papandreou et al. (2012) führten dreimal wöchentlich beziehungsweise fünfmal wöchentlich sechs submaximale (80% MVC) exzentrische Quadricepskontraktionen à fünf Sätzen durch. Worin alle drei RCT-Studien kongruent waren, ist die Interventionsdauer des Trainings von acht Wochen. Ein grundlegender Unterschied zwischen der Studie von Lepley et al. (2014) und den Studien von Harput et al. (2018) und Papandreou et al. (2012) ist, dass es keinerlei Rehabilitationsprogramme oder Heimprogramme gab, welche bei Letzteren nebst der eigentlichen Intervention durchgeführt wurden und das Outcome hätten mitbeeinflussen können. Während bei Papandreou et al. (2012) das Rehabilitationsprogramm eine Woche postoperativ begann und acht

Wochen dauerte, wurde bei Harput et al. (2018) direkt postoperativ mit dem Rehabilitationsprogramm für zwölf Wochen gestartet, gefolgt von einem Heimprogramm während weiteren zwölf Wochen. Somit ist die Studie von Harput et al. (2018) die einzige, welche Outcomemessungen über 24 Wochen eruierte. In den Studien von Lepley et al. (2014) und Harput et al. (2018) wurde für das Trainingsprotokoll lediglich die von den Teilnehmenden subjektiv als maximal empfundene Kontraktionsintensität angewendet, während Papandreou et al. (2012) ihre Probanden und Probandinnen bei einer Intensität von 80% der zuvor gemessenen MVC trainieren liessen. Hendy et al. (2017) führten ihre Messungen bei Kontraktionsintensitäten von 0%, 25%, 50%, 75% und 100% der zuvor gemessenen MVC durch.

Als letzter entscheidender Punkt ist die Häufigkeit und der Zeitpunkt der Kraftmessung zu betrachten. Bei den gesunden Probanden und Probandinnen von Lepley et al. (2014) wurde vor, in der Mitte und am Ende der achtwöchigen Intervention (plus nach jeder Trainingswoche in der Interventionsgruppe) an beiden Beinen gemessen. Harput et al. (2018) führten ebenfalls drei Kraftmessungen an beiden Beinen durch. Diese waren jedoch vier, acht und 24 Wochen postoperativ. Die Kraftmessung bei Papandreou et al. (2012) wurde hingegen nur zweimal an beiden Beinen durchgeführt, eine Woche präoperativ und neun Wochen postoperativ. Die Stichprobe von Hendy et al. (2017) erhielt nur zu einem Zeitpunkt alle Outcomemessungen.

5.2 Bezug zur Fragestellung

In diesem Kapitel soll anhand der Outcomes der analysierten Studien und anhand der kritischen Würdigung auf die in Kapitel 1.4 *Fragestellung* formulierte Fragestellung eingegangen werden.

5.2.1 Relevante Outcomes

In Tabelle 8 sind die zur Beantwortung der Fragestellung relevanten Outcomes der analysierten Studien aufgelistet. In diesem Kapitel soll auf die Gemeinsamkeiten, Differenzen und speziellen Aspekte dieser Outcomes eingegangen werden. Sowohl Lepley et al. (2014), als auch Harput et al. (2018) und Papandreou et al. (2012) un-

tersuchten den Effekt eines unilateralen Trainings auf die Muskelkraft des kontralateralen M. quadriceps femoris. Bei Lepley et al. (2014) und Papandreou et al. (2012) absolvierte die Interventionsgruppe lediglich ein exzentrisches Krafttraining, während Harput et al. (2018) in ihrer Studie eine Kontrollgruppe exzentrisch und die zweite Gruppe konzentrisch trainieren liessen. Im Vergleich der zur Bestimmung der Muskelkraft verwendeten Messmethode fällt ebenfalls auf, dass Lepley et al. (2014), im Gegensatz zu Harput et al. (2018) und Papandreou et al. (2012), die Kraft des M. quadriceps femoris sowohl exzentrisch als auch konzentrisch und bei zwei unterschiedlichen Bewegungsgeschwindigkeiten gemessen haben. Diese Tatsache erschwert zwar den Vergleich zwischen den Daten der Studien, ermöglicht aber im Gegenzug eine differenziertere Beantwortung der Fragestellung. Aufgrund nicht signifikanter Ergebnisse beim Aktivierungslevel des M. quadriceps femoris innerhalb der Studie von Lepley et al. (2014), könnte die Beantwortung dieses Teils der Fragestellung sich als schwierig erweisen. Die Studie von Hendy et al. (2017) erweist sich in Bezug auf Outcomes, Messmethoden und Studiendesign als nicht vergleichbar mit den drei anderen Studien. Sie gewährt jedoch einen interessanten Einblick in die Auswirkung von CE auf die Neuromotorik und ermöglicht eine Aussage zur Intensität des Krafttrainings.

5.2.2 Die Cross Education

Beim Beurteilen der vier Hauptstudien wurden die Autoren dieser Arbeit mit unterschiedlichen Wirkungsbereichen der CE konfrontiert. In diesem Abschnitt soll der Leserschaft ein Überblick über eben diese ermöglicht werden. Sowohl Lepley et al. (2014) als auch Harput et al. (2018) liessen ihre exzentrische Trainingsgruppe dreimal die Woche bei einer Bewegungsgeschwindigkeit von 60°/s über 80-90° Knieflexion trainieren. Da die Wiederholungszahlen zwischen beiden Studien ähnlich sind (Lepley et al. (2014): Total von 40 Wiederholungen (Wdh.); Harput et al. (2018): Total von 36 Wdh.), erachten die Autoren dieser Arbeit einen Vergleich zwischen einer unverletzten Stichprobe und einer Stichprobe mit operativ versorgten Patienten und Patientinnen nach einer VKB-Ruptur als sinnvoll. Beide Studien ergaben eine statistisch signifikante Zunahme der Muskelkraft im M. quadriceps femoris der untrainierten Seite. Die Autoren dieser Arbeit gehen davon aus, dass sich in Bezug auf den Effekt

der CE kein signifikanter Unterschied zwischen verletzten und unverletzten Probanden und Probandinnen finden lassen würde. Die Resultate von Harput et al. (2018) bestätigen – zumindest was die langfristigen Resultate betrifft – die Erkenntnisse aus der bestehenden Literatur betreffend den grösseren Effekt von exzentrischem Training gegenüber konzentrischem auf die CE. Die Resultate von Papandreou et al. (2012) konnten keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen einem Trainingsprogramm mit drei oder mit fünf Einheiten pro Woche aufweisen. Die Werte zeigen jedoch eine geringere Abnahme der Muskelkraft im untrainierten M. quadriceps femoris bei fünf Trainingseinheiten pro Woche, verglichen mit drei Trainingseinheiten pro Woche. Interessanterweise stellten Papandreou et al. (2012), im Gegensatz zu Lepley et al. (2014) und Harput et al. (2018), als einzige eine Abnahme der Muskelkraft im untrainierten Bein fest. Dies liegt daran, dass sie die präoperativen Werte mit den postoperativen Werten verglichen, während Harput et al. (2018) ihre Messungen ausschliesslich postoperativ durchführten und miteinander verglichen. Dies ist ein Hinweis dafür, dass die Muskelkraft im untrainierten Bein dank dem Effekt der CE zunehmen kann, obwohl nicht mit diesem Bein trainiert wird. Da jedoch in keiner der Studien eine interpretierbare und vergleichbare Aussage über die Muskelaktivität während dem unilateralen Training im untrainierten Bein gemacht wird, können die Autoren dieser Arbeit nicht eruieren, ob diese Muskelaktivität einen Einfluss auf die Kraftveränderung im M. quadriceps femoris hat. Einzig Hendy et al. (2017) weisen darauf hin, dass es trotz wiederholter diesbezüglicher Anweisungen den Teilnehmenden nicht möglich war, die Muskulatur im nichttrainierenden Bein inaktiv zu lassen. Diese Zunahme der EMG Aktivität im nichtkontrahierenden Bein, bei kontralateraler Kontraktion von 50% MVC oder mehr, wird als *motor irradiation* bezeichnet. Für Hendy et al. (2017) ist diese *motor irradiation* ein Beweis für die erhöhte Erregbarkeit der kortikomotorischen Bahnen und somit verantwortlich für das Auftreten des CE-Effekts und sollte daher weiter untersucht werden.

Zur Beantwortung der Fragestellung liefern die vier Hauptstudien nun folgende Ansätze: Lepley et al. (2014) konnten eine Zunahme der konzentrischen Kraft von 49% und der exzentrischen Kraft von 46% messen. Was die Muskelaktivität betrifft, konnte eine statistisch insignifikante Tendenz zur Steigerung berechnet werden. In

der Querschnitts-Studie von Hendy et al. (2017) wird ersichtlich, dass die Muskelaktivität im entspannten Muskel bei maximaler Kontraktionsintensität des trainierenden Muskels signifikant zunimmt. Harput et al. (2018) berichten von einer Zunahme der Muskelkraft des untrainierten Beines von 31% bei der exzentrischen Trainingsgruppe. Die Resultate von Papandreou et al. (2012) zeigen bei den Interventionsgruppen eine Abnahme der Muskelkraft von 6-16% gegenüber der Abnahme von 37% in der Kontrollgruppe. Die Abnahme ergibt sich aus den gewählten Messzeitpunkten, eine Woche präoperativ und neun Wochen postoperativ.

5.3 Transfer in die Praxis

Für den Transfer in die Praxis lassen sich einige klare Aussagen formulieren. Alle vier Hauptstudien zeigen auf, dass ein exzentrisches Krafttraining der nichtbetroffenen Seite den grösseren CE-Effekt aufzeigt als bei anderen Kontraktionsarten. Weiter wird klar, dass zwischen drei- und fünfmal pro Woche mit einer Wiederholungszahl von 30-40 Wdh. pro Einheit trainiert werden muss. Alle vier Studien zeigen auf, dass bei Kontraktionsintensitäten von 50-100% der Maximalkraft ein CE-Effekt nachweisbar wird, wobei sich dieser proportional zur Kontraktionsintensität verhält. In keiner der Primärstudien wird eine konkrete Aussage zum Einfluss der Bewegungsgeschwindigkeit auf das Outcome gemacht. Lediglich Lepley et al. (2014) erwähnen, dass in der bestehenden Literatur vermerkt wird, dass der Effekt der CE Bewegungsgeschwindigkeit spezifisch sei. Die Kraftzunahme sei demnach nur bei der gleichen Geschwindigkeit messbar, mit der auch trainiert wurde. Wie in Kapitel 2.3.1. *Eckdaten zur Cross Education* erwähnt, gehen einige Autoren und Autorinnen von einem bedeutenderen Transfereffekt bei höheren Bewegungsgeschwindigkeiten als bei tiefen aus. Die Trainingsdauer beträgt sowohl bei Lepley et al. (2014) als auch bei Harput et al. (2018) und Papandreou et al. (2012) acht Wochen, findet jedoch bei Harput et al. (2018) und bei Papandreou et al. (2012) zu unterschiedlichen Zeitpunkten innerhalb der Rehabilitation statt, weshalb der Start eines exzentrischen Trainingsprogrammes in dieser Zeitspanne empfohlen werden kann, ohne eine differenziertere Aussage darüber machen zu können, wann der optimale Startzeitpunkt ist. Wird der in der Einleitung beschriebene schnelle Beginn der Atrophie betrachtet, wäre es von Vorteil, möglichst bald nach der Operation mit dem Training beginnen zu können. Für

die Durchführung des Trainings in der Praxis stellt sich besonders ein Hindernis auf. Alle Studien wurden mittels eines isokinetischen Dynamometers durchgeführt, welcher in den wenigsten rehabilitativen Institutionen vorhanden ist. Dies erschwert die Durchführung eines exzentrischen Trainings bei einer konstanten und objektiv messbaren Bewegungsgeschwindigkeit von 60°/s deutlich.

5.4 Schlussfolgerungen

Für die Autoren dieser Arbeit zeigen sich klare Vorteile darin, den CE-Effekt innerhalb der Rehabilitation zu nutzen. Von einem klar strukturierten, praktisch durchführbaren und funktionellen Trainingsprogramm kann jedoch noch nicht gesprochen werden. Physiotherapeuten und Physiotherapeutinnen können sich den Effekt beim Zusammenstellen eigener Rehabilitationspläne durch Befolgen der oben genannten Rahmenbedingungen zunutze machen. Für den Fall, dass dabei kein isokinetisches Dynamometer vorhanden ist, kann auch auf einer Legpress-Maschine trainiert und der Fokus dabei auf die exzentrische Bewegung gelegt werden. Es kann sogar gesagt werden, dass unilaterales Training der nichtbetroffenen Seite – wenn möglich – immer durchgeführt werden sollte. Sofern der Patient oder die Patientin dabei nicht gefährdet wird, kann sich unilaterales Training nur positiv auf den Rehabilitationsprozess auswirken. Trotz der konkreten Umsetzungsempfehlungen der Studien erweist es sich jedoch noch als schwierig, dieses Wissen eins zu eins in die Praxis umzusetzen. Es werden in Zukunft weitere Untersuchungen durchgeführt werden müssen, um den Schritt zum funktionellen und realisierbaren Trainingsprogramm zu machen. Zudem wäre der oben beschriebene Effekt der *motor irradiation* ein interessanter Aspekt weiterführender Arbeiten.

5.5 Limitationen dieser Arbeit

In dieser Arbeit haben die Autoren nur die unteren Extremitäten berücksichtigt. Da diese funktionell gesehen andere Aufgaben haben als die oberen Extremitäten und dementsprechend anders mit dem Gehirn verschaltet sind, kann nicht davon ausgegangen werden, dass sich die Aussagen dieser Arbeit auf die oberen Extremitäten spiegeln lassen. Zusätzlich begrenzte sich die Altersgruppe der untersuchten Stichproben auf 18- bis 40-Jährige. Dabei handelte es sich folglich um junge Patienten

und Patientinnen. Da das Patientengut im Akutspital oft auch ältere Menschen beinhaltet, wäre es notwendig zu wissen, ob sich der CE-Effekt bei älteren Patienten und Patientinnen ähnlich verhält. Weiter wurde bei den Primärstudien dieser Arbeit nicht auf den Einfluss der dominanten Extremität eingegangen. Dabei wäre es beispielsweise interessant gewesen, zu sehen, wie sich Patienten und Patientinnen unterscheiden, welche die dominante Seite verletzt haben, im Gegensatz zu jenen, welche die nichtdominante Seite verletzt haben.

(I) Literaturverzeichnis

- Abernethy, B., Kippers, V., Hanrahan, S. J., Pandy, M. G., McManus, A. M. & Mackinnon, L. (2013). *Biophysical foundations of human movement* (3rd edition). USA: Sheridan Books.
- American Academy of Orthopaedic Surgeons. (2018). *Marx scale (English version)*. Heruntergeladen von <https://www.aaos.org/uploadedFiles/PreProduction/Quality/Measures/pdf-MARX%20SCALE-%20english.pdf> am 02. Dezember 2018
- Andrushko, J. W., Lanovaz, J. L., Björkman, K. M., Kontulainen, S. A. & Farthing, J. P. (2017). Unilateral strength training leads to muscle-specific sparing effects during opposite homologous limb immobilization. *Journal of Applied Physiology*, 124, 866–876. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00971.2017>
- Bant, H., Haas, H.-J., Ophey, M. & Steverding, M. (Hrsg.). (mit Beenen, P., Bizzini, M. P., Fox, T., Henn, S., Jansen, E., Junker, H.-O. ... Zahnd, F.). (2011). *Sportphysiotherapie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Bartur, G., Ohry, A. & Keren, O. (2018). Recruitment patterns of homologous Muscles during unilateral movement in hemiparetic subjects. *Harefuah*, 157(9), 561-565. Abgerufen von <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30221854> am 02. Dezember 2018
- Biolo, G., Maggi, S. P., Williams, B. D., Tipton, K. D. & Wolfe, R. R. (1995). Increased rates of muscle protein turnover and amino acid transport after resistance exercise in humans. *American journal of physiology*, 268(3), E514-E520. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1995.268.3.E514>
- Cirer-Sastre, R., Beltran-Garrido, J. V. & Corbi, F. (2017). Contralateral Effects After Unilateral Strength Training: A Meta-Analysis Comparing Training Loads. *Journal of Sport Science & Medicine*, 16(2), 180–186. Heruntergeladen von <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28630570> am 12. Juli 2018
- Claus-Henning, B., Centgraf, M., Cieslik, A., Hack, J., Hohloch, L., Holzheimer, C., Horn, H., Kircher, C., Kleiner, P., Schneider, A. & Schulte, A. (2015). *I care: Anatomie, Physiologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Collins, B. W., Lockyer, E. J. & Button, D. C. (2017). Prescribing Cross Education: Is it time?. *Muscle & Nerve*, 56(4), 684-685. <https://doi.org/10.1002/mus.25665>

- Farthing, J. P. & Chilibeck, P. D. (2003). The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *European Journal of Applied Physiology*, 89(6), 578-586. doi:10.1007/s00421-003-0842-2
- Fortbildungen für Orthopädische Medizin und Manuelle Therapie. (2018). *TAS – Tegner activity scale*. Heruntergeladen von <https://www.fomt.info/Fragebogen/TAS-Tegner-activity-scale-deutsche-Version.pdf> am 02. Dezember 2018
- Gardiner, P. F. (2011). *Advanced neuromuscular exercise physiology*. USA: Sheridan Books.
- Grifka, J. & Schönle, C. (Hrsg.). (mit Gütz, V., Kramme, W. G., Naeve, F., Rödiger, S. & Schönle, C.). (2004). *Praxiswissen Halte- und Bewegungsorgane: Rehabilitation*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Gumpert, N. (2019). Quadriceps. Abgerufen von: <https://www.dr-gumpert.de/html/quadrizeps.html> am 17. März 2019
- Harput, G., Ulusoy, B., Yildiz, T. I., Demirci, S., Eraslan, L., Turhan, E. & Tunay, V. B. (2018). Cross-education improves quadriceps strength recovery after ACL reconstruction: a randomized controlled trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 1-8. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5040-1>
- Hegenscheidt, S., Harth, A., & Scherfer, E. (2010). *PEDro-Skala*. Heruntergeladen von https://www.pedro.org.au/wp-content/uploads/PEDro_scale_german.pdf am 03. August 2018
- Hemschemeier, S. K., Schatzl, M. & Maelicke, A. (o.D.). Bewegungsvorgänge: Physiologische und pathologische Muskelveränderungen. Abgerufen von http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/8/bc/vlu/proteine/bewegungsvorgaenge.vlu/Page/vsc/de/ch/8/bc/proteine/funktion_v_prot/bewegung/muskelkrankheiten.vscml.html am 13. September 2018
- Hendy, A. M., Chye, L. & Teo, W.-P. (2017). Cross-Activation of the Motor Cortex during Unilateral Contractions of the Quadriceps. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 397. doi:10.3389/fnhum.2017.00397
- Hepfer, E. (2006). *Physiotherapeutische Interventionen zur Steigerung der Aktivität des Muskels Vastus medialis obliquus bei Patellofemoralem Schmerzsyndrom* (Bachelorarbeit). Physiotherapie, Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, Winterthur. <https://doi.org/10.21256/zhaw-529>

- Hochschild, J. (2012). *Strukturen und Funktionen begreifen: Funktionelle Anatomie – Therapierrelevante Details Band 2* (3. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Hortobágyi, T., Barrier, J., Beard, D., Braspeninx, J., Koens, P., Devita, P., Dempsey, L. & Lambert, J. (1996). Greater initial adaptations to submaximal muscle lengthening than maximal shortening. *Journal of Applied Physiology*, 81(4), 1677-1682. <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.81.4.1677>
- Hortobágyi, T., Lambert, N. J. & Hill, J. P. (1997). Greater cross education following training with muscle lengthening than shortening. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(1), 107-112. doi:10.1097/00005768-199701000-00015
- Hosseinzadeh, M., Samani, A., Andersen, O. K., Nosaka, K., Arendt-Nielsen, L. & Madeleine, P. (2015). Ipsilateral resistance exercise prevents exercise-induced central sensitization in the contralateral limb: a randomized controlled trial. *European Journal of Applied Physiology*, 115(11), 2253-2262. doi:10.1007/s00421-015-3205-x
- Ives, J. C. (2018). *Motor behaviour: Connecting mind and body for optimal performance* (2nd edition). Philadelphia: Wolters Kluwer.
- Karrer, S. & Riesen, C. (2017). *Cross Education - Reha über kreuz: Nutzen und Outcomes der Cross Education in der Rehabilitation von orthopädischen Patienten und Patientinnen mit einer immobilisierten Extremität* (Bachelorarbeit). Physiotherapie, Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, Winterthur. <https://doi.org/10.21256/zhaw-1293>
- Kidgell, D. J., Frazer, A. K., Rantalainen, T., Ruotsalainen, I., Ahtiainen, J., Avela, J. & Howatson, G. (2015). Increased cross-education of muscle strength and reduced corticospinal inhibition following eccentric strength training. *Neuroscience*, 300, 566-575. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2015.05.057>
- Lamprecht, M., Fischer, A., & Stamm, H. (2014). *Sport Schweiz 2014: Sportaktivität und Sportinteresse der Schweizer Bevölkerung*. Observatorium Sport und Bewegung Schweiz c/o Lamprecht & Stamm Sozialforschung und Beratung AG. Heruntergeladen von https://www.sportobs.ch/fileadmin/sportobs-dateien/Downloads/Sport_Schweiz_2014_d.pdf am 05. August 2018

- Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. & Westmorland, M. (1998). Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien. Heruntergeladen von <https://srs-mcmaster.ca/wp-content/uploads/2015/04/Critical-Review-Form-Quantitative-Studies-German.pdf> am 03. August 2018
- Lee, M., & Carroll, T. J. (2007). Cross education. *Sports Medicine*, 37(1), 1-14.
- Lepley, K. L. & Palmieri-Smith, R. M. (2014). Cross-Education Strength and Activation After Eccentric Exercise. *Journal of Athletic Training*, 49(5), 582-589. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.24>
- Löffler, G. & Petrides, P. E. (2014). *Biochemie und Pathobiochemie* (9. aktualisierte Auflage; P. C., Heinrich, M., Müller & L., Graeve). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Müller-Wohlfahrt, H.-W., Ueblacker, P. & Hänsel, L. (2014). *Muskelverletzungen im Sport* (2. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Niel-Asher, S. (2016). *The concise book of trigger points: a professional and self-help manual*. (C. Trautner-Suder & I. Klofat, Übers.). Berkeley: Lotus Publishing (Originalwerk herausgegeben 2014).
- Niemann, S., Stürmer, Y. A., Bürgi, F., Studer, M., Dähler-Sturny, C., Zumstein, J., & Hermann, A. (2017). Statistik der Nichtberufsunfälle und des Sicherheitsniveaus in der Schweiz, Strassenverkehr, Sport, Haus und Freizeit. Beratungsstelle für Unfallverhütung. Heruntergeladen von https://www.bfu.ch/sites/assets/Shop/bfu_2.287.01_STATUS%202017%20%E2%80%93%20Statistik%20der%20Nichtberufsunf%C3%A4lle%20und%20des%20Sicherheitsniveaus%20in%20der%20Schweiz.pdf am 06. August 2018
- Nonnenmacher, W.-A. (2018). Musculus quadriceps femoris. Abgerufen von https://medlexi.de/Musculus_quadriceps_femoris am 17. März 2019
- Papandreou, M. G., Billis, E. V., Antonogiannakis, E. M. & Papaioannou, N. A. (2009). Effect of cross exercise on quadriceps acceleration reaction time and subjective scores (Lysholm questionnaire) following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 4, 2. doi:10.1186/1749-799X-4-2

- Papandreou, M. G., Billis, E. V., Papathanasiou, G., Spyropoulos, P. & Papaioannou, N. A. (2012). Cross-Exercise on Quadriceps Deficit after ACL Reconstruction. *The Journal of Knee Surgery*, 26, 51-58. doi:10.1055/s-0032-1313744
- Ruddy, K. L. & Carson, R. G. (2013). Neural pathways mediating cross education of motor function. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 397. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00397>
- Schönle, C., Grifka, J., Güth, V., Kramme, W. G. & Naeve, F. (2004). *Rehabilitation – Praxiswissen Halte- und Bewegungsorgane*. Stuttgart, Deutschland: Georg Thieme Verlag.
- Schünke, M., Schulte, E. & Schumacher, U. (2014). *Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Prometheus. LernAtlas der Anatomie* (4. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Scripture, E. W., Smith, T. L., & Brown, E. M. (1894). On the education of muscular control and power. *Stud Yale Psychol Lab*, 2, 114-119.
- Skelettmuskelzellen. (2009, 18. September). Abgerufen von http://vmrz0100.vm.ruhr-uni-bochum.de/spomedial/content/e866/e2442/e4687/e4692/e4697/e4738/index_ger.html am 14. September 2018
- Spring, H., Dvorak, J., Dvorak, V., Schneider, W., Tritschler, T. & Villinger, B. (2008). *Theorie und Praxis der Trainingstherapie: Beweglichkeit, Kraft, Ausdauer, Koordination*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Starbuck, C. & Eston, R. G. (2011). Exercise-induced muscle damage and the repeated bout effect: evidence for cross transfer. *European Journal of Applied Physiology*, 112(3), 1005-1013. doi:10.1007/s00421-011-2053-6
- Toigo, M. (2015). *Muskelrevolution. Konzepte und Rezepte zum Muskel- und Kraftaufbau*. Berlin: Springer-Verlag.
- Van den Berg, F. & Cabri, J. (2003). *Angewandte Physiologie. Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Veldhuizen, J. W., Verstappen, F. T. J., Vroemen, J. P. A. M., Kuipers, H., & Greep, J. M. (1993). Functional and morphological adaptations following four weeks of knee immobilization. *International journal of sports medicine*, 14(05), 283-287. doi: 10.1055/s-2007-1021178

Verhagen, A. P., de Vet, H. C., de Bie, R. A., Kessels, A. G., Boers, M., Bouter, L. M., & Knipschild, P. G. (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomized clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. *Journal of clinical epidemiology*, 51(12), 1235-1241.
[https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(98\)00131-0](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(98)00131-0)

Wikipedia. (2014). *Lichtmikroskopischer Längsschnitt quergestreifter Muskelzellen*. Abgerufen von https://de.wikipedia.org/wiki/Skelettmuskel#/media/File:Muskel_quergestreift.JPG am 02. Dezember 2018

(II) Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verletzungslokalisierung der fünf meist betroffenen Körperregionen in Prozent (nach Niemann et al., 2017)	5
Abbildung 2: Aufbau eines Skelettmuskels (Claus-Henning et al., 2015)	9
Abbildung 3: Histologischer Aufbau eines Muskels (Van den Berg et al., 2003)	10
Abbildung 4: Quergestreifte Skelettmuskulatur unter dem Lichtmikroskop (Wikipedia, 2014)	11
Abbildung 5: Kraftentfaltung über die Reizweiterleitung des Motoneurons an das Sarkolemm (Toigo, 2015)	13
Abbildung 6: Radiale Muskelfaserhypertrophie mit Aktivität der Satellitenzellen (Toigo, 2015)	14
Abbildung 7: Der M. quadriceps femoris (Schünke et al., 2014)	17
Abbildung 8: Verhältnis zwischen Muskelkraft, Last und Kontraktionsgeschwindigkeit (Müller-Wohlfahrt et al., 2014)	21

(III) Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Übersicht über die drei wichtigsten Muskelfasertypen und deren Eigenschaften	12
Tabelle 2 Vier Quadricepsanteile und deren Eigenschaften	18
Tabelle 3 Literaturrecherche in der Datenbank Medline	29
Tabelle 4 Ein- und Ausschlusskriterien der Literatur	31
Tabelle 5 Auswahl der vier Primärstudien	32
Tabelle 6 PEDro-Skala	41
Tabelle 7 Bewertungskriterien nach Law et al. (1998)	42
Tabelle 8 Outcomeparameter der Primärstudien	44

Deklaration

Wortzahl der Arbeit: 11'123 (exklusiv Abstract, Verzeichnisse, Tabellen, Abbildungen, Grafiken und Anhänge)

Danksagung

Wir möchten uns herzlichst bei unserer Betreuungsperson Frau Sandra Schächtelin für ihre zuverlässige, genaue und kompetente Unterstützung bedanken. Die Zusammenarbeit war angenehm und ganz unseren Bedürfnissen angepasst. Ein weiteres Dankeschön geht an Julien Chatagny, Laurent Chatagny, Carmen Schmid, Beat Mantsch, Natascha Furlan und Luca Baici für das Gegenlesen unserer Arbeit und die konstruktiven Rückmeldungen.

Eigenständigkeitserklärung

«Wir erklären hiermit, dass wir die vorliegende Arbeit selbständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benützung der angegebenen Quellen verfasst haben»

Winterthur, den 23. April 2019

Mathieu-Daniel Chatagny



Canice Schmid



Anhang A

Begriffserklärung

- **Adenosindiphosphat** = Phosphat-gruppenakzeptor bei Phosphorylierungsreaktionen, wird dabei in ATP überführt (Pschyrembel, 2017).
- **Adenosintriphosphat** = wichtigster zellulärer Energieüberträger und -speicher (Pschyrembel, 2017).
- **Atrogin-1-Gen** = Ubiquitinligase, verantwortlich für Muskelproteinabbau (Medical Dictionary, 2012).
- **Cross Activation** = Erhöhung der Erregbarkeit der kortikomotorischen Bahnen im ruhenden Bein bei unilateralem Krafttraining (Hendy et al., 2017).
- **Desoxyribonukleinsäure (DNS)** = Biopolymer, dient in allen lebenden Zellen als Speicher für die genetische Information (Pschyrembel, 2016).
- **Endoplasmatisches Retikulum** = elektronen-mikroskopisch sichtbares, im Grundplasma der Zelle gelegenes dreidimensionales Hohlraumssystem aus Bläschen, Kanälchen und Zisternen, deren Membranen kontinuierlich mit der äusseren Kernmembran und z. T. auch mit der Zellmembran zusammenhängen (Pschyrembel, 2016).
- **Engramm** = durch häufige Wiederholung derselben Wahrnehmungs- und Verarbeitungsinhalte entstandene, strukturelle bzw. physiologische Veränderung im Gehirn, welche als biologische Grundlage des menschlichen Gedächtnisses angesehen wird (Pschyrembel, 2016).
- **Glukokortikoide** = Steroidhormone aus der Zona fasciculata der Nebennierenrinde. Das wichtigste, natürliche Glukokortikoid ist Kortisol. Sie werden reguliert durch das Hypothalamus-Hypophysen-System. Sie wirken antiallergisch und immunsuppressiv (Pschyrembel, 2016).
- **Hexagonal** = von der Form eines Hexagons, sechseckig (Duden, 2018).
- **Insuline like growth factor IGF-1 und IGF-2** = Wachstumsfaktoren, die in Leber, Niere und Bindegewebe gebildet werden. IGF sind an der normalen körperlichen Entwicklung, aber auch an der Tumorentstehung beteiligt (Pschyrembel, 2018).
- **Insulin** = Im Pankreas gebildetes Proteohormon, das zur Behandlung von Hyperglykämien und Stufentherapie des Diabetes mellitus eingesetzt wird. Die

Anwendung erfolgt meist subkutan. Zu den Nebenwirkungen zählen Gewichtszunahme und Hypoglykämien (Pschyrembel, 2018).

- **Kortikal** = Von der Gehirnrinde ausgehend, in der Gehirnrinde lokalisiert (Pschyrembel, 2016).
- **Kortikospinal** = von der Grosshirnrinde zum Rückenmark verlaufend (DocCheck, 2015).
- **Maximum compound waves (Mmax)** = Wellenlinien der durch elektrische Impulse ausgelösten Aktionspotentiale an einem Muskel (Wikipedia, 2018).
- **Medulla oblongata** = zum Hirnstamm gehörender Teil des Gehirns, der auf- und absteigende Projektionssysteme der Groß- und Kleinhirnrinde, Kerne der Hirnnerven und lebenswichtige Zentren enthält (Pschyrembel, 2016).
- **Mirror neuron system** (Spiegelneuronen System) = Nervenzellensystem, das bei eigenen aktiven, aber auch bei passiv beobachteten Bewegungen und Emotionen reagiert. Spiegelneurone befinden sich in mehreren anatomisch voneinander getrennten Gehirnarealen. Es wird angenommen, dass sie wichtig für Empathie und die Interpretation von beobachtetem Verhalten sind (Pschyrembel, 2016).
- **Mitochondrien** = etwa bakteriengroße (1–5µm), ovale, lipoidreiche Zellorganellen, die von einer Doppelmembran umgeben sind. Mitochondrien besitzen eigene DNS sowie Ribosomen und vermehren sich durch Zweiteilung. Sie sind Ort der oxidativen Phosphorylierung und besitzen dazu spezialisierte innere Membranen, die an der ATP-Bildung beteiligt sind (Pschyrembel, 2016).
- **Motokortex** = Der Motokortex umfasst diejenigen Areale des Isokortex, die mit der Steuerung der Willkürmotorik befasst sind und befindet sich im Frontallappen (DocCheck, 2018).
- **Motor evoked potential (MEP)** = In der Muskulatur ausgelöstes elektrisches Potential, das auf einen am Nervensystem gesetzten Impuls folgt (Medscape, n.d.).
- **Motor irradiation** = unwillkürliche und unkontrollierbare Bewegung einer Extremität bei Aktivität der kontralateralen Extremität (Ruddy et al., 2013).
- **Motor threshold (MT)** = Individuelle kortikale Reizschwelle, ab der ein MEP einer gewissen Grösse bewirkt wird (Wikipedia, 2016)

- **Muscle protein breakdown rate (MPB)** = Abbaurate von Muskelprotein (Toigo, 2015)
- **Muscle protein synthesis rate (MPS)** = Aufbaurate von Muskelprotein (Toigo, 2015).
- **Muscle cross-sectional area (MCSA)** (auch *Physiological cross-sectional area*) = Muskelquerschnitt. Physiologische MCSA wird im Lot zur Faserrichtung gemessen. Anatomische MCSA wird im Lot zur Längsachse des Muskels gemessen (Wikipedia, 2018).
- **Myoblast** = Vorläuferzellen des Muskelgewebes. Myoblasten entstammen dem Mesoderm. Mehrere Myoblasten fusionieren zu mehrkernigen Myotuben, welche dann zu Muskelfasern ausreifen (Pschyrembel, 2018).
- **Myonukleäre Domäne** = theoretische Menge an Zytoplasma, welche durch ein Muskelzellkern innerhalb einer Muskelfaser kontrolliert wird (Toigo, 2015).
- **Phosphorylierung** = Verestern organischer Verbindungen mit Phosphorsäure unter der Wirkung von Enzymen, meist Kinasen. Viele Metaboliten und auch Proteine (Enzyme, Transkriptionsfaktoren) werden durch Phosphorylierung aktiviert (Pschyrembel, 2017).
- **Plasmalemm** = Zellmembran (DocCheck, 2018).
- **Postmitotischer Zustand** = Zellstadium, in dem weder DNS synthetisiert werden noch eine Mitose stattfinden kann (Toigo, 2015).
- **Root mean squared (rms) EMG** = Bezeichnet die Wurzel des Durchschnitts des über eine gewisse Zeit hinweg gemessenen EMG Signals. Gibt eine objektivierbare Auskunft über die Muskelaktivität (Biology for biological Engineering, n.d.).
- **Primärer Motokortex** = Der primäre Motokortex ist ein Kortexareal des Frontallappens, das funktionell zum Motokortex zählt. Die Fortsätze der hier lokalisierten Pyramidenzellen ziehen hauptsächlich ins Rückenmark hinab und steuern die dortigen Motoneurone direkt oder indirekt an (DocCheck, 2018).
- **Proteinkinase B** = drei Enzyme aus der Gruppe der Proteinkinasen, die Phosphatgruppen auf Proteine übertragen. Sie sind an Signalübertragungskaskaden im Organismus beteiligt (DocCheck, 2018).

- **Proteolyse** = Abbau von Proteinen und Peptiden durch hydrolytische Spaltung der Peptidbindung (Pschyrembel, 2017).
- **Ribonukleinsäure (RNS)** = Biopolymer aus Ribonukleotiden, dient in allen Organismen der Übertragung genetischer Information in der Zelle, als Strukturkomponente, Enzym oder Regulator (Pschyrembel, 2016).
- **Short-interval intracortical inhibition (SICI)** = Folgt auf einen unterhalb des *motor threshold* liegenden kontinuierlichen Stimulus ein stärkerer Stimulus, wird dieser stärkere Stimulus intrakortikal inhibiert (Wagle-Shukla, Ni, Gunraj, Bahl & Chen, 2009).
- **Silent period duration** = Zeitdauer zwischen einem am Nervensystem gesetzten Stimulus bis zur Rückkehr zum *pre-stimulus rms* EMG Wert (Hendy et al. 2017).
- **Subkortikal** = Unterhalb der Gehirnrinde, im Marklager oder Hirnstamm gelegen (Pschyrembel, 2016).
- **Zytoplasma** = von einer Zellmembran umschlossenes Plasma der Zelle. Zytoplasma besteht zu 75–95% aus Wasser, der restliche Anteil setzt sich zusammen aus darin gelösten Proteinen, Lipiden, Kohlenhydraten, Mineralsalzen und Spurenelementen sowie einer Vielzahl kleinerer und größerer Einschlüsse (Granula, Vesikel, Zellorganellen) (Pschyrembel, 2016).
- **Zytosol** = proteinreiches Grundplasma der Zelle mit löslichen Bestandteilen ohne Zytoskelett und Zellorganellen. Die Zusammensetzung des Zytosols kann je nach Region der Zelle stark schwanken (Pschyrembel, 2016).

Anhang B

Tegner Scale

Aktivitätsgrad	Tätigkeit	Wertung
Wettkampfsport – auf nationalen und internationalem Niveau	<ul style="list-style-type: none"> Fußball, Ski alpin (auf nationalem oder internationalem Niveau) 	10
Wettkampfsport	<ul style="list-style-type: none"> Eishockey, Ringen, Turnen, Fußball, Ski alpin (auf regionalem Niveau) 	9
Wettkampfsport	<ul style="list-style-type: none"> Snowboard, Badminton, Squash, Leichtathletik (Sprungdisziplinen) 	8
Wettkampfsport	<ul style="list-style-type: none"> Tennis, Leichtathletik, (Lauf- und Wurfdisziplinen), Geräteturnen, Handball, Basketball, Orientierungslauf, Crosslauf 	7
Freizeitsport	<ul style="list-style-type: none"> Eishockey, Fußball, Ski alpin 	
Freizeitsport	<ul style="list-style-type: none"> Badminton, Tennis, Squash, Basketball, Handball, Volleyball, Orientierungslauf, Crosslauf, Snowboard, Aerobic (high impact), Joggen (mindestens 5x die Woche) 	6
Wettkampfsport Freizeitsport	<ul style="list-style-type: none"> Radfahren, Skilanglauf, Eiskunstlauf Turnen, Gymnastik, In-line-skating, Klettern, Bergsteigen, Skitouren, Schneeschuhlaufen, Joggen auf unebenem Boden (mindestens 2x die Woche) 	5
Arbeit	<ul style="list-style-type: none"> Schwere körperliche Arbeit (Bauarbeit, Waldarbeit) 	
Freizeitsport	<ul style="list-style-type: none"> Skilanglauf, Radfahren, Tanzen, Aerobic (low impact), , Bergwandern (abwärts), Joggen auf ebenem Boden (mind. 2x die Woche) 	4
Arbeit	<ul style="list-style-type: none"> Mittelschwere körperliche Arbeit (schwere Hausarbeit) 	
Wettkampf- und Freizeitsport	<ul style="list-style-type: none"> Schwimmen, Wandern, Walking, Kegeln, Bowling 	3
Arbeit	<ul style="list-style-type: none"> Leichte körperliche Arbeit 	
Gehen	<ul style="list-style-type: none"> Querfeldein ist möglich 	
Arbeit	<ul style="list-style-type: none"> Vorwiegend sitzende Tätigkeit 	2
Gehen	<ul style="list-style-type: none"> Auf unebenem Boden möglich 	
Arbeit	<ul style="list-style-type: none"> Sitzende Tätigkeit 	1
Gehen	<ul style="list-style-type: none"> Nur auf ebenem Boden möglich 	
Arbeit	<ul style="list-style-type: none"> Arbeitsunfähig oder berentet aufgrund von Knieproblemen 	0
Gehen	<ul style="list-style-type: none"> Nur eingeschränkt möglich 	

Marx Scale

Please indicate how often you performed each activity in your healthiest and most active state, in the past year. Kindly put a (✓) mark on the appropriate space after each item.

	Less than one time in a month	One time in a month	One time in a week	2 or 3 times in a week	4 or more times in a week
Running: running while playing a sport or jogging	0	1	2	3	4
Cutting: changing directions while running	0	1	2	3	4
Deceleration: coming to a quick stop while running	0	1	2	3	4
Pivoting: turning your body with your foot planted while playing sport; For example: skiing, skating, kicking, throwing, hitting a ball (golf, tennis, squash), etc.	0	1	2	3	4

Anhang C

Literaturrecherche in der Datenbank Pubmed

Datenbank	Suchsyntax/Filter	Anzahl gefundene Literatur	Anzahl relevante Literatur
Pubmed	(((((("cross education") OR "cross transfer") OR "cross training") OR "cross activation") OR "bilateral transfer") AND "eccentric strength"	7	6 (0 neu)
	(((((("cross education") OR "cross transfer") OR "cross training") OR "cross activation") OR "bilateral transfer") AND "eccentric exercise"	5	3 (0 neu)
	(((((("cross education") OR "cross transfer") OR "cross training") OR "cross activation") OR "bilateral transfer") AND "eccentric training"	8	7 (0 neu)
	(((((("cross education") OR "cross transfer") OR "cross training") OR "cross activation") OR "bilateral transfer") AND eccentric	21	11 (0 neu)
	(((((("cross education") OR "cross transfer") OR "cross training") OR "cross activation") OR "bilateral transfer") AND "muscle lengthening"	4	3 (0 neu)
	(((((("cross education") OR "cross transfer") OR "cross training") OR "cross activation") OR "bilateral transfer") AND "resistance training"	63	4 (0 neu)
	(((((("cross education") OR "cross transfer") OR "cross training") OR "cross activation") OR "bilateral transfer") AND "lower limb"	12	1 (0 neu)
	(((((("cross education") OR "cross transfer") OR "cross training") OR "cross activation") OR "bilateral transfer") AND leg	62	5 (0 neu)

	(((((("cross education") OR "cross transfer") OR "cross training") OR "cross activation") OR "bilateral transfer") AND quadriceps	27	5 (0 neu)
	(((((("cross education") OR "cross transfer") OR "cross training") OR "cross activation") OR "bilateral transfer") AND ACL	4	1 (0 neu)
	(((((("cross education") OR "cross transfer") OR "cross training") OR "cross activation") OR "bilateral effect") OR "cross exercise") AND ACL	6	3 (0 neu)

Literaturrecherche in der Datenbank AMED

Datenbank	Suchsyntax/Filter	Anzahl gefundene Literatur	Anzahl relevante Literatur
AMED	((("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and "eccentric strength").af.	3	3 (0 neu)
	((("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and "eccentric exercise").af.	1	1 (0 neu)
	((("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and "eccentric training").af.	3	3 (0 neu)
	((("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and "eccentric").af.	4	3 (0 neu)
	((("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and "muscle lengthening").af.	1	1 (0 neu)

	("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and "resistance training").af.	9	0
	("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and "lower limb").af.	1	0
	("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and leg).af.	7	0
	("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and quadriceps).af.	4	2 (0 neu)
	("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer") and ACL).af.	0	0
	("cross education" or "cross transfer" or "cross training" or "cross activation" or "bilateral transfer" or "cross exercise") and ACL).af.	0	0

Literaturrecherche in der Datenbank CINAHL

Datenbank	Suchsyntax/Filter	Anzahl gefundene Literatur	Anzahl relevante Literatur
CINAHL	"cross education" OR "cross transfer" AND "eccentric strength"	50	3 (0 neu)
	"cross education" OR "cross transfer" AND "eccentric exercise"	51	4 (0 neu)
	"cross education" OR "bilateral transfer" AND "resistance training"	50	3 (0 neu)

	"cross education" OR "bilateral transfer" AND "lower limb"	50	3 (0 neu)
	"cross education" OR "bilateral transfer" AND quadriceps	50	3 (0 neu)
	"cross transfer" OR "bilateral transfer" OR "cross activation" AND "lower limb"	21	1 (0 neu)
	"cross transfer" OR "bilateral transfer" OR "cross activation" AND "eccentric exercise"	21	1 (0 neu)
	"cross exercise" OR "bilateral transfer" AND "eccentric" AND "lower limb"	3	1 (0 neu)
	"interlimb transfer" OR "bilateral transfer" AND "eccentric" AND "lower limb"	13	0
	("cross education" OR "cross transfer" OR "cross activation" OR "cross exercise" OR "bilateral transfer") AND ("eccentric exercise" OR "eccentric loading" OR "eccentric component" OR "eccentric training") AND ("lower limb" OR "lower extremity" OR "leg" OR "quadriceps")	4	3 (0 neu)

Anhang D

PEDro-Skala

PEDro-skala – Deutsch

1. Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
2. Die Probanden wurden den Gruppen randomisiert zugeordnet (im Falle von Crossover Studien wurde die Abfolge der Behandlungen den Probanden randomisiert zugeordnet)	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
3. Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
4. Zu Beginn der Studie waren die Gruppen bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
5. Alle Probanden waren geblendet	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
6. Alle Therapeuten/Innen, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblendet	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
7. Alle Untersucher, die zumindest ein zentrales Outcome gemessen haben, waren geblendet	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
8. Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden wurde zumindest ein zentrales Outcome gemessen	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
9. Alle Probanden, für die Ergebnismessungen zur Verfügung standen, haben die Behandlung oder Kontrollanwendung bekommen wie zugeordnet oder es wurden, wenn dies nicht der Fall war, Daten für zumindest ein zentrales Outcome durch eine ‚intention to treat‘ Methode analysiert	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
10. Für mindestens ein zentrales Outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:
11. Die Studie berichtet sowohl Punkt- als auch Streuungsmaße für zumindest ein zentrales Outcome	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> wo:

Die PEDro-Skala basiert auf der Delphi Liste, die von Verhagen und Kollegen an der Universität von Maastricht, Abteilung für Epidemiologie, entwickelt wurde (Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. *Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12):1235-41). Diese Liste basiert auf einem "Expertenkonsens", und größtenteils nicht auf empirischen Daten. Zwei zusätzliche Items, die nicht Teil der Delphi Liste waren, wurden in die PEDro-Skala aufgenommen (Kriterien 8 und 10). Wenn mehr empirische Daten zur Verfügung stehen, könnte es in Zukunft möglich werden, die einzelnen Items zu gewichten, so dass eine PEDro-Punktzahl die Bedeutung individueller Items widerspiegelt.

Der Zweck der PEDro-Skala ist es, Benutzern der PEDro-Datenbank dabei zu helfen, schnell festzustellen, welche der tatsächlich oder vermeintlich randomisierten kontrollierten Studien (d.h. RCTs oder CCTs), die in der PEDro-Datenbank archiviert sind, wahrscheinlich intern valide sind (Kriterien 2-9) und ausreichend statistische Information beinhalten, um ihre Ergebnisse interpretierbar zu machen (Kriterien 10-11). Ein weiteres Item (Kriterium 1), welches sich auf die externe Validität (Verallgemeinerungsfähigkeit von Ergebnissen) bezieht, wurde übernommen, um die Vollständigkeit der Delphi Liste zu gewährleisten. Dieses Kriterium wird jedoch nicht verwendet, um die PEDro-Punktzahl zu berechnen, die auf der PEDro Internetseite dargestellt wird.

Die PEDro-Skala sollte nicht als Maß für die „Validität“ der Schlussfolgerungen einer Studie verwendet werden. Insbesondere warnen wir Benutzer der PEDro-Skala, dass Studien, die einen signifikanten Behandlungseffekt anzeigen, und die hohe Punktzahlen auf der PEDro-Skala erreichen, nicht notwendigerweise den Nachweis dafür erbringen, dass die entsprechenden Behandlungen klinisch sinnvoll sind. Weiterführende Überlegungen beinhalten, ob der Behandlungseffekt groß genug gewesen ist, um lohnenswert zu sein, ob die positiven Effekte der Behandlung die negativen aufwiegen, und wie das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Behandlung ist. Die PEDro-Skala sollte nicht dazu verwendet werden, die „Qualität“ von Studien aus unterschiedlichen therapeutischen Bereichen zu vergleichen, und zwar hauptsächlich deswegen nicht, weil es in manchen Bereichen der physiotherapeutischen Praxis nicht möglich ist, allen Kriterien der Skala gerecht zu werden.

Die PEDro-Skala wurde zuletzt am 21. Juni 1999.

Die deutsche Übersetzung der PEDro-Skala wurde erstellt von Stefan Hegenscheidt, Angela Harth und Erwin Scherfer.

Die deutsche Übersetzung wurde im April 2008 fertiggestellt und wurde im Februar 2010 geändert.

Hinweise zur Handhabung der PEDro scale:

- Für alle Kriterien **Punkte werden nur vergeben, wenn ein Kriterium eindeutig erfüllt ist.** Falls beim genauen Lesen einer Arbeit die Möglichkeit besteht, dass ein Kriterium nicht erfüllt wurde, sollte kein Punkt für dieses Kriterium vergeben werden.
- Kriterium 1 Dieses Kriterium gilt als erfüllt, wenn berichtet wird, wie die Probanden rekrutiert wurden, und wenn eine Liste mit Kriterien dargestellt wird, die genutzt wurde, um zu entscheiden, wer geeignet war an der Studie teilzunehmen.
- Kriterium 2 Wenn in einem Artikel steht, dass die Zuordnung zu den Gruppen randomisiert erfolgte, so wird dies von der Studie angenommen. Die genaue Methode der Randomisierung muss dabei nicht näher spezifiziert sein. Methoden wie Münz- oder Würfelwürfe sollten als Randomisierung angesehen werden. Quasi-randomisierte Zuordnungsverfahren wie die Zuordnung durch Krankenaktennummern im Krankenhaus, Geburtsdatum, oder alternierende Zuordnungen, erfüllen dieses Kriterium nicht.
- Kriterium 3 *Verborgene Zuordnung* bedeutet, dass die Person, die entschieden hat ob der jeweilige Proband für eine Teilnahme geeignet war oder nicht, zum Zeitpunkt dieser Entscheidung nicht wissen konnte, welcher Gruppe der jeweilige Proband zugeordnet werden würde. Für dieses Kriterium wird auch dann ein Punkt vergeben, wenn über eine verdeckte Zuordnung nicht berichtet wird, aber in dem Bericht zum Ausdruck kommt, dass die Zuordnung mit Hilfe blickdichter Briefumschläge erfolgte, oder dass die Allokation über Kontaktaufnahme mit einem unabhängigen Verwalter des Allokationsplans, der sich ‚nicht am Ort der Studiendurchführung‘ befand oder ‚nicht anderweitig an der Studie beteiligt‘ war, erfolgte.
- Kriterium 4 In Studien, die therapeutische Interventionen untersuchen, muss jeweils vor Beginn der Intervention mindestens eine Messung hinsichtlich des Schweregrades des zu behandelnden Zustandes, und mindestens ein anderes *zentrales Outcome* beschrieben werden (Eingangsmessungen). Der Gutachter muss ausreichend davon überzeugt sein, dass sich klinisch signifikante Unterschiede in den Gruppen-Outcomes nicht allein schon aufgrund von Unterschieden in den prognostischen Variablen zu Beginn der Studie (also zum Baseline-Zeitpunkt) erwarten ließen. Dieses Kriterium gilt auch dann als erfüllt, wenn nur Baseline-Daten für diejenigen Probanden beschrieben werden, welche bis zum Ende an der Studie teilgenommen haben.
- Kriterien 4,7-11 *Zentrale Outcomes* sind jene Outcomes, welche das primäre Maß für eine Effektivität (oder eine fehlende Effektivität) der Therapie darstellen. In den meisten Studien wird mehr als eine Variable zur Outcome-Messung verwendet.
- Kriterien 5-7 *Blindung* bedeutet, dass die betreffende Person (Proband/In, Therapeut/In oder Untersucher/In) nicht gewusst hat, welcher Gruppe der Proband zugeordnet worden ist. Außerdem wird eine Blindung von Probanden und Therapeuten nur dann als gegeben angenommen, wenn davon ausgegangen werden kann, dass sie nicht in der Lage gewesen wären, zwischen den Behandlungen, die in den verschiedenen Gruppen ausgeführt wurden, zu unterscheiden. In Studien, in denen *zentrale Outcomes* von den Probanden selbst angegeben werden (z.B. Visuelle Analog Skala oder Schmerztagebücher), gilt der Untersucher als geblendet, wenn der Proband geblendet war.
- Kriterium 8 Dieses Kriterium gilt nur dann als erfüllt, wenn die Studie *sowohl* über die Anzahl der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden, *als* auch über die Anzahl der Probanden, von denen tatsächlich zentrale Outcomes festgehalten werden konnten, Auskunft gibt. Bei Studien mit Outcome-Messungen zu mehreren Messzeitpunkten, muss mindestens ein *zentrales Outcome* bei mehr als 85% der Probanden zu einem dieser Zeitpunkte gemessen worden sein.
- Kriterium 9 Eine *Intention to treat* Analyse bedeutet, dass in den Fällen, in denen Probanden die zuge dachte Behandlung (oder Kontrollanwendung) nicht erhalten haben und in denen Ergebnismessungen möglich waren, die Messwerte so analysiert werden, als ob die Probanden die zuge dachte Behandlung (oder Kontrollanwendung) erhalten hätten. Wird eine Analyse nach der ‚Intention to treat‘ Methode nicht erwähnt, gilt dieses Kriterium dennoch als erfüllt, falls explizit zum Ausdruck kommt, dass alle Probanden die Behandlungen oder Kontrollanwendungen wie zuge dacht erhalten haben.
- Kriterium 10 Ein *Zwischen-Gruppen-Vergleich* beinhaltet einen statistischen Vergleich einer Gruppe mit einer anderen Gruppe. Abhängig vom jeweiligen Studiendesign kann es sich dabei um den Vergleich von zwei oder mehr verschiedenen Behandlungen, oder auch um den Vergleich einer Behandlung mit einer Kontrollanwendung (z.B. Placebo-Behandlung, Nicht-Behandlung, Scheinbehandlung) handeln. Die Analyse kann als einfacher Vergleich der Outcomes zwischen den Gruppen erfolgen, die nach einer durchgeführten Behandlung gemessen wurden, oder auch als Vergleich der Veränderungen in einer Gruppe mit den Veränderungen in einer anderen Gruppe (wurde eine faktorielle Varianzanalyse durchgeführt, um die Daten zu analysieren, so wird dies im letzteren Fall häufig als eine ‚Gruppe x Zeit Interaktion‘ berichtet). Der Vergleich kann als Hypothesentestung (die einen ‚p‘-Wert liefert, der die Wahrscheinlichkeit dafür angibt, dass der Unterschied zwischen den Gruppen rein zufällig entstanden ist) oder als Schätzung (z.B. der Differenz des Medians oder des arithmetischen Mittels, der Unterschiede in den Prozentanteile, oder der Number Needed to Treat, oder des relativen Risikos oder der ‚Hazard Ratio‘¹) mit einem dazugehörigen Konfidenz-Intervall durchgeführt werden.
- Kriterium 11 Ein *Punktmaß* ist ein Maß der Größe des Behandlungseffekts. Der Behandlungseffekt kann als Differenz in den Outcomes zwischen zwei Gruppen beschrieben werden, oder auch als Outcome in jeder der Gruppen. *Streuungsmaße* können sein: Standardabweichungen, Standardfehler, Konfidenzintervalle, Interquartilsabstände (oder andere Quantilsabstände), und Ranges. Punktmaße und/oder Maße der Streuung können graphisch dargestellt sein (z.B. können Standardabweichungen als Balkendiagramm dargestellt werden), so lange diese Darstellungen eindeutig sind (z.B. so lange klar ist ob die Fehlerbalken Standardabweichungen oder Standardfehler darstellen). Für kategoriale Outcomes (nominal- oder ordinalskaliert) gilt dieses Kriterium als erfüllt, wenn die Anzahl der Probanden für jede Kategorie in jeder Gruppe angegeben ist.

¹ Der Begriff Hazard Ratio (‚Risikoertragsquotient‘) wird auch in der deutschen medizinischen Fachliteratur verwendet. Die Hazard Ratio ist der Quotient aus den Eintrittswahrscheinlichkeiten (Ereignisrisiken) in den zu vergleichenden Gruppen.

Die PEDro-Skala wurde zuletzt am 21. Juni 1999.
Die deutsche Übersetzung der PEDro-Skala wurde erstellt von Stefan Hegenscheidt, Angela Harth und Erwin Scherfer.
Die deutsche Übersetzung wurde im April 2008 fertiggestellt und wurde im Februar 2010 geändert.

Studie Lepley et al. (2014)

Kriterium	Erfüllt?	Textangabe
Spezifizierung der Ein- und Ausschlusskriterien	Nein	Unter «Methods»; «Participants» (S. 583) werden Ein- und Ausschlusskriterien geschildert, Rekrutierung der Teilnehmenden fehlt jedoch.
Randomisierte Zuteilung der Probanden und Probandinnen in die Gruppen	Ja	Unter «Methods»; «Participants» (S. 583) erste Zeile.
Verborgene Zuordnung zu den Gruppen	Nein	Keine Angaben.
Gruppenähnlichkeit zu Beginn der Studie	Ja	Unter «Methods»; «Participants» (S. 583), sowie unter «Results»; «Demographics» (S. 584) mit Verweis auf Tabelle 1 (S. 583) werden signifikante Unterschiede ausgeschlossen.
Blindung der Probanden und Probandinnen	Nein	Keine Angaben.
Blindung der Therapeuten und Therapeutinnen	Nein	Keine Angaben.
Blindung der Untersuchenden	Nein	Keine Angaben.
Zentrale Outcomemes- sung bei >85% der zu- geordneten Probanden und Probandinnen	Nein	Keine Angaben, ob alle der ursprünglich den Gruppen zugeteilten Probanden und Probandinnen an den zentralen Outcomes beteiligt sind.
Vorhandensein einer <i>In- tention to treat</i> Analyse	Ja	Unter «Results»; «Eccentric Training Compliance» (S. 585) Zeile drei, sowie unter «Results»; «Activity Levels» (S. 585) erste Zeile.

Schilderung statistischer Gruppenvergleiche	Ja	Unter «Methods»; «Statistical Analysis» (S. 584) ganzer Abschnitt.
Aufzeigen von Punkt- und Streuungsmassen	Ja	In Tabelle 2 (S. 585), Tabelle 3 (S. 586/587), Tabelle 4 (S. 586), sowie Tabelle 5 (S. 587) ersichtlich.
Total (Maximal 10 Punkte)	5/10	

Studie Hendy et al. (2017)

Kriterium	Erfüllt?	Textangabe
Spezifizierung der Ein- und Ausschlusskriterien	Nein	Keine Angaben.
Randomisierte Zuteilung der Probanden und Probandinnen in die Gruppen	Nein	Dieses Kriterium kann nicht erfüllt werden, da es sich um eine Querschnitts-Design Studie handelt.
Verborgene Zuordnung zu den Gruppen	Nein	Dieses Kriterium kann nicht erfüllt werden, da es sich um eine Querschnitts-Design Studie handelt.
Gruppenähnlichkeit zu Beginn der Studie	Nein	Es werden keine detaillierten Angaben zur Zusammensetzung der Gruppe gemacht.
Blindung der Probanden und Probandinnen	Nein	Keine Angaben.
Blindung der Therapeuten und Therapeutinnen	Nein	Keine Angaben.
Blindung der Untersuchenden	Nein	Keine Angaben.

Zentrale Outcomemes- sung bei >85% der zu- geordneten Probanden und Probandinnen	Ja	Unter «Results» (S. 5) erste Zeile, wird die Anzahl der Probanden und Probandinnen, welche an zentralen Outcomes beteiligt sind, erläutert. Nur 13 von 16 Teilnehmenden schlossen Experimente 1 und 2 ab (81%). Im letzten Satz des Abschnitts "Results" wird erwähnt, dass nur die Daten der 13 Personen, welche beide Experi- mente abgeschlossen haben, ausge- wertet werden.
Vorhandensein einer <i>In- tention to treat</i> Analyse	Nein	Keine Angaben.
Schilderung statisti- scher Gruppenverglei- che	Nein	Dieses Kriterium kann nicht erfüllt werden, da es sich um eine Quer- schnitts-Design Studie handelt.
Aufzeigen von Punkt- und Streuungsmassen	Ja	In Tabelle 1 (S. 5), Tabelle 2 (S. 6), sowie Abbildung 2 bis 6 (S. 6/7) er- sichtlich.
Total (Maximal 10 Punkte)	2/10	

Harput et al. (2018)

Kriterium	Erfüllt?	Textangabe
Spezifizierung der Ein- und Ausschlusskriterien	Nein	Unter «Materials and methods» (S. 2) werden Ein- und Ausschlusskriterien detailliert geschildert, die Rekrutie- rung der Teilnehmenden fehlt jedoch.
Randomisierte Zutei- lung der Probanden und	Ja	Unter «Materials and methods» (S. 2) Zeile 16.

Probandinnen in die Gruppen		
Verborgene Zuordnung zu den Gruppen	Nein	Keine Angaben.
Gruppenähnlichkeit zu Beginn der Studie	Ja	Unter «Results» (S. 4) erste Zeile mit Verweis auf Tabelle 1 werden signifikante Unterschiede ausgeschlossen.
Blindung der Probanden und Probandinnen	Ja	Unter «Materials and methods» (S. 2) zweiter Abschnitt Zeile fünf.
Blindung der Therapeuten und Therapeutinnen	Ja	Unter «Materials and methods» (S. 2) zweiter Abschnitt Zeile acht.
Blindung der Untersuchenden	Ja	Unter «Materials and methods» (S. 2) zweiter Abschnitt Zeile acht.
Zentrale Outcomemesung bei >85% der zugeordneten Probanden und Probandinnen	Ja	In Tabelle 2 (S. 4) und Tabelle 3 (S. 5) ersichtlich, dass alle Teilnehmenden (n=16 pro Gruppe) an den zentralen Outcomes beteiligt sind.
Vorhandensein einer <i>Intention to treat</i> Analyse	Nein	Keine Angaben.
Schilderung statistischer Gruppenvergleiche	Ja	Unter «Statistical analysis»; «Data analysis» (S. 3) ganzer Abschnitt.
Aufzeigen von Punkt- und Streuungsmassen	Ja	In Tabelle 2 (S. 4) und Tabelle 3 (S. 5) ersichtlich.
Total (Maximal 10 Punkte)	8/10	

Papandreou et al. (2012)

Kriterium	Erfüllt?	Textangabe
Spezifizierung der Ein- und Ausschlusskriterien	Ja	Unter «Methods»; «Sample» (S. 2) erster Abschnitt, sowie Tabelle 1 (S. 3).

Randomisierte Zuteilung der Probanden und Probandinnen in die Gruppen	Ja	Unter «Methods»; «Sample» (S. 2) zweiter Abschnitt Zeile zwei.
Verborgene Zuordnung zu den Gruppen	Nein	Keine Angaben.
Gruppenähnlichkeit zu Beginn der Studie	Ja	Unter «Methods»; «Sample» (S. 2) Abschnitt drei.
Blindung der Probanden und Probandinnen	Nein	Keine Angaben.
Blindung der Therapeuten und Therapeutinnen	Nein	Keine Angaben.
Blindung der Untersuchenden	Nein	Keine Angaben.
Zentrale Outcomemes- sung bei >85% der zu- geordneten Probanden und Probandinnen	Nein	Keine Angaben, ob alle der ursprüng- lich den Gruppen zugeteilten Proban- den und Probandinnen an den zent- ralen Outcomes beteiligt sind.
Vorhandensein einer <i>In- tention to treat</i> Analyse	Nein	Keine Angaben.
Schilderung statisti- scher Gruppenverglei- che	Ja	Unter «Data Analysis» (S. 4) ganzer Abschnitt.
Aufzeigen von Punkt- und Streuungsmassen	Ja	In Tabelle 4 (S. 4) und Tabelle 5 (S. 5) ersichtlich.
Total (Maximal 10 Punkte)	4/10	

Anhang E

Bewertungskriterien nach Law et al. (1998)

Studie 1: Lepley et al. (2014)

Kriterien	Textangabe
ZWECK DER STUDIE	Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Physiotherapie und/oder Ihre Forschungsfrage?
Wurde der Zweck klar angegeben? <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	<p><u>Zweck:</u> <i>In dieser Studie wurde der Einfluss von unilateralem, exzentrischem Krafttraining auf die Muskelkraft und -aktivierung der kontralateralen unteren Extremität untersucht. Dies geschah an einer gesunden Population ohne Immobilisierung der untrainierten Extremität. Es wurde darauf geachtet, dass die Probanden und Probandinnen beider Gruppen ihren Alltagsaktivitätslevel über die Dauer des Experiments nicht veränderten.</i></p> <p><u>Ziel:</u> <i>Primäres Ziel der Studie war es, die CE-Vorteile eines einbeinigen, exzentrischen Trainingsprogrammes in Bezug auf Muskelkraft und -aktivierung des Quadriceps im untrainierten Bein aufzuzeigen. Als sekundäres Ziel galt die Bestimmung der erforderlichen Trainingsdosierung, um Quadriceps-Kraft und -Aktivierung zu bewirken (S. 583, erster Abschnitt, achtunterste Zeile).</i></p> <p><u>Hypothese:</u> <i>Die Autoren und Autorinnen der Studie vermuteten eine Veränderung der neuralen Aktivität durch CE-basiertes Training (S. 586, Abschnitt "Quadriceps Activation in the unexercised limb", Zeile 3). Die Verfasser und Verfasserinnen des Textes äussern an keiner Stelle sonst ihre Hypothesen bezüglich des Outcomes</i></p>

	<p><i>der Studie klar. Jedoch verweisen sie wiederholt auf die bestehende Literatur und vorangehenden Studien, um klarzustellen, was sie für Resultate erwarten.</i></p> <p><u>Kommentar:</u> <i>Der Zweck der Studie wird in der Einleitung klar dargelegt und im Diskussionsteil in Relation mit den Resultaten und der bestehenden Literatur gebracht.</i> <i>Die Studie bezieht sich treffend auf die Fragestellung dieser Arbeit.</i></p>
<p>LITERATUR</p> <p>Wurde die relevante Hintergrund-Literatur 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>Es wird vermutet, dass Kraftdefizite im M. quadriceps femoris nach einer Verletzung zum Teil durch Veränderungen der Quadriceps-Aktivierung hervorgerufen werden. Wird diese während eines CE-basierten Trainings gemessen, kann festgestellt werden, ob die CE einen vermindernden Effekt auf die Kraftdefizite haben kann.</i></p> <p><u>Kommentar:</u> <i>Die Autoren und Autorinnen geben an, wenig Beweise für einen Kraftzuwachs des untrainierten M. quadriceps femoris, bei kontralateralem, exzentrischem Training, in der vorhandenen Literatur vorzufinden. Weiter sehen die Verfasser und Verfasserinnen ihre eigene Studie als Basis für weitere Studien, mit verletzten Probanden und Probandinnen, mit dementsprechender Immobilisation der verletzten unteren Extremität.</i></p>

DESIGN	Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprechend dem Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (Outcomes), auf ethische Aspekte)?
<ul style="list-style-type: none"> ○ Randomisierte kontrollierte Studie (RCT) 	<p><i>Angemessen: Ja.</i></p> <p><i>Es handelt sich um eine RCT-Studie mit einer Kontroll- und einer Interventionsgruppe, dessen Zuteilung randomisiert durchgeführt wurde. Basierend auf den erhobenen Daten von vorangehenden Studien, wurde die Kraft des M. quadriceps femoris und dessen Aktivierung als Outcome gewählt. Die Kraft wurde anhand eines isokinetischen Dynamometers gemessen. Zur Messung der Aktivierung des M. quadriceps femoris wurde die "superimposed-burst technique" verwendet. Weiter mussten die Teilnehmer und Teilnehmerinnen wöchentlich jeweils die Tegner- und die Marxskala, zur Erhebung ihres Aktivitätslevels, ausfüllen. Die Massnahmen wurden an gesunden Probanden und Probandinnen durchgeführt und waren nicht invasiv, was sie ethisch vertretbar macht.</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Kohortenstudie 	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Einzelfall-Design 	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Vorher-Nachher Design 	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Fall-Kontroll-Studie 	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Querschnittsstudie 	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Fallstudie 	<p><u><i>Kommentar:</i></u></p>
	<p><i>Das Design der RCT wurde, in Betracht der bestehenden Literatur und der definierten Outcomes, passend zur Fragestellung ausgesucht. Die Selektion der zwei Skalen, zur Bestimmung des Aktivitätslevels, werden in der Studie begründet. Die Wahl des isokinetischen Dynamometers zur Kraftmessung stimmt überein mit den Messmethoden bestehender Literatur, was diese Studie vergleichbar macht. Betreffend der Messmethode für die Aktivierung des Muskels, gestehen sich die Autoren und Autorinnen selbst ein, nicht die reliabelste Messmethode gewählt zu haben.</i></p>

Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.

Systematische Fehler bei Stichprobe/Auswahl

Es werden keinerlei Angaben bezüglich Freiwilligkeit, Jahreszeit und Betreuung der Kontrollgruppe gemacht. Es kann somit keine Aussage über systematische Fehler in diesem Bereich gemacht werden.

Systematische Fehler beim Messen/Ermitteln

Es wurden mehrere Messungen der Kraft durchgeführt, wobei nur eine Pause von zwei Minuten dazwischen gemacht wurde. Obwohl die Reihenfolge, in der die Extremitäten getestet wurden, ausgeglichen war, kann an dieser Stelle der Ermüdungsfaktor zu einem systematischen Fehler geführt haben. Die Wahl der Messmethode für die Muskelaktivierung hat sich als nicht reliabel genug erwiesen, was als systematischer Fehler bezüglich Wahl des Messinstruments betrachtet werden kann.

Weiter werden keine Angaben hinsichtlich der Blindung der untersuchenden Person gegenüber der Gruppenzuteilung der Probanden und Probandinnen gemacht. Es könnte dementsprechend ein systematischer Fehler aufgrund von Beeinflussung der Probanden und Probandinnen während der Messung vorliegen.

Systematische Fehler bei Massnahmen/Durchführung

Die Zeitdauer der Intervention ist relativ kurz gewählt (acht Wochen), was in Hinsicht auf die Dauer von physiologischen Anpassungsprozessen beim Krafttraining, bei einer längeren Interventionsperiode, zu abweichenden Messresultaten führen

	<i>könnte. Der Ort der Behandlung und der Messung war für alle Teilnehmenden gleich. Es werden keine Angaben zur untersuchenden Person gemacht.</i>
STICHPROBE	Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?) Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?
N = 18	
Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben?	<i>Die Leserschaft dieser Studie erhält, abgesehen von Alter, Geschlecht, Grösse und Gewicht, nur Infos zur Unversehrtheit des Knies während der letzten sechs Monate, dem Nichtvorhandensein von Knieschmerzen, Herzkrankheiten und einer Schwangerschaft. Es werden nur die Ausschlusskriterien erwähnt. Die Gruppen enthalten gleich viele Teilnehmer und Teilnehmerinnen. Aus Tabelle 2 auf Seite 585 geht hervor, dass die Kontrollgruppe in allen Messungen vor der durchgeführten Intervention höhere Kraftwerte als die Interventionsgruppe aufweist.</i>
<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	<i>Die Autoren und Autorinnen liefern keine Begründung für die Auswahl der Stichprobe oder für deren Grösse.</i>
Wurde die Stichprobengrösse begründet?	Beschreiben Sie die Ethik-Verfahren.
<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Entfällt	<p>Wurde wohlinformierte Zustimmung eingeholt?</p> <p><i>Es wurde eine schriftliche wohlinformierte Zustimmung der Teilnehmenden eingeholt. Das Ethik-Komitee der University of Michigan erteilte seine Zustimmung zur Durchführung der Studie.</i></p>

ERGEBNISSE (Outcomes)	Geben Sie an, wie oft Outcomemessungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post-followup)).	
Waren die Outcomemessungen zuverlässig (reliabel)?	<i>Bei allen Teilnehmern und Teilnehmerinnen wurden drei Outcomemessungen während der Interventionsdauer durchgeführt, vor, in der Mitte und am Ende der Studie. Bei den Teilnehmern und Teilnehmerinnen der Interventionsgruppe erfolgte jeweils am Ende der Woche eine zusätzliche Outcomemessung nach der letzten Trainingseinheit der Woche.</i>	
<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben	<i>Es bestehen keine Angaben zur Reliabilität oder Validität der Outcomemessungen. Die Autoren und Autorinnen gestehen lediglich ein, dass die Wahl eines anderen Messverfahrens (EMG) für die Muskelaktivierung, vermutlich zusätzliche Erkenntnisse generiert hätte.</i>	
Waren die Outcomemessungen gültig (valid)?	Outcome Bereiche	Listen Sie die verwendeten Messungen auf
<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben	<i>Kraft des M. quadriceps femoris</i>	<i>Zur Kraftmessung des Quadriceps wurde ein isometrisches Dynamometer (HUMAC NORM; Computer Sports Medicine, Inc, Stoughton, MA) verwendet. Die Hüfte der Probanden und Probandinnen war 90° flektiert, der Rücken angelehnt und der Oberkörper an der Lehne des Dynamometers festgeschnallt. Nach drei konzentrischen Quadricepskontraktionen mit Kniebewegungsgeschwindigkeit von 30°/s zur Aufwärmung, erfolgten bei jedem Teilnehmer und jeder Teilnehmerin jeweils drei maximale, konzentrische und exzentrische Quadricepsbetätigungen, mit Kniebewegungsgeschwindigkeiten von sowohl 30°/s als</i>

		<p>auch 60°/s. Nach jeder der zwölf Messungen wurde eine zweiminütige Pause eingelegt. Die Testreihenfolge der Beine wurde ausgeglichen. Zur statistischen Auswertung wurde der Durchschnitt aus den drei Versuchen im Verhältnis zum Körpergewicht genommen.</p>
	<p><i>Aktivierung des M. quadriceps femoris</i></p>	<p>Die Aktivierung des M. quadriceps femoris wurde Anhand der "superimposed-burst technique" gemessen. Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen mussten dazu mindestens drei isometrische maximale Quadricepskontraktionen, gefolgt von einer zweiminütigen Pause durchführen. Knie- und Hüftgelenk waren währenddessen zu 90° flektiert. Sobald die Teilnehmenden ihre persönliche maximale Kontraktion erreicht hatten, wurden sie aufgefordert eine weitere maximale Kontraktion während fünf Sekunden durchzuführen. Ein massgeschneidertes LabVIEW Programm (Version 8.5; National Instruments Corporation, Austin, TX) löste den supramaximalen elektrischen Stimulus aus (100 Hz, 600µs Impulsdauer, 100 ms Stimulusdauer, 130V), sobald der Proband den zuvor gemessenen Wert seiner maximalen Kontraktion erreicht hatte. Der Stimulus wurde über zwei selbstklebende Elektroden (Dura-Stick II; 7x13cm; Chattanooga Group, Hixon, TN), eine proximal am M. vastus lateralis und eine distal am M. vastus medialis, mittels eines Grass S88 Dual Output Square Pulse simulator (Natus Neurology Incorporated-Grass Products, Warwick, RI) ausgelöst. Die willkürliche Aktivierung des M.</p>

		<p><i>quadriceps femoris</i> wurde anhand der "central activation ratio" (CAR) Formel berechnet. Diese errechnet das Verhältnis zwischen dem Drehmoment, gemessen kurz vor dem Stimulus und dem Drehmoment, gemessen während des Stimulus. Der Wert 1 bezeichnet dabei die vollständige Aktivierung des <i>M. quadriceps femoris</i>. Der Durchschnitt aus drei Messungen wurde für die Analyse verwendet.</p>
	<p><i>Aktivitätslevel</i></p>	<p>Um das Aktivitätslevel der Teilnehmer und Teilnehmerinnen zu erfassen, wurden diese dazu aufgefordert, wöchentlich die Tegner- und die Marxskala auszufüllen. Die Interventionsgruppe kam dieser Aufforderung jeweils nach dem letzten Training der Woche nach, während der Kontrollgruppe die Formulare per E-Mail zugestellt wurden. Die Marx-Skala wurde ausgewählt, weil sie die Aktivitäten <i>running, cutting, decelerating</i> und <i>pivoting</i> beinhaltet. Jede dieser Aktivitäten wird nach Häufigkeit und Intensität erfasst. Um dieses Bild zu ergänzen, wurde auch die Tegner-Skala beigezogen, da diese die Aktivität sowohl im Arbeits- als auch im Sportbereich quantifiziert.</p>
	<p><i>Dominantes Bein</i></p>	<p>Das dominante Bein wurde als das Bein definiert, mit dem die Teilnehmer und Teilnehmerinnen einen Fussball treten würden.</p>

MASSNAHMEN

Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben?

- Ja
- Nein
- Nicht angegeben

Wurde Kontamination vermieden?

- Ja
- Nein
- Nicht angegeben
- Entfällt

Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Ko-Intervention) vermieden?

- Ja
- Nein

Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Massnahmen in der physiotherapeutischen Praxis wiederholt werden?

Die Probanden und Probandinnen der Interventionsgruppe mussten dreimal pro Woche, demzufolge insgesamt 24-Mal, Trainingseinheiten an einem isokinetischen Dynamometer durchführen. Jede Trainingseinheit begann mit einer Aufwärmphase von zehn konzentrischen, isokinetischen (60°/s) Quadricepskontraktionen des dominanten Beins. Im Hauptteil absolvierten die Teilnehmer und Teilnehmerinnen der Interventionsgruppe vier Serien mit jeweils zehn maximalen exzentrischen, isokinetischen (60°/s) Quadricepskontraktionen des dominanten Beines über eine range of motion (ROM) von 90° im Kniegelenk. Zwischen den Serien war jeweils eine zweiminütige Pause. Das nichtdominante Bein hing während des Trainings frei. Es werden keine Angaben gemacht, ob es sich jeweils um den gleichen Raum, die gleichen zu untersuchenden Personen oder das gleiche Dynamometer handelt.

Die genaue Reproduktion dieses Trainings in der physiotherapeutischen Praxis ist nahezu undurchführbar, da zumindest in der Schweiz in den wenigsten Institutionen ein isokinetisches Dynamometer vorhanden ist. Eine weitere Herausforderung besteht darin, dieses Training dreimal pro Woche an einem Gerät durchführen zu müssen. Viele der betroffenen Patienten und Patientinnen haben eine eingeschränkte Mobilität aufgrund ihrer Verletzung und verfügen nicht immer über Transportmöglichkeiten zum Ort des Trainings. Die private Anschaffung eines Trainingsgerätes dürfte in den wenigsten Fällen möglich sein.

<ul style="list-style-type: none"> ○ Nicht an- gegeben ○ Entfällt 	<p><i>Es können keine Angaben bezüglich der Kontaminierung oder der Möglichkeit von Ko-Interventionen aus der Studie gemacht werden.</i></p>
<p>ERGEBNISSE</p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein ○ Nicht an- gegeben ○ Entfällt <p>War(en) die Analyse- methode(n) geeignet?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein ○ Nicht an- gegeben 	<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 statistischen Analysen wurden im Detail aufgeführt und deren Resultate sowohl tabellarisch als auch im Text dargelegt. Der Alpha-Level wurde auf $P \leq 0.05$ und die Analysen wurden mittels SPSS (Version 19.0; IBM Corporation, Armonk, NY) durchgeführt. Die Autoren und Autorinnen führten post hoc Anpassungen mittels Bonferroni durch. Effektgrössen und confidence intervals von 95% wurden berechnet, um Zunahme von Muskelkraft und Aktivierung in beiden Beinen zu erfassen. Effektgrössen unter 0.5 wurden als schwach, zwischen 0.5 und 0.79 als moderat und über 0.8 als stark gewertet.</i></p> <p><i>Um die erfolgreiche Randomisierung der Gruppenzuteilung in Bezug auf Demographie und Aktivitätslevel vor der Intervention zu überprüfen, wurde ein t-Test durchgeführt.</i></p> <p><i>Kraftveränderungen im Zusammenhang mit exzentrischem Training wurden durch den Vergleich der nichttrainierten und der trainierten Extremität mittels zwei x zwei x drei (Extremität x Gruppe x Zeit) ANOVA ermittelt. Die Muskelkraft- und Aktivierungszunahme durch CE wurde mittels zwei x drei (Gruppe x Zeit) analysiert. Damit sichergestellt werden konnte, dass sich die Aktivitätslevels der Teilnehmer und Teilnehmerinnen über</i></p>

Wurde die klinische Bedeutung angegeben?

- Ja
- Nein
- Nicht angegeben

die Interventionsdauer hinweg nicht veränderten, führten die untersuchenden Personen ebenfalls eine zwei x drei (Gruppe x Zeit) MANOVA durch. Um die nötige Trainingsdosierung für einen CE-bedingten Kraftzuwachs zu bestimmen, erfolgten gepaarte t-Tests innerhalb der Interventionsgruppe.

Hauptresultat:

Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen aus der Interventionsgruppe wiesen nach dem achtwöchigen Krafttraining höhere Kraftwerte bei exzentrischer Kontraktion des untrainierten M. quadriceps femoris auf, als noch zu Beginn oder in der Mitte der Studie.

Aktivitätslevel:

Der Aktivitätslevel blieb bei allen Teilnehmern und Teilnehmerinnen der Studie über die gesamte Dauer der Studie gleich (Tegner: $F_{2,32}=2.118$, $P=0.137$; Marx: $F_{2,32}=0.130$, $P=0.879$).

Kraft im untrainierten Bein:

- signifikanter Unterschied zwischen den Messungen vor und in der Mitte der Intervention von exzentrischer Kontraktion bei einer Bewegungsgeschwindigkeit von 30°/s ($F_{1,8}=5.374$, $P=0.049$).

- signifikanter Unterschied bei Bewegungsgeschwindigkeiten von 30°/s und 60°/s exzentrischer Kontraktion, zwischen Präintervention und Postintervention (30°/s: $F_{1,8}=8.218$, $P=0.021$; 60°/s: $F_{1,8}=8.212$, $P=0.021$).

Kraft im trainierten Bein:

Die Interventionsgruppe wies am Ende der Studie grössere exzentrische Kraft bei 30°/s und 60°/s auf. (Präintervention zu Mitte der Intervention: 30°/s: $F_{1,8}=13.379$, $P=0.006$; 60°/s:

*F1,8=25.090, P=0.001; Präintervention zu Postintervention:
30°/s: F1,8= 17.230, P=0.003; 60°/s: F1,8=19.452, P=0.002).*

Aktivierung des M. quadriceps femoris:

Es wurde eine statistisch nicht signifikante Tendenz zur Steigerung der Muskelaktivierung im untrainierten Bein festgestellt. (F2,32=3.022, P=0.063).

Alle anderen Resultate erwiesen sich als statistisch nicht relevant.

Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass ein fünfwöchiges, unilaterales, exzentrisches Krafttraining, mit drei Trainingseinheiten pro Woche, die Kraft des untrainierten Beins verbessert und eine leichte Verbesserung der Muskelaktivierung im M. quadriceps femoris bei gesunden Menschen bewirken kann.

Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben?

Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)

Es werden keine Angaben darüber gemacht.

- Ja
- Nein

SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN

Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?

- Ja
- Nein

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?

Unilaterales, exzentrisches Krafttraining führt zu einer kontraktionsform- und geschwindigkeitsspezifischen Zunahme der Muskelkraft, sowohl im trainierten als auch im untrainierten Bein von gesunden Testpersonen.

Fünf Wochen exzentrischer Cross-Exercise führt zu exzentrischer Kraftzunahme im untrainierten Bein.

Für die physiotherapeutische Praxis bedeuten diese Ergebnisse neue Möglichkeiten für Trainingsprogramme innerhalb der Rehabilitation von Patienten und Patientinnen mit immobilisierten Extremitäten.

Begrenzungen:

Aufgrund der fehlenden Messung der Muskelmasse kann die Studie nicht nachweisen, ob die Kraftveränderungen im untrainierten Bein aufgrund veränderter Muskelmasse oder aufgrund von neuralen Anpassungen erfolgen.

Die Verwendung der isokinetischen Trainingsmethode (erfordert spezielle Trainingsgeräte), führt aufgrund der optimalen Belastung über das gesamte Bewegungsausmass zu einem optimalen Kraftzuwachs. Würde mit isotonischer Trainingsmethode (übliche Trainingsmethode) trainiert, würden die Anpassungen vermutlich geringer ausfallen.

	<p><i>Die Messung der Aktivierung des M. quadriceps femoris erwies eine starke Effektgrösse mit breitem Konfidenzintervall, welches Null kreuzte. Dies ist, neben der oben erwähnten suboptimalen Messmethode, vermutlich auf die geringe Grösse der Stichprobe zurückzuführen.</i></p> <p><i>In dieser Studie wurde die Relevanz des Geschlechts nicht beachtet.</i></p>
--	---

Studie 2: Hendy et al. (2017)

Kriterien	Textangabe
ZWECK DER STUDIE	Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Physiotherapie und/oder Ihre Forschungsfrage?
Wurde der Zweck klar angegeben? <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein 	<p><u>Zweck:</u></p> <p><i>Im Rahmen dieser Studie sollte die kortikomotorische Erregbarkeit und die intrakortikale Inhibition des rechten M. rectus femoris während isometrischer Kontraktion des linken M. rectus femoris, bei unterschiedlichen Intensitäten gemessen werden. So sollte das Ausmass der Cross Activation bei unterschiedlichen Kontraktionsintensitäten bestimmt werden.</i></p> <p><u>Ziel:</u></p> <p><i>Das Hauptziel der Studie war, die Effekte von unilateralen, isometrischen Kontraktionen des nichtdominanten (linken) M. quadriceps femoris auf die Cross Activation des ipsilateralen Motokortex und der kortikomotorischen Bahnen zu bestimmen. Dies sollte jeweils bei 25%, 50%, 75% und 100% der maximalen Kontraktionsintensität erforscht und mittels Messung von motor evoked Potentials (MEP) des rechten M. rectus femoris bestimmt werden.</i></p>

	<p><u>Hypothese:</u></p> <p><i>Die Untersucher und Untersucherinnen hypothetisierten eine erhöhte Erregbarkeit der kortikomotorischen Bahnen des rechten M. quadriceps femoris, bei hohen isometrischen Kontraktionsintensitäten des linken M. quadriceps femoris. Weiter vermuteten sie eine Abnahme der short-interval intracortical inhibition (SICI) beim ipsilateralen Motokortex während der Ruhephase des linken Beins.</i></p> <p><u>Kommentar:</u></p> <p><i>Der Zweck und das Ziel der Studie werden klar formuliert und im Diskussionsteil, zusammen mit der bestehenden Literatur, ausführlich dargelegt. Die Autoren und Autorinnen vermitteln ihre Hypothese in der Einleitung klar. Die Studie bezieht sich zwar nicht direkt auf die Fragestellung dieser Arbeit, trägt jedoch wesentlich zum Verständnis des Themas und zur Beantwortung der Fragestellung.</i></p>
<p>LITERATUR</p> <p>Wurde die relevante Hintergrund-Literatur 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>Es wurde eine gründliche Sichtung der vorhandenen Literatur durchgeführt. Die Autoren und Autorinnen der Studie stellten fest, dass zurzeit keine Forschungsergebnisse über die, in der unteren Extremität nötige Kontraktionsintensität, zur Steigerung der Erregbarkeit oder Senkung der Inhibition des ipsilateralen Motokortex, bestehen. Weiter schreiben sie, dieses Wissen sei unerlässlich zur Anwendung von unilateralem Krafttraining in Verbindung mit Cross Education. Die meiste Forschung zur Cross Activation wurde an der oberen Extremität durchgeführt. Die Autoren und Autorinnen von zwei, sich mit der unteren Ext-</i></p>

remität befassenden Studien, notierten einige Eigenheiten bezüglich bilateraler Verbindungen. Die Wichtigste darunter war, das Fehlen von homologer Muskeldominanz. Bei kraftaufwendigen Tätigkeiten mit den Armen werden in der Regel die gleichen Muskelpaare in beiden Armen rekrutiert, während Bewegungen der unteren Extremitäten oft eine Muskelrekrutierung, antagonistisch wirkender Muskeln, auf der kontralateralen Seite erfordern (menschlicher Gang). Weitere Studien wiesen auf eine Abhängigkeit der Resultate von Muskelspezifität, was wiederum für eine Studie zum M. quadriceps femoris spricht.

Kommentar:

Die Autoren und Autorinnen legen klar und deutlich dar, welche Informationen sie aus welchen Studien und in welcher Literatur gefunden haben. Sie können die Notwendigkeit ihrer Studie mehrfach sinnvoll belegen und deren Durchführung somit be-rechtigen.

DESIGN

- Randomisierte kontrollierte Studie (RCT)
- Kohortenstudie
- Einzelfall-Design
- Vorher-Nachher Design

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)?

Angemessen: Ja.

Es handelt sich um eine Querschnittsstudie, bei der innerhalb einer Sitzung alle Messungen an den Testpersonen durchgeführt wurden. Basierend auf der vorhandenen Literatur und dem Fehlen von Forschungsdaten bei der unteren Extremität haben sich die Autoren und Autorinnen entschieden, genau diesen Bereich zu erforschen. Die Kraftmessungen wurden in einem Dynamometer durchgeführt, die EMG Messungen anhand von Klebeelektroden. Die transkraniellen, magnetischen Stimulationen

- Fall-Kontroll-Studie
- Querschnittsstudie
- Fallstudie

wurden mit einem externen Stimulator (Magstim 200 Stimulator) herbeigeführt. Da die Messungen an gesunden Probanden und Probandinnen durchgeführt wurden und nicht invasiv waren, wurde die Studie ethisch abgesegnet.

Kommentar:

Das Studiendesign entspricht der Studienfrage, da nur der sofort messbare Effekt von Cross Education auf den Motokortex und den kortikomotorischen Bahnen gemessen wird. Die Wahl des isokinetischen Dynamometers zur Kraftmessung stimmt überein mit den Messmethoden bestehender Literatur, was diese Studie vergleichbar macht.

Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.

Systematische Fehler bei Stichprobe/Auswahl

Es werden keinerlei Angaben bezüglich Freiwilligkeit, Jahreszeit und Betreuung der Gruppe gemacht. Es kann somit keine Aussage über systematische Fehler in diesem Bereich gemacht werden.

Systematische Fehler beim Messen/Ermitteln

Die Autoren und Autorinnen der Studie sorgten für einen randomisierten Ablauf der Messungen. Weiter wurden stets mehrere Messungen des gleichen Werts durchgeführt. Sie erfassten ebenfalls die Ermüdung der Muskulatur über die Tests hinweg und liessen diese in die Analyse einfließen.

	<p><u>Systematische Fehler bei Massnahmen/Durchführung</u></p> <p><i>Durch das Fehlen der Kontrollgruppe bestand keine Gefahr der Kontaminierung. Die Autoren und Autorinnen legen dar, dass die Teilnehmenden im Vorfeld keine Verletzungen der unteren Extremitäten haben durften und diese bezüglich neurologischen Erkrankungen oder Kontraindikation für transkranielle magnetische Stimulation gescreent wurden. Es werden keine Angaben zu Ko-Interventionen gemacht. Da es sich um eine einzelne Messung handelt, wurden keine systematischen Fehler im zeitlichen Rahmen gemacht. Aufgrund fehlender Angaben lassen sich systematische Fehler bezüglich des Ortes der Messung und der messenden Person nicht ausschliessen.</i></p>
<p>STICHPROBE</p> <p>N = 16</p> <p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input 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>Die Stichprobengrösse wird in der Studie nicht begründet. Die einzigen Angaben über die Teilnehmer und Teilnehmerinnen betreffen Alter, Geschlecht und das Fehlen vorangegangener Verletzungen der unteren Extremität, neurologischer Erkrankungen und Kontraindikationen für eine transkranielle magnetische Stimulation.</i></p>
<p>Wurde die Stichprobengrösse begründet?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Entfällt 	<p>Beschreiben Sie die Ethik-Verfahren.</p> <p>Wurde wohlinformierte Zustimmung eingeholt?</p> <p><i>Die Testpersonen meldeten sich freiwillig für die Studie und gaben ihre wohlinformierte, schriftliche Zustimmung. Die Studie wurde vom Deakin University Human Research Ethics Committee abgeseignet.</i></p>

<p>ERGEBNISSE (Outcomes)</p> <p>Waren die Outcomemessungen zuverlässig (reliabel)?</p>	<p>Geben Sie an, wie oft Outcomemessungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post-followup)).</p> <p><i>Zeitlich gesehen wurden alle Messungen innerhalb einer einzigen Sitzung durchgeführt. In dieser Sitzung wurden zwei, sich in der Durchführung unterscheidende Experimente durchgeführt.</i></p>	
<p>○ Ja</p> <p>○ Nein</p> <p>○ Nicht angegeben</p>	<p>Outcome Bereiche</p>	<p>Listen Sie die verwendeten Messungen auf</p>
<p>Waren die Outcomemessungen gültig (valid)?</p> <p>○ Ja</p> <p>○ Nein</p> <p>○ Nicht angegeben</p>	<p><i>Maximum Compound Waves (Mmax)</i></p>	<p><i>Zu Beginn der Testsitzung und nach Beendigung der jeweiligen Testserie jeder Kontraktionsintensität wurde diese Messung durchgeführt. Damit sollte sichergestellt werden, dass Änderungen der Erregbarkeit der peripheren Muskulatur keinen Einfluss auf die kortikomotorische Reaktion hat. Die Nn. femoralis des linken und rechten Beins wurden dabei elektrisch stimuliert. Die optimale Stimulation wurde erreicht, wenn die EMG-Antwort nicht weiter zunahm. Um eine maximale Stimulation sicherzustellen, wurde der elektrische Impuls um weitere zehn Prozent gesteigert. Danach wurden in Abständen von 6-9s fünf elektrische Stimuli gesetzt. Die grösste Peak-to-peak EMG-Antwort jedes Beins wurde als Mmax genommen.</i></p>
	<p><i>Pre-stimulus root mean squared (rms) EMG</i></p>	<p><i>Für die Dauer von 50ms vor dem elektrischen Stimulus wurde jeweils das EMG - zur Überprüfung der Hintergrundaktivität in der rechten Beinmuskulatur während der Kontraktion der linken Beinmuskulatur - aufgenommen. Dabei wurden die gemessenen EMG-Werte mathematisch ausgewertet, um</i></p>

		<p><i>anhand des so entstandenen rmsEMG eine Aussage über die physiologische Aktivität innerhalb des betrachteten Muskels zu formulieren.</i></p>
	<p><i>Kortikomotorische Erregbarkeit</i></p>	<p><i>Experiment 1: Um die kortikomotorische Erregbarkeit zu quantifizieren, wurden fünf einzelne transkranielle magnetische Stimulationen (TMS) zu Intensitäten von 120% und 150% des resting motor threshold (RMT) ausgelöst. Der RMT wurde als den Schwellenwert definiert, bei dem in fünf von zehn aufeinanderfolgenden Testdurchläufen mit einem minimalen Stimulus ein MEP von >50µV ausgelöst wurde, währenddem das rechte Bein in Ruhe hing.</i></p> <p><i>Experiment 2: Um die kortikomotorische Erregbarkeit zu quantifizieren, wurden fünf einzelne TMS zu Intensitäten von 120% und 150% des active motor threshold (AMT) ausgelöst. Der AMT wurde als den Schwellenwert definiert, bei dem in fünf von zehn aufeinanderfolgenden Testdurchläufen, mit einem minimalen Stimulus ein MEP von >200µV, ausgelöst wurde, während das rechte Bein gestreckt war (0° Flexion im Kniegelenk).</i></p>
	<p><i>Short-interval intracortical inhibition (SICI)</i></p>	<p><i>Experiment 1: Zur Quantifizierung der SICI wurde fünfmal gepaart ein Stimulus von 80% RMT und 120% RMT mit einem Interstimulus Intervall von 3ms ausgelöst.</i></p> <p><i>Experiment 2: Zur Quantifizierung der SICI wurde fünfmal gepaart ein Stimulus von 120% AMT und</i></p>

		<p>150% AMT mit einem Interstimulus Intervall von 3ms ausgelöst.</p> <p>Um die intrakortikale Inhibition zu bestimmen, wurde die SICRatio verwendet. Diese wurde durch das Dividieren des mean, von gepaarten Stimuli ausgelösten, MEP (Wert aus SICl) durch das mean, von einzelnen Stimuli ausgelösten, MEP (Wert aus kortikomotorische Erregbarkeit bei 120% RMT und AMT) berechnet. Die SICRatio wurde bei jeder einzelnen Testperson für jede Kontraktionsintensität des linken M. quadriceps femoris berechnet. Die SICRatio verhält sich umgekehrt proportional zur intrakortikalen Inhibition (hohe intrakortikale Inhibition: SICRatio nahe bei 0, tiefe intrakortikale Inhibition: SICRatio nahe bei 1).</p>
	<p><i>Silent period duration</i></p>	<p>Die bei Einzelstimuli mit AMT von 120% und 150% ausgelösten MEP wurden zur Bestimmung der silent period duration benutzt (Experiment 2). Dazu wurde die Zeit zwischen Stimulus und Rückkehr zum pre-stimulus rms EMG gemessen. Diese Messung wurde ebenfalls bei jeder Testperson für jede Kontraktionsintensität durchgeführt.</p>
	<p><i>Maximum Voluntary Contraction (MVC)</i></p>	<p>Auf einem Dynamometer sitzend, mit einer Knieflexion von 45°, führten die Teilnehmer und Teilnehmerinnen zum Aufwärmen drei bis fünf submaximale, isometrische Kontraktionen zu 10-50% der selbst eingeschätzten MVC durch. Danach mussten sie drei maximale Kontraktionen mit einer Dauer von jeweils 3s und einer Pause von jeweils</p>

		<i>3min dazwischen leisten. Der grösste Kraftoutput wurde in Newton festgehalten und als individuelles MVC definiert.</i>
MASSNAHMEN	Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Massnahmen in der physiotherapeutischen Praxis wiederholt werden?	
Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben?	<i>Es wurde keine Massnahme durchgeführt, sondern lediglich eine Messung des Ist-Zustandes der Stichprobe.</i>	
<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input checked="" type="radio"/> Nicht angegeben	<i>Auf die Fragen der Kontaminierung und der Ko-Interventionen wurde bereits bei den systematischen Fehlern eingegangen (siehe oben.)</i>	
Wurde Kontaminierung vermieden?		
<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input checked="" type="radio"/> Nicht angegeben <input type="radio"/> Entfällt		
Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Ko-Intervention) vermieden?		

<ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein ○ Nicht an- gegeben ○ Entfällt 	
<p>ERGEBNISSE</p> <p>Wurde die Sta- tistische Signi- fikanz der Er- gebnisse ange- geben?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein ○ Nicht an- gegeben ○ Entfällt <p>War(en) die Analyseme- thode(n) geeig- net?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein ○ Nicht an- gegeben 	<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 statistischen Analysen wurden im Detail aufgeführt und deren Resultate tabellarisch im Text und graphisch dargelegt. Die statistische Signifikanz wurde auf $P \geq 0.05$ festgelegt und die Analysen wurden mittels SPSS (Version 22.0) durchgeführt. Die Autoren und Autorinnen führten, dort wo statistisch signifikante Werte gefunden wurden, post hoc Bonferroni Vergleiche durch. Die Autoren und Autorinnen nutzten Einweg ANOVA's, um Unterschiede bei den primären Outcomes (siehe oben) des rechten Beins festzustellen. Anhand des Shapiro-Wilks-Tests wurde die Normalverteilung der Werte überprüft. Da Sphärizität eine der wichtigsten Voraussetzungen der ANOVA bei Messwiederholungen ist, wurde diese anhand des Mauchly's Test und der Huynh-Feldt Korrektur überprüft.</i></p> <p><u>Hauptresultat:</u> <i>Kontraktionen von $\geq 50\%$ MVC führten zu einer signifikanten Aktivierung der kortikomotorischen Bahnen. Eine Verminderung der silent period duration konnte während den Kontraktionen mit 75% und 100% MVC festgestellt werden. SICI konnte nur bei 100% MVC beobachtet werden.</i></p>

Wurde die klinische Bedeutung angegeben?

- Ja
- Nein
- Nicht angegeben

Experiment 1:

Maximum Compound Waves (Mmax):

Zwischen den maximalen Kontraktionsintensitäten konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ($F(4.52)=0.808$, $P=0.522$).

Pre-stimulus rms EMG:

Ein signifikanter Effekt wurde zwischen Kontraktionsintensitäten entdeckt ($F(4.176)=4.289$, $P=0.013$). Paarweise post-hoc Bonferroni Korrekturen zeigten eine signifikante Zunahme beim Vergleich zwischen 100% und 0% der Kontraktionsintensität ($p=0.041$).

Kortikomotorische Erregbarkeit:

Bei 120% RMT konnte unter den verschiedenen Kontraktionsintensitäten ein signifikanter Unterschied entdeckt werden ($F(4.52)=37.104$, $P<0.000$). Paarweise post-hoc Bonferroni Korrekturen zeigten eine signifikante Zunahme des MEP, bei 50% ($p=0.008$), 75% ($p=0.001$) und 100% ($p<0.000$) im Vergleich zu 0% MVC, auf.

Bei 150% RMT konnte unter den verschiedenen Kontraktionsintensitäten ein signifikanter Unterschied entdeckt werden ($F(2.853,37.126)=30.035$, $P<0.000$). Paarweise post-hoc Bonferroni Korrekturen zeigten eine signifikante Zunahme des MEP, bei 50% ($p=0.035$), 75% ($p=0.004$) und 100% ($p<0.000$) im Vergleich zu 0% MVC, auf.

Short-interval intracortical inhibition (SICI):

Die SICIratio wies signifikante Unterschiede im Vergleich zwischen den Kontraktionsintensitäten auf ($F(4.52)=3.737$, $P=0.009$). Paarweise post-hoc Bonferroni Korrekturen zeigten

eine signifikante Zunahme der SICI bei 100% MVC ($p=0.022$) verglichen mit 0% MVC.

Experiment 2:

Maximum Compound Waves (Mmax):

Zwischen den maximalen Kontraktionsintensitäten konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ($F(4.52)=0.605$, $P=0.483$).

Pre- stimulus rms EMG:

Ein signifikanter Effekt wurde zwischen Kontraktionsintensitäten entdeckt ($F(4.176)=5.227$, $P=0.009$). Paarweise post-hoc Bonferroni Korrekturen zeigten eine signifikante Zunahme beim Vergleich zwischen 100%iger und 0%iger Kontraktionsintensität ($p=0.039$).

Kortikomotorische Erregbarkeit:

Bei 120% AMT konnte unter den verschiedenen Kontraktionsintensitäten ein signifikanter Unterschied entdeckt werden ($F(1.847,25.863)=9.384$, $P=0.001$). Paarweise post-hoc Bonferroni Korrekturen zeigten eine signifikante Zunahme des MEP, bei 100% ($p=0.035$) im Vergleich zu 0% MVC, auf.

Bei 150% AMT konnte unter den verschiedenen Kontraktionsintensitäten kein signifikanter Unterschied entdeckt werden ($F(2.208,30.912)=3.342$, $P=0.053$).

Short-interval intracortical inhibition (SICI):

Es gab keine signifikanten Unterschiede bezüglich SICRatio zwischen den Kontraktionsintensitäten ($F(4.56)=0.471$, $P=0.756$).

Silent period duration:

Bei 120% AMT wurde ein signifikanter Unterschied der silent period duration festgestellt ($F(1.660, 21.584)=4.275$, $P=0.033$).

Paarweise post-hoc Bonferroni Korrekturen zeigten eine signifikante Abnahme der silent period duration bei 100% MVC ($p=0.028$) im Vergleich zu 0% MVC.

Bei 150% AMT wurde ein signifikanter Unterschied der silent period duration festgestellt ($F(1.480, 19.240)=6.067, P=0.014$).

Paarweise post-hoc Bonferroni Korrekturen zeigten eine signifikante Abnahme der silent period duration, bei 75% MVC ($p=0.021$) und 100% MVC ($p=0.028$) im Vergleich zu 0% MVC, auf.

Kommentar:

Die Resultate legen dar, wie eine Cross Activation des ipsilateralen Motokortex während unilateralen, isometrischen Kontraktionen der unteren Extremität, bei Kontraktionsintensitäten von $\geq 50\%$ MVC, stattfindet. Die statistischen Analysen wurden mit den passenden Werkzeugen durchgeführt.

Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?

Die Studie liefert Informationen, welche für das Erstellen von Langzeittrainingsprogrammen von Bedeutung sind. Gemäss dieser Studie sollte unilaterales Training mit grösstmöglicher Intensität durchgeführt werden, um die maximale Cross Activation des ipsilateralen Motokortex und die verbesserte Erregbarkeit der kortikomotorischen Bahnen zu bewirken.

Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben?

Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)

<ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein 	<p><i>13 von 16 Testpersonen beendeten Experiment 1 und 2. Eine Testperson konnte Experiment 1 aufgrund zu hoher RMT nicht vollenden. Weiter konnten ein Teilnehmer und eine Teilnehmerin die 100% MVC Kontraktion aufgrund zu niedriger Kraftwerte nicht absolvieren. Für die Datenanalyse wurden nur Teilnehmer und Teilnehmerinnen mit vollständigen Datensätzen eingeschlossen.</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"> ○ Ja ○ 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>Eine lineare Zunahme der kortikomotorischen Erregbarkeit des ruhenden M. rectus femoris konnte bei zunehmender Kontraktionsintensität der kontralateralen Extremität festgestellt werden. Kontraktionsintensitäten von $\geq 50\%$ MVC führen zu einem größeren kortikomotorischen Output im ruhenden homologen Muskel. Dementsprechend sollte in einem Trainingsprogramm die maximale Kontraktionsintensität erstrebt werden, um einen CE-Effekt zu bewirken. Die Abnahme der SICI fand nur bei maximalen isometrischen Kontraktionen statt und dürfte einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Output des ipsilateralen Motokortex haben. Die Abnahme der silent period duration bei Kontraktionsintensitäten von 75% MVC und 100% MVC hingegen lässt darauf schliessen, dass subkortikale und spinale Inhibition zur Cross Activation des ruhenden Beins beitragen.</i></p>

Studie 3: Harput et al. (2018)

Kriterien	Textangabe
<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><u>Zweck:</u></p> <p><i>In dieser Studie wurde die Quadricepskraft-Erholung der betroffenen Extremität, nach Ausführen eines achtwöchigen, exzentrischen und konzentrischen, isokinetischen Trainings, sowie nach zwölf Wochen, untersucht. Dies geschah an einer betroffenen Population, welche einer vorderen Kreuzbandplastik mittels Hamstrings-Sehne untergangen ist (S. 2, zweiter Abschnitt)</i></p> <p><u>Ziel:</u></p> <p><i>Das Ziel der Studie war es, die Effekte von exzentrischer und konzentrischer CE auf die Quadricepskraft- und Kniefunktions-Erholung nach einer vorderen Kreuzbandplastik zu untersuchen (S. 1 im Abstract unter «Purpose»).</i></p> <p><u>Hypothese:</u></p> <p><i>Die Autoren und Autorinnen der Studie vermuteten, dass isokinetisches Quadricepskrafttraining der kontralateralen Extremität für einen Kraftzuwachs im operierten Bein sorgen wird (S. 2 zweiter Abschnitt, vierte Zeile).</i></p> <p><u>Kommentar:</u></p> <p><i>Der Zweck der Studie wird in der Einleitung klar dargelegt und im Diskussionsteil in Relation mit den Resultaten und der bestehenden Literatur gebracht. Die Studie bezieht sich treffend auf die Fragestellung dieser Arbeit. Dies vor allem auch, da es sich um Probanden und Probandinnen mit einer betroffenen Extremität handelt.</i></p>

<p>LITERATUR</p> <p>Wurde die relevante Hintergrund-Literatur gesichtet?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein 	<p>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</p> <p><i>Es wird angegeben, dass ein Quadricepskraftdefizit das primäre Problem nach einer vorderen Kreuzbandplastik sei und über Jahre bestehen könne. Dies erschwert den Wiedereinstieg in den Sport, da grosse Kraftdefizite, Knieinstabilitäten oder Asymmetrien entstehen können. Um diesem Phänomen entgegenzuwirken, wäre ein Training des betroffenen Quadriceps nützlich. Dies ist jedoch aufgrund der Wundheilung im Knie kontraindiziert.</i></p> <p><i>Die Autoren und Autorinnen geben an, dass sich viele Studien mit dem CE-Phänomen auseinandergesetzt haben. Sie zeigen, dass die CE sich für eine Minimierung des Quadricepsdefizits und für einen isometrischen Kraftzuwachs erwiesen hat. Es hat sich jedoch nur eine Studie mit postoperativen Patienten und Patientinnen beschäftigt. Zudem wurde der Kraftzuwachs auf der gesunden Seite nicht dokumentiert, wobei nicht erkennbar wird, was die CE wirklich zusätzlich bewirkte.</i></p>
<p>DESIGN</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Randomisierte kontrollierte Studie (RCT) ○ Kohortenstudie 	<p>Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprechend dem Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (Outcomes), auf ethische Aspekte)?</p> <p>Angemessen: Ja.</p> <p><i>Es handelt sich um eine RCT-Studie mit einer Kontroll- und zwei Interventionsgruppen, wobei die Zuteilung randomisiert durchgeführt wurde. Die Teilnehmenden sowie die Untersuchenden wussten nicht, zu welchen Gruppen die Teilnehmenden zugeteilt</i></p>

- Einzelfall-Design
- Vorher-Nachher-Design
- Fall-Kontroll-Studie

wurden. Aufgrund der vorangehenden Studien wurde die Quadricepskraft als Outcome gewählt. Diese wurde mittels eines isokinetischen Dynamometers vier Wochen postoperativ, nach der achtwöchigen Intervention und zwölf Wochen nach der Intervention gemessen. Zudem wurde die Kniefunktion 24 Wochen postoperativ als Outcome gewählt. Diese wurde mittels dem «One-Leg Hop for Distance Test (OLHDT)» und dem «International Knee Document Committee (IKDC)» gemessen.

- Querschnittsstudie
- Fallstudie

Kommentar:

Das Design der RCT wurde, in Betracht der bestehenden Literatur und der definierten Outcomes, passend zur Fragestellung ausgesucht. Die Messung mit dem Dynamometer zur Kraftmessung korreliert mit den Messmethoden bestehender Literatur. Dabei wird mittels des «maximum voluntary isometric contraction (MVIC)» Verfahrens ein Test mit einer hohen Reliabilität gewählt. Bei dem OLHDT handelt es sich um einen Test mit einer akzeptablen Reliabilität, wobei der IKDC Test valide und reliabel sei.

Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.

Systematische Fehler bei Stichprobe/Auswahl:

Da keinerlei Angaben zur Freiwilligkeit der Teilnehmenden, der Jahreszeit oder einer Aufmerksamkeits-Kontrollgruppe gemacht werden, kann keine Aussage über systematische Fehler gemacht werden.

Systematische Fehler beim Messen/Ermitteln:

Die Probanden und Probandinnen durften vor der eigentlichen isometrischen Kraftmessung mit dem Dynamometer drei Probeversuche durchführen, um sich mit dem Verfahren vertraut zu machen. Anschliessend wurde die Messung mittels drei maximaler isometrischer Kontraktionen, mit jeweils zwei Minuten Pause dazwischen, durchgeführt. Hier spielt der Ermüdungsfaktor eine entscheidende Rolle. Die drei Probeversuche und die kurze Pause von zwei Minuten zwischen den Kontraktionen kann so zu einem systematischen Fehler geführt haben.

Systematische Fehler bei Massnahmen/Durchführung:

Die Teilnehmenden führten ein zwölfwöchiges Rehabilitationsprogramm durch, in dem sie dreimal wöchentlich die Physiotherapie besuchten. Es wird zwar erwähnt, dass die ganze Stichprobe das gleiche Programm erhielt, jedoch wird nicht klar ersichtlich, ob die Probanden und Probandinnen verschiedene Therapeuten oder Therapeutinnen hatten oder alle dieselben. Zudem ist von Kraftübungen die Rede, von denen genauere Angaben nicht bekannt sind und auch nicht darüber, ob diese standardisiert wurden. Nach diesen zwölf Wochen mussten die Teilnehmenden ein Heimprogramm mit Übungen für weitere zwölf Wochen durchführen. Ob und wie dieses kontrolliert oder überwacht wurde, ist unklar. Bei diesen beiden Massnahmen handelt es sich folglich um Ko-Interventionen zu der eigentlichen CE-Intervention, welche die zwei CE-Gruppen erhielten und so zu einem systematischen Fehler geführt haben könnten.

STICHPROBE

N = 48

Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?) Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?

<p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein 	<p><i>Aus der Studie gehen demographische Daten wie Alter, Körpergröße, Körpergewicht, BMI und die Zeitspanne von Verletzung bis Operation hervor. Für die Rekrutierung der Stichprobe wurden genaue Ein- und Ausschlusskriterien definiert. Alle drei Gruppen enthalten gleich viele Teilnehmende. Wie die Auswahl der Stichprobe erfolgte und ob diese freiwillig Beteiligte sind, wird nicht erläutert. Die Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant in Bezug auf wichtige Störfaktoren. Die Grösse der Stichprobe wird mit mindestens 30 Teilnehmenden begründet, um eine sample size calculation durchführen zu können.</i></p>
<p>Wurde die Stichprobengrösse begründet?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Entfällt 	<p>Beschreiben Sie die Ethik-Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung eingeholt?</p> <p><i>Es wird angegeben, dass die wohlinformierte Zustimmung von allen Teilnehmenden eingeholt wurde. Zudem wurde die Studie vom Hacettepe University Institutional Review Board zugelassen.</i></p>
<p>ERGEBNISSE (Outcomes)</p> <p>Waren die Outcomemessungen zuverlässig (reliabel)?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben 	<p>Geben Sie an, wie oft Outcomemessungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post-followup)).</p> <p><i>Die Kraftmessung wurde dreimal durchgeführt. Das erste Mal vier Wochen postoperativ, das zweite Mal nach der achtwöchigen Intervention und dann noch zwölf Wochen nach Ende der Intervention. Der OLHDT sowie der IKDC wurden einmalig 24 Wochen postoperativ durchgeführt. Somit wurde nur die Kraftmessung vor und nach der Intervention durchgeführt. Das genaue Verfahren der einzelnen Outcomemessungen wurde beschrieben.</i></p>

<p>Waren die Outcomemessungen gültig (valide)?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein ○ Nicht angegeben 	<p><i>Bei der Kraftmessung handelt es sich um eine reliable Methode. Der OLHDT wird als akzeptabel reliabel beschrieben, wobei der IKDC valide und reliabel sei.</i></p>	
	Outcome Bereiche	<p>Listen Sie die verwendeten Messungen auf</p>
	Kraftmessung des M. quadriceps femoris	<p><i>Bei der Kraftmessung des Quadriceps wurde die maximale willkürliche isometrische Kontraktion (MVIC) gemessen. Diese wurde mittels eines isokinetischen Dynamometers (IsoMed®2000 D&R GmbH, Germany) gemessen. Die Teilnehmenden saßen auf dem Dynamometer mit ca. 90° Flexion in der Hüfte und hatten Befestigungsgurte um Rumpf, Taille und den distalen Femur des zu testenden Beines. Die Achse des Dynamometers wurde mittels Laserachse rotatorisch den lateralen Femurepikondylen beider Beine angepasst. Das Knie wurde in 60° Flexion eingestellt und der Kraftarm des Dynamometers wurde 2cm oberhalb des lateralen malleolus tibialis angesetzt. Nach drei Probeversuchen mussten die Teilnehmenden drei MVIC (jeweils fünf Sekunden lang) durchführen. Nach jedem Versuch gab es eine zweiminütige Pause. Es wurde zuerst das nichtbetroffene Bein getestet, dann das operierte. Es wurde anschließend der Durchschnitt der drei Spitzenwerte ermittelt.</i></p>
	Kniefunktion	<p><i>Die Kniefunktion wurde mittels zwei verschiedener Messmethoden ermittelt. Für den OLHDT mussten die Teilnehmenden auf einem Bein stehen, mit den Zehen hinter einer Markierung. Danach mussten</i></p>

	<p><i>sie einen möglichst weiten Sprung mit einer kontrollierten Landung auf demselben Bein machen. Dies wurde solange durchgeführt, bis es mit jedem Bein drei gültige Sprünge gab. Es wurde zuerst mit dem nichtbetroffenen Bein gesprungen. Die Distanz in Zentimeter wurde gemessen, wobei nur der beste Sprung für die Analyse verwendet wurde. Beim IKDC handelt es sich um einen Fragebogen, der zehn Punkte in Bezug auf Knie-Symptomen bei ADLs oder sportlichen Aktivitäten enthält. Der Score geht von 0-100 Punkten, je höher die Punktzahl, desto weniger Beeinträchtigungen im Knie.</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 Kontakminierung vermieden?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein 	<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>Alle drei Gruppen nahmen an demselben Rehabilitationsprogramm teil, welches in der ersten postoperativen Woche startete. Dabei mussten die Teilnehmenden dreimal wöchentlich in die Physiotherapie bis zur zwölften postoperativen Woche. In der ersten Phase (Woche 0-4) wurden Hämarthros und Ödeme behandelt, die volle ROM in Kniegelenk erhalten, gute Quadricepskontrolle erzielt und das Gangbild normalisiert. Das eigentliche Programm (Woche 4-12) enthielt progressives neuromuskuläres Training mittels Kernübungen im Balance- und Kräftigungsbereich, welche in gewichtstragenden Positionen durchgeführt wurden. Während diesen zwölf Wochen wurden keine Quadricepsübungen in offener Kette für das betroffene oder gesunde Bein durchgeführt. Ab der zwölften bis zur 24. Woche</i></p>

<ul style="list-style-type: none"> ○ Nicht an- gegeben ○ Entfällt 	<p><i>mussten alle Probanden und Probandinnen dasselbe Heim- übungsprogramm durchführen. Dieses beinhaltete Hüft- und Kniekräftigung, Joggen und Balanceübungen für beide Beine, dreimal wöchentlich.</i></p>
<p>Wurden gleich- zeitige weitere Massnahmen (Ko-Interven- tion) vermie- den?</p>	<p><i>Die beiden CE-Gruppen führten zusätzlich zum Rehabilitations- programm isokinetisches konzentrisches oder exzentrisches Training am kontralateralen Bein durch. Dies wurde während acht Wochen (Woche 4-12), dreimal wöchentlich durchgeführt. Jede Trainingseinheit beinhaltete drei Sätze an je zwölf maxima- len Quadricepskontraktionen (60°/s) zwischen 10° bis 90° Fle- xion. Zwischen jedem Satz wurde zwei Minuten Pause gemacht.</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein ○ Nicht an- gegeben ○ Entfällt 	<p><i>Wichtig zu beachten war, dass die Probanden und Probandin- nen das untrainierte Bein während des Trainings so entspannt wie möglich hielten.</i></p>
	<p><i>Die genaue Reproduktion des Rehabilitationsprogrammes und des Trainings ist kaum möglich. Die Studie belegt nicht genau, welche Massnahmen genau in der Physiotherapie durchgeführt wurden. Zudem erfährt der Leser und die Leserin nicht, wie viele verschiedene Therapeuten oder Therapeutinnen involviert wa- ren und wie lange eine Therapiesitzung dauerte. Hinzu kommt das Heimprogramm, bei welchem die Leserschaft ebenfalls nicht über die exakten Massnahmen und deren genaue Dosie- rung informiert wird.</i></p> <p><i>Für die Nachahmung des Trainingsprogrammes der CE-Grup- pen wird es ebenfalls schwierig. Nur in den wenigsten Physio- therapiepraxen findet sich ein isokinetisches Dynamometer, mit welchem die entsprechende Intervention durchgeführt werden könnte. Ob die Teilnehmenden selbständig das Training durch- führten oder ob sie überwacht wurden, ist zudem unklar.</i></p>

	<p><i>Bezüglich der Ko-Intervention wurde bereits in den systematischen Fehlern berichtet. Zur Kontaminierung können in dieser Studie keine Angaben gemacht werden.</i></p>
<p>ERGEBNISSE</p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein ○ Nicht angegeben ○ Entfällt <p>War(en) die Analysemethode(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>Die statistischen Analysen waren geeignet, wurden im Detail aufgeführt und deren Resultate sowohl tabellarisch als auch im Text dargelegt. Das Signifikanz-Level ($\alpha=0.05$) wurde auf $p<0.05$ festgelegt. Die Analysen wurden mittels IBM SPSS 21.0 durchgeführt. Um die Normalverteilung zu prüfen, wurde ein «Shapiro-Wilk test» gemacht. Um sicherzugehen, dass die Gruppenrandomisierung erfolgreich war, führten die Autoren und Autorinnen eine ANOVA durch.</i></p> <p><i>Für die Analyse der Kraftveränderungen des Quadriceps über die Zeit in den einzelnen Gruppen wurde eine zweifaktorielle ANOVA (ein In-Gruppen Vergleich und ein Zwischen-Gruppen Vergleich) durchgeführt. Für die Analyse der Ergebnisse der OLHDT und der IKDC wurde ein Kruskal Wallis Test angewendet. Die signifikanten Interaktionen und Haupteffekte wurden mittels «Bonferroni post hoc test» analysiert.</i></p> <p><u><i>Muskelkraft im untrainierten Bein:</i></u> <i>Eine signifikante Zeit x Gruppen Interaktion in Bezug auf die MVIC des operierten Beines wurde gefunden ($p=0.01$). Im Vergleich zur Kontrollgruppe waren die MVIC in der konzentrischen bzw. exzentrischen CE-Gruppe in der zwölften postoperativen</i></p>

<p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein ○ Nicht angegeben 	<p><i>Woche signifikant höher ($p=0.04$ / $p=0.03$). Auch in der 24. Woche war die Interaktion noch signifikant ($p=0.01$ / $p<0.001$). Zwischen den beiden CE-Gruppen gab es keine signifikanten Unterschiede.</i></p> <p><u><i>Muskelkraft im trainierten Bein:</i></u></p> <p><i>Eine signifikante Zeit x Gruppen Interaktion in Bezug auf die MVIC des gesunden Beines wurde gefunden ($p=0.01$). Im Vergleich zur Kontrollgruppe waren die MVIC in der konzentrischen bzw. exzentrischen CE-Gruppe in der zwölften postoperativen Woche signifikant höher ($p<0.001$). Zwischen den beiden CE-Gruppen gab es keine signifikanten Unterschiede.</i></p> <p><i>Ein signifikanter Unterschied wurde in der 24. Woche bei der exzentrischen CE-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe gefunden ($p=0.01$).</i></p> <p><u><i>Kniefunktion in beiden Beinen:</i></u></p> <p><i>Keine signifikanten Unterscheide in den drei Gruppen in Bezug auf den OLHDT oder den IKDC.</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>Die klinische Bedeutung wird im Ergebnisteil dieser Studie nicht beschrieben. Klinisch relevante Schlüsse werden im Diskussteil angegeben.</i></p>
<p>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der</p>	<p>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</p>

Studie angegeben? <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	<i>Es werden keine Angaben über Ausscheidungen aus der Studie gemacht.</i>
SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie? <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>Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass exzentrisches sowie konzentrisches Training des nichtoperierten Beines die isometrische Kraft des Quadriceps der operierten Seite in der frühen Phase der Rehabilitation verbessert.</i></p> <p><i>In der späteren Phase der Rehabilitation bewirkt vor allem exzentrisches Training einen Kraftzuwachs auf der untrainierten Seite.</i></p> <p><i>Die Kraftveränderungen im operierten Bein waren in dieser Studie grösser als im nichtoperierten, trainierten Bein. Dies wird damit erklärt, dass die CE die zentralen inhibitorischen Impulse vermindert und die neuromuskuläre Fazilitation sowie die willkürliche Aktivierung im operierten Bein verstärkt.</i></p>

Studie 4: Papandreou et al. (2012)

Kriterien	Textangabe
ZWECK DER STUDIE	Skizzieren Sie den Zweck der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Physiotherapie und/oder Ihre Forschungsfrage?

<p>Wurde der Zweck klar angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein 	<p><u>Zweck:</u></p> <p><i>Der Zweck dieser Studie war es, den Effekt von Cross-Exzentrischen Übungen (CEE) auf das Muskelkraftdefizit des Quadriceps an Knien mit einer vorderen Kreuzbandplastik zu evaluieren. Zudem war es von Interesse, allfällige Unterschiede im Muskelkraftdefizit des Quadriceps zu sehen, wenn die CEE drei- oder fünfmal wöchentlich durchgeführt werden (S. 1 im Abstract).</i></p> <p><u>Ziel:</u></p> <p><i>Das Ziel der Studie war es, die Effekte eines achtwöchigen CEE-Programmes auf die Muskelkraftdefizite des Quadriceps am operierten Knie bei 60° Flexion in der frühen Rehabilitationsphase zu erforschen. Ebenfalls sollten Unterschiede im Muskelkraftdefizit des Quadriceps, bei drei- oder fünfmaligem Training in der Woche, in der frühen Rehabilitationsphase eruiert werden.</i></p> <p><u>Hypothese:</u></p> <p><i>Eine mögliche Hypothese geht aus dieser Studie nicht hervor.</i></p> <p><u>Kommentar:</u></p> <p><i>Der Zweck der Studie wird in der Einleitung klar dargelegt und im Diskussionsteil in Relation mit den Resultaten und der bestehenden Literatur gebracht. Die Studie bezieht sich treffend auf die Fragestellung dieser Arbeit. Dies vor allem auch, da es sich um Probanden mit einer betroffenen Extremität handelt.</i></p>
<p>LITERATUR</p>	<p>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</p>

<p>Wurde die relevante Hintergrund-Literatur gesichtet?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein 	<p><i>Es wird angegeben, dass das Muskelkraftdefizit des Quadriceps in den ersten vier postoperativen Wochen, im Vergleich zur gesunden Seite, bis zu 20% gross sein kann. Zudem sei die präoperative Muskelkraft des Quadriceps ein wichtiger Indikator für die Kniefunktion in den ersten zwei postoperativen Jahren. Bis heute herrscht Unstimmigkeit darüber, wie die postoperative Muskelschwäche genau therapiert werden soll.</i></p> <p><i>Der Quadriceps ist zwischen 20°-60° der Knieflexion für die anteriore Tibiatranslation verantwortlich, was in engem Zusammenhang mit der erhöhten VKB-Belastung zwischen diesen Graden steht. Die Tatsache, dass das Muskelkraftdefizit des Quadriceps nach einer VKB-Plastik bei 60° grösser ist, lässt auf einen Zusammenhang zwischen Quadricepsaktivität und VKB-Belastung schliessen.</i></p> <p><i>Die Autoren und Autorinnen geben an, dass es folglich sinnvoll wäre eine sichere, praktikable und ökonomische Trainingsart wie das Cross-Training zu verwenden, welche die operierte Extremität schont. Die klinische Signifikanz dieser Intervention wurde bisher noch nicht an speziellen Populationen, wie postoperativen Patienten, getestet.</i></p>
<p>DESIGN</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Randomisierte kontrollierte Studie (RCT) ○ Kohortenstudie 	<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>Angemessen: Ja.</p> <p><i>Es handelt sich um eine RCT-Studie mit einer Kontroll- und zwei Interventionsgruppen, wobei die Zuteilung randomisiert durchgeführt wurde. Die Quadricepskraft wurde als Outcomeparameter</i></p>

- Einzelfall-Design
 - Vorher-Nachher-Design
 - Fall-Kontroll-Studie
 - Querschnittsstudie
 - Fallstudie
- gewählt und mittels eines isokinetischen Dynamometers gemessen. Zusätzlich wurde das dominante Bein mittels eines Fragebogens ermittelt.*
- Kommentar:*
- Das Design der RCT wurde, in Betracht der bestehenden Literatur und der definierten Outcomes, passend zur Fragestellung ausgesucht. Die Wahl des isokinetischen Dynamometers zur Kraftmessung stimmt überein mit den Messmethoden bestehender Literatur, was diese Studie vergleichbar macht. Wie das in der Zielsetzung beschriebene Muskelkraftdefizit des Quadriceps eruiert wird, geht aus den Outcomemessungen nicht klar hervor.*

Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.

Systematische Fehler bei Stichprobe/Auswahl:

Es werden keinerlei Angaben bezüglich Freiwilligkeit, Jahreszeit und Betreuung der Kontrollgruppe gemacht. Es kann somit keine Aussage über systematische Fehler in diesem Bereich gemacht werden.

Systematische Fehler beim Messen/Ermitteln:

Für die Messung der Muskelkraft mussten die Teilnehmenden zuerst vier Probeversuche und anschliessend drei maximale isometrische Kontraktionen à fünf Sekunden durchführen. Der Ermüdungsfaktor durch die Probeversuche könnte hier zu einem systematischen Fehler geführt haben.

Hinsichtlich der Blindung der Untersucher und Untersucherinnen gegenüber der Gruppeneinteilung der Probanden werden keine

	<p>Angaben gemacht, was ebenfalls zu einem systematischen Fehler geführt haben könnte.</p> <p><u>Systematische Fehler bei Massnahmen/Durchführung:</u></p> <p>Alle Teilnehmenden erhielten ein achtwöchiges Rehabilitationsprogramm, welches standardisiert wurde. Dies führten die CE-Gruppen zusätzlich zu der eigentlichen CE-Intervention aus, was als Ko-Intervention angesehen werden kann. Die Übungen und Interventionen sind jedoch genau deklariert und nachvollziehbar. Zudem handelt es sich immer um die gleichen zwei Therapeuten oder Therapeutinnen, die das Rehabilitationsprogramm durchführten. Auf ein Heimprogramm wurde verzichtet.</p>
<p>STICHPROBE</p> <p>N = 42</p> <p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <p>Wurde die Stichproben-grösse begründet?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Entfällt 	<p>Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?). Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</p> <p>Aus der Studie gehen demographische Daten wie Alter, Körpergewicht, Körpergrösse, BMI, Zeitspanne von der Verletzung, Tegner Skala und die Beindominanz hervor. Für die Rekrutierung der Stichprobe wurden genaue Ein- und Ausschlusskriterien definiert. Alle drei Gruppen enthalten gleich viele Teilnehmende. Bei der Stichprobe handelt es sich um Soldaten der griechischen Armee, welche alle im Orthopädischen und Physiotherapie Departement des «General Army Hospital 401» in Athen behandelt wurden. Alle Patienten erlittenen eine unilaterale VKB-Ruptur. Die Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant in Bezug auf wichtige Störfaktoren. Ausser dass 42 von 58 Patienten die Ein- und Ausschlusskriterien erfüllten und somit in die Studie eingebunden wurden, wurde Grösse der Stichprobe nicht erläutert.</p>

	<p>Beschreiben Sie die Ethik-Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung eingeholt?</p> <p><i>Die Studie erhielt ihre ethische Genehmigung vom «Committee of Laboratory for Research of Musculoskeletal system» der Universität in Athen.</i></p>	
<p>ERGEBNISSE (Outcomes)</p> <p>Waren die Outcomemessungen zuverlässig (reliabel)?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben 	<p>Geben Sie an, wie oft Outcomemessungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post-followup)).</p> <p><i>Die Kraftmessung des Quadriceps wurde zweimal durchgeführt. Das erste Mal eine Woche präoperativ und das zweite Mal neun Wochen postoperativ. Wie valide oder reliabel diese Messmethode ist, geht aus der Studie nicht hervor.</i></p>	
<p>Waren die Outcomemessungen gültig (valide)?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben 	<p>Outcome Bereiche</p>	<p>Listen Sie die verwendeten Messungen auf</p> <p><i>Bei der Kraftmessung des Quadriceps wurden maximale willkürliche Kontraktionen gemessen. Diese wurden mittels eines isokinetischen Dynamometers (Kin Com AT+, Chattanooga Group Inc., Chattanooga, TN) gemessen. Die Probanden führten zuerst vier Probeversuche vor der Messung durch. Anschliessend mussten sie drei maximale isometrische Kontraktionen à fünf Sekunden bei 60° Grad Knieflexion durchführen. Das unverletzte Bein wurde zuerst getestet. Spitzendrehmomentwerte wurden in Newton gemessen.</i></p> <p><i>Die Beindominanz wurde mittels eines Fragebogens, welcher sechs Fragen enthielt, ermittelt.</i></p>
	<p>Kraftmessung des M. quadriceps femoris</p>	
	<p>Beindominanz</p>	

MASSNAHMEN	Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Massnahmen in der physiotherapeutischen Praxis wiederholt werden?
Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben?	<p><i>Alle drei Gruppen nahmen an demselben Rehabilitationsprogramm teil, welches eine Woche nach der Operation begann. Dieses wurde an fünf Tagen in der Woche für acht Wochen durchgeführt. Dieses achtwöchige Zeitintervall war für die Behebung von Kniebeschwerden (Schwellung, Schmerz), ROM Defiziten sowie Wiederherstellen von Muskelkraft und neuromuskulären Reaktionen vorgesehen. Es wurde von zwei hoch erfahrenen muskuloskelettalen Physiotherapeuten durchgeführt. Die Prozeduren wurden standardisiert und auf ein Heimprogramm wurde verzichtet.</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben 	
Wurde Kontaminierung vermieden?	<p><i>Die beiden CE-Gruppen führten zusätzlich zum Rehabilitationsprogramm ein Cross-Training Programm aus. Die Grundübung war eine exzentrische Maximalkontraktion, wobei der Kraftarm direkt oberhalb des medialen Malleolus tibialis platziert wurde. Folglich wurde das Trainingsprogram mit einer submaximalen Intensität von 80% der MVC durchgeführt. Es wurden jeweils zwei Aufwärmätze ohne Gewicht gemacht und anschliessend fünf Sätze an sechs Wiederholungen mit zwei Minuten Pause dazwischen. Die erste CE-Gruppe führte dieses Programm dreimal wöchentlich durch, wobei die zweite CE-Gruppe es fünfmal pro Woche ausführte. Das Programm wurde standardisiert.</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht angegeben <input type="radio"/> Entfällt 	
Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Ko-Intervention) vermieden?	<p><i>Die genaue Reproduktion des Rehabilitationsprogrammes und des Trainings ist nur schwer möglich. Aus Tabelle 2 der Studie geht die grobe Massnahme zwar hervor, jedoch fehlen wichtige Details die zur Nachahmung in der Praxis nötig wären. Die</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein 	

<ul style="list-style-type: none"> ○ Nicht angegeben ○ Entfällt 	<p><i>Dauer der Therapien oder der einzelnen Interventionen gehen ebenfalls nicht aus der Studie hervor.</i></p> <p><i>Die Nachahmung des Trainingsprogrammes der CE-Gruppen ist ebenfalls nicht simpel. Einerseits gibt es in nur wenigen Physiotherapiepraxen ein isokinetisches Dynamometer und andererseits ist auch die genaue Umsetzung nicht beschrieben. Es ist für die Leserschaft unklar, zwischen welchen Graden die exzentrische Kontraktion durchgeführt wird, ob der Kraftarm von einer Person jeweils wieder nach oben gehalten wird, wo das Training stattfand und von wem es durchgeführt wurde.</i></p> <p><i>Bezüglich der Ko-Intervention wurde bereits in den systemischen Fehlern berichtet. Zur Kontaminierung können in dieser Studie keine Angaben gemacht werden.</i></p>
<p>ERGEBNISSE</p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Ja ○ Nein ○ Nicht angegeben ○ Entfällt 	<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 statistischen Analysen waren geeignet, wurden im Detail aufgeführt und deren Resultate sowohl tabellarisch als auch im Text dargelegt. Der Signifikanz-Level wurde auf $p < 0.05$ festgelegt. Die Analysen wurden mittels einer SPSS Software (IBM Software, Armonk, NY) durchgeführt.</i></p> <p><i>Für die Analyse der Kraftveränderungen zwischen pre- und posttest beider Beine wurde eine einfache ANOVA durchgeführt. Um anfällige Gruppenunterschiede zu bestimmen, wurde eine «post hoc analysis» nach dem Scheffe Kriterium durchgeführt.</i></p>

<p>War(en) die Analyse- methode(n) geeig- net?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht an- gegeben 	<p><i>Eine zweifaktorielle ANOVA (Gruppe x Zeit) wurde für die Quad- ricepsdefizit-Unterschiede zwischen den Gruppen verwendet. Für die Bestimmung von Gruppenunterschieden bei den posto- perativen Knien mit CEE, wurde eine «post hoc analysis» basie- rend auf dem Tukey HSD Kriterium gemacht.</i></p>
<p>Wurde die kli- nische Bedeu- tung angege- ben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Nicht an- gegeben 	<p><u><i>Muskelkraft im operierten Bein:</i></u> <i>Eine signifikante Zeit x Gruppen Interaktion, in Bezug auf die Quadricepskraft, wurde gefunden (p<0.05). Dabei war die Mus- kelkraft im operierten Bein bei der ersten CE-Gruppe im Ver- gleich zur Kontrollgruppe (p=0.04), sowie die Muskelkraft der zweiten CE-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe (p<0.001) signifikant höher.</i></p> <p><u><i>Quadricepsdefizit:</i></u> <i>Eine signifikante Zeit x Gruppen Interaktion in Bezug auf das Quadricepsdefizit in Prozent wurde ermittelt (p<0.001). Dabei sind die beiden CE-Gruppen, im Vergleich zur Kontrollgruppe, signifikant kleiner im Prozentsatz des Quadricepsdefizites (Gruppe A: p=0.01 / Gruppe B: p=0.04).</i></p> <p><u><i>Quadricepskraft im nichtoperierten Bein:</i></u> <i>Es wurden keine signifikanten Unterschiede in den drei Gruppen in Bezug auf die Quadricepskraft des trainierten Beines gefun- den.</i></p>
	<p>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) kli- nisch von Bedeutung?</p> <p><i>Die klinische Bedeutung wird im Ergebnisteil dieser Studie nicht beschrieben. Klinisch relevante Schlüsse werden im Diskussi- onsteil angegeben.</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>Es werden keine Angaben über Ausscheidungen aus der Studie 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"/> 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>Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass bei allen Gruppen die Quadricepskraft nach acht Wochen abnahm, jedoch bei den beiden CE-Gruppen deutlich weniger. Dies führt zu einem prozentual signifikanten, kleineren Quadricepsdefizit in den beiden Trainingsgruppen.</i></p> <p><i>Als klinisch relevantes Ergebnis kann somit gesagt werden, dass Patienten nach einer VKB-Plastik in der frühen Rehabilitationsphase durch zusätzliche Implementierung eines CEE Programmes zum Rehabilitationsprogramm ihre Quadricepskraft bei 60° Knieflexion signifikant erhöhen können.</i></p> <p><i>Aus den Resultaten wird ersichtlich, dass ein CEE Programm das dreimal wöchentlich angewendet wird, sich deutlich zur Kontrollgruppe unterscheidet. Jedoch gibt es keine grossen Unterschiede zwischen den Trainingsfrequenzen, d.h. ob diese Trainings drei- oder fünfmal wöchentlich durchgeführt werden.</i></p>

Begrenzungen:

Aufgrund des Studiendesigns und der kleinen Stichprobe wurde die Beindominanz aussen vor gelassen, was aber noch ein interessanter Aspekt gewesen wäre.

Die Trainingsintensität, -dauer und -geschwindigkeit wurde während den acht Wochen gleichgelassen und nicht den Kraftsteigerungen der Probanden angepasst. Dies sollte jedoch laut vorhergehenden Studien keinen grossen Einfluss auf den CE-Effekt haben.

Zudem wurden in dieser Studie keine Langzeiteffekte der CEE nach einer VKB-Plastik ermittelt.