

Offene oder geschlossene kinetische Kette oder eine Kombinationsform: Training nach vorderer Kreuzband-Ruptur

Welche Trainingsform ist bezüglich der isokinetischen Kraft
des M. quadriceps femoris am effektivsten?

Croci-Torti, Graziella
S14638605

Frei, Nadine
S14638662

Departement: Gesundheit
Institut für Physiotherapie

Studienjahr: 2014
Eingereicht am: 26.04.2017
Begleitende Lehrperson: Wälchli, Anne

**Bachelorarbeit
Physiotherapie**

Inhaltsverzeichnis

Abstract	5
1. Einleitung	7
1.1. Stand der Forschung	7
1.2. Begründung der Themenwahl und Problemdarstellung.....	9
1.3. Fragestellung	9
1.4. Zielsetzung.....	9
1.5. Eingrenzung des Themas	9
2. Theoretischer Hintergrund	11
2.1. Kniegelenk	11
2.1.1. Knöcherne Strukturen	11
2.1.2. Weichteile	11
2.1.3. Bandapparat	12
2.1.4. Menisken.....	14
2.1.5. Muskulatur	15
2.1.6. Biomechanik des Kniegelenks	16
2.2. Vordere Kreuzbandruptur	18
2.2.1. Ätiologie	18
2.2.2. Ursache.....	18
2.2.3. Klinik	19
2.2.4. Therapie.....	20
2.3. Muskelkraft.....	22
2.3.1. Definition von Muskelkraft.....	22
2.3.2. Kraftaufbau	23
2.3.3. Messung der isokinetischen Muskelkraft	24
2.4. Offene und geschlossene kinetische Kette	27

3. Methodik.....	30
4. Ergebnisse	33
4.1. Studie von Tagesson et al. (2008).....	33
4.1.1. Zusammenfassung	33
4.1.2. Würdigung	36
4.2. Studie von Mikkelsen et al. (2000).....	38
4.2.1. Zusammenfassung	38
4.2.2. Würdigung	40
4.3. Studie von Kang et al. (2012)	42
4.3.1. Zusammenfassung	42
4.3.2. Würdigung	43
4.4. Übersicht Studienbewertung mittels PEDro-Skala.....	46
5. Diskussion.....	47
6. Theorie-Praxis-Transfer	53
7. Schlussfolgerung.....	54
Literaturverzeichnis	55
Hauptstudien.....	55
Studien.....	55
Bücher	59
Internetquellen	61
Weitere Literatur	62
Zusatzverzeichnisse.....	63
Abbildungsverzeichnis	63
Tabellenverzeichnis	63
Deklaration der Wortzahl.....	64
Danksagung	64
Eigenständigkeitserklärung	64

Anhang	65
Abkürzungsverzeichnis	65
Glossar.....	65
AICA-Tabellen	67
PEDro-Skalen	98

Abstract

Darstellung des Themas: Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes (VKB) ist die häufigste ligamentäre Verletzung des Kniegelenks. Das danach häufig bestehende Kraftdefizit des M. quadriceps femoris kann in offener (OKC) oder geschlossener kinetischer Kette (CKC) oder in einer Kombinationsform therapiert werden. Es herrscht kein Konsens darüber, mit welcher Variante der M. quadriceps femoris am effizientesten gekräftigt werden kann.

Ziel: Das Ziel dieser Arbeit ist, zu ermitteln, ob das Training in OKC, CKC oder in einer Kombinationsform am effektivsten ist bezüglich der Verbesserung der isokinetischen Kraft des Quadricepsmuskels, sodass eine evidenzbasierte Praxisempfehlung formuliert werden kann.

Methode: In Form eines systematischen Reviews werden drei Studien anhand definierter Ein- und Ausschlusskriterien aus den Datenbanken Medline, Cinahl, PEDro und googlescholar ausgewählt. Die integrierten Studien werden mittels AICA und der PEDro-Skala bewertet.

Relevante Ergebnisse: Der Kraftaufbau des M. quadriceps femoris in der Rehabilitation nach VKB-Ruptur erfolgt am effizientesten in einer Kombinationsform aus OKC und CKC.

Schlussfolgerung: In der Praxis sollen für den Kraftaufbau des M. quadriceps femoris in der Rehabilitation nach VKB-Ruptur OKC und CKC miteinander kombiniert werden. Die wirksamste Übungskonstellation und deren Dosierung müssen noch erforscht werden.

Keywords: acl ruptur, open and closed kinetic chain, isokinetic muscle strength, quadriceps femoris

Background: The anterior cruciate ligament (acl) rupture is the most common ligamentary knee injury. The strength deficit of the M. quadriceps femoris, which often occurs after this injury, can be treated in open (OKC) or closed kinetic chain (CKC) or as a combination. A consensus has not been met on which version strengthens the quadriceps muscle most effectively.

Objective: The objective is to determine whether the training in OKC, CKC or a combination of the two generates the highest isokinetic quadriceps strength and to formulate an evidence based recommendation for the praxis.

Method: To provide this bachelor thesis, three studies were chosen based on defined criteria from the databases Medline, Cinahl, PEDro and googlescholar and analyzed using AICA and the PEDro-scale.

Results: The most effective way to strengthen the quadriceps muscle in the rehabilitation after acl rupture is to combine both OKC and CKC.

Conclusion: Regarding the practical implementation OKC and CKC exercises should be combined to achieve the highest isokinetic quadriceps strength in the rehabilitation of acl rupture. Further research is required to define the most efficient combination of the exercises and its dosage.

Keywords: acl ruptur, open and closed kinetic chain, isokinetic muscle strength, quadriceps femoris

1. Einleitung

Verminderte Muskelkraft wirkt sich immer negativ auf die physiologische Haltungs- und Bewegungsqualität des gesamten Körpers aus (Hüter-Becker & Dölken, 2005). Vor der Herausforderung, diese Defizite auszugleichen, stehen viele Physiotherapeuten und Physiotherapeutinnen, die Patienten und Patientinnen mit einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes (VKB) behandeln. Auch nach sechs Monaten beträgt laut Palmieri-Smith, Thomas und Wojtys (2008) das Kraftdefizit des M. quadriceps femoris bei Personen mit einer VKB-Ruptur noch immer 20% im Seitenvergleich. Trotzdem erhalten Patienten und Patientinnen in diesem Zeitrahmen von ärztlicher Seite die Erlaubnis, in die Aktivität zurückzukehren. Laut Hüter-Becker et al. (2005) muss die verminderte Krafftähigkeit der Muskulatur von passiven Bindegewebsstrukturen kompensiert werden, wodurch die in diesem Fall zu schützende VKB-Struktur überbeansprucht wird. Zusätzlich kann eine unzureichende Quadricepskraft zu verfrühtem Auftreten von Osteoarthritis führen (Palmieri-Smith et al., 2008). Dies verdeutlicht die Wichtigkeit eines effizienten Kraftaufbaus der Knieextensoren nach VKB-Ruptur (Cardone, Menegassi & Emygdio, 2004). Der Trainingsaufbau kann in offener oder geschlossener kinetischer Kette erfolgen (Bizzini, 2000). Per Definition von Bizzini (2000) können sich die terminalen Gelenke in der offenen kinetischen Kette frei bewegen (z.B. Hände schütteln). Im Gegensatz dazu treffen die terminalen Gelenke in der geschlossenen kinetischen Kette auf einen deutlichen externen Widerstand, der ihre freie Beweglichkeit begrenzt oder verhindert (z.B. Squat).

1.1. Stand der Forschung

In der Literatur wird die Wahl der kinetischen Kette in der Rehabilitation nach VKB-Ruptur kontrovers diskutiert. Gemäss Andersson, Samuelsson und Karlsson (2009) wird das Training in geschlossener kinetischer Kette (closed kinetic chain = CKC) von Patienten und Patientinnen als zufriedenstellender empfunden, da es mit weniger Schmerz und Instabilitätsgefühl einhergeht. Uçar, Koca, Eroglu, Eroglu, Sarp, Arik und Yetisgin (2014) unterstützen mit ihren Resultaten den positiven Aspekt der CKC. Sie stellten mittels Lysholm Score, einem Fragebogen, welcher die Kniefunktion und Zufriedenheit aus Sicht der Patienten und Patientinnen evaluiert, eine bessere Funktionalität nach Training in der CKC fest. Auch Norouzi, Esfandiarpour, Shakourirad, Salhi, Akbar und Farahmand (2013) kamen in ihren Untersuchungen zum Ergebnis einer besseren funktionellen Stabilität und bezeichneten das Training in CKC als sicherer bezüglich der Belastung auf das VKB.

Grodski und Marks (2008) beschreiben das Training in CKC als eine Möglichkeit, die Quadricepsaktivität zu steigern, ohne den Stress auf das VKB zu erhöhen. Sie begründen dies mit der in der CKC zustande kommenden Kokontraktion der Muskulatur, welche das Gelenk stabilisiert und folglich das VKB vor übermässiger Belastung schützt. Die Studie von Escamilla, Fleisig, Zheng, Barrentine, Wilk und Andrews (1998) zeigt ausserdem, dass bei Übungen in der geschlossenen kinetischen Kette eine höhere Quadricepsaktivität generiert wird, was bedeutet, dass mehr Muskelfasern aktiviert werden als bei Übungen in der offenen kinetischen Kette (open kinetic chain = OKC).

Auch Froböse (1993, zit. nach Froböse & Nellessen, 1998, S.43), ist der Meinung, dass CKC Übungen in die Rehabilitation der Knieextensoren nach VKB-Ruptur zu integrieren sind. Er betont jedoch, dass ein bestehendes Kraftdefizit zuerst durch Übungen in der OKC behoben werden soll, da bei CKC Übungen die Gefahr besteht, dass die Hüftmuskulatur das Kraftdefizit der Knieextensoren kompensiert. Demzufolge würde nicht die insuffiziente Muskulatur trainiert werden. Aufgrund der Tatsache, dass während Übungen in der OKC weniger Ausweichbewegungen stattfinden können, kann die Muskulatur gezielter trainiert werden (Froböse & Wilke, 2015). Fukuda, Fingerhut, Moreira, Camarini, Scodeller, Duarte, Martinelli und Bryk (2013) schlagen vor, das Training in OKC zum Schutz des VKBs vorerst in einem limitierten Bewegungsausmass durchzuführen (45-90° Flexion). Durch diese Limitation kann früher mit dem Training in OKC begonnen werden, was sich positiv auf die Dauer des Kraftaufbaus auswirkt. Sie schreiben ausserdem, dass der frühe Beginn mit OKC Übungen keine negativen Auswirkungen auf die Knielaxität, die Schmerzreduktion und die Funktionalität hat. Die Hypothese, dass das Training in der OKC schlechtere funktionelle Ergebnisse erzielt, konnte auch von Beinert (2008) nicht bestätigt werden. Zudem weist er darauf hin, dass durch die Anwendung der OKC im Kraftaufbau nach VKB-Ruptur die Rehabilitationsdauer verkürzt werden kann und somit Patienten und Patientinnen schneller in den Sport zurückkehren können.

Die Autorinnen dieser Arbeit stellen fest, dass die beiden Hauptkritikpunkte der Literatur an der OKC die möglicherweise entstehende Knielaxität und der erhöhte Stress auf das VKB während den Übungen sind. Die kontroverse Diskussion bezüglich der Knielaxität wird im Review von Beinert (2008) deutlich, wo zwei Studien aussagen, dass durch Training in der OKC die Laxität verschlimmert wird und fünf Studien dies nicht belegen können. Auch die Behauptung, dass der Stress auf das VKB während OKC Übungen grösser ist als während CKC Übungen, kann laut Fleming, Oksendahl und Beynon (2005)

durch biomechanische Studien relativiert werden. Diese sagen aus, dass die Belastung auf das VKB in OKC sowie CKC identisch ist.

1.2. Begründung der Themenwahl und Problemdarstellung

Die Autorinnen dieser Arbeit erhielten in ihren Praktika viele Eindrücke bezüglich der Therapie von VKB-Rupturen. Dabei ist die Kontroversität dieses Themas deutlich geworden, indem wesentliche Unterschiede nicht nur zwischen den verschiedenen Spitälern, sondern auch innerhalb eines Teams aufgefallen sind. Wie oben beschrieben, liegen viele Studien vor, die sich mit dieser Thematik beschäftigen. Dabei fehlt jedoch oft die Aussage zur Auswirkung der beiden Trainingsformen bezüglich der Kraftverbesserung des M. quadriceps femoris, obwohl diese, wie bereits erwähnt, eine wichtige Rolle spielt. Es besteht also bei der Wahl der kinetischen Kette in der Rehabilitation nach VKB-Ruptur trotz gutem Forschungsstand sowohl in der Theorie als auch in der Praxis kein Konsens. Aus dieser Problematik entwickelt sich die folgende Fragestellung.

1.3. Fragestellung

Training in offener oder geschlossener kinetischer Kette oder eine Kombination von beidem – welche Trainingsform generiert die höchste isokinetische Kraft des M. quadriceps femoris in der Rehabilitation von Patienten und Patientinnen mit VKB-Läsion?

1.4. Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, eine evidenzbasierte Praxisempfehlung für die Behandlung von Patienten und Patientinnen mit einer VKB-Ruptur in der Rehabilitation abzugeben. Es soll ermittelt werden, ob das Training in offener oder geschlossener kinetischer Kette oder in einer Kombinationsform am effektivsten ist bezüglich der Verbesserung der isokinetischen Kraft des M. quadriceps femoris.

1.5. Eingrenzung des Themas

Mit dieser Arbeit wird an die Empfehlung der Bachelorarbeit von Niggli (2013) angeknüpft. Sie untersuchte die Unterschiede von Training in offener und geschlossener kinetischer Kette und bezog sich dabei auf die folgenden Outcomes: subjektive Funktionalität, Sprungfähigkeit und Laxität des Kniegelenks. In der vorliegenden Arbeit soll, wie in der

Schlussfolgerung der Arbeit von Niggli (2013) empfohlen, die isokinetische Muskelkraft des M. quadriceps femoris das zentrale Outcome sein.

Des Weiteren soll sich diese Arbeit nicht wie bei Niggli (2013) auf konservativ behandelte Patienten und Patientinnen beschränken, da laut Frobell et al. (2010, zit. nach Luomajoki, 2013, S. 4) belegt werden kann, dass operative und konservative Versorgungen die gleichen kurz- sowie langfristigen Resultate bezüglich des Zustandes des Knies und der körperlichen Leistungsfähigkeit erzielen. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit nicht zwischen operativ und konservativ versorgten VKB-Rupturen differenziert.

Infolge der Tatsache, dass Niggli (2013) keine direkte Antwort auf ihre Fragestellung finden konnte, lohnt es sich, das Thema mit einem fokussierteren Blickwinkel zu untersuchen.

Den Autorinnen dieser Arbeit ist das Review von Glass, Waddell und Hoogenboom (2010) bekannt, indem bereits eine ähnliche Fragestellung untersucht wird. Obwohl im Review die Kraft bereits diskutiert wird, grenzt sich diese Arbeit durch die explizite Thematisierung der isokinetischen Kraft davon ab.

Für das Lesen dieser Arbeit wird ein physiotherapeutisches Grundwissen vorausgesetzt.

2. Theoretischer Hintergrund

Im folgenden Kapitel werden die theoretischen Grundlagen erläutert, welche zum Verständnis der vorliegenden Arbeit nötig sind.

2.1. Kniegelenk

Ein Gelenk stellt eine funktionelle Einheit dar, welche die Bewegung zweier Gelenkspartner ermöglicht, Kraft überträgt und Stabilität gewährleisten muss (Schünke, 2014). In den nachstehenden Kapiteln werden die Strukturen des Kniegelenks genau erläutert.

2.1.1. Knöchernen Strukturen

Die drei Knochen, Femur, Tibia und Patella, sind durch zwei Gelenke miteinander verbunden. Das *Articulatio femorotibialis* und das *Articulatio femoropatellaris* bilden so die funktionelle Einheit des *Articulatio genus*, dem Kniegelenk (Schünke, 2014). Die Gelenkflächen des *Art. femorotibialis* sind die Femurkondylen und die *ovale Facies articularis superior* des *Tibiaplateaus* (Hochschild, 2012). Zwischen den Gelenkflächen des *Tibiaplateaus* liegt die knorpelfreie *Eminentia intercondylaris*, welche die *Area intercondylaris anterior* und *posterior* voneinander trennt (Schünke, 2014). Im *Art. femoropatellaris* artikuliert das Femur über die *Facies patellaris* mit der *Facies articularis* der Patella (Zilles & Tillmann, 2010). Die Patella ist in die Endsehne des *M. quadriceps femoris* eingelagert, sodass sie ihm als *Hypomochlion* dient und folglich das Drehmoment des Muskels durch den verlängerten Hebelarm deutlich erhöht. Der *Quadrizepsmuskel* kann somit mit gleichem Aufwand mehr Kraft entwickeln (Waschke, Böckers & Paulsen, 2015).

2.1.2. Weichteile

Die Gelenkkapsel umschließt das *Femoropatellar-* und *Femorotibialgelenk* und wird von allen Seiten durch Bänder und Sehnen verstärkt (Schünke, 2014). Sie wird unterteilt in die *Membrana synovialis* und die *Membrana fibrosa*. Während die *Membrana fibrosa* die äussere Hülle darstellt, zieht die *Membrana synovialis* in die Tiefe des Gelenks, wobei die *Kreuzbänder* nicht von ihr umhüllt werden und somit *extrasynovial* zwischen ihr und der *Membrana fibrosa* liegen (Waschke et al., 2015, Hochschild, 2012). Aus der Kapsel gehen verschiedene *Recessi* hervor, welche als *Reserveräume* dienen, damit die Kapsel bei

maximalen Bewegungen nicht zerreisst (Hochschild, 2012). Der Hoffa-Fettkörper ist mit dem vorderen Kreuzband verbunden und liegt ventral zwischen der Membrana fibrosa und der Membrana synovialis (Paulsen & Waschke, 2010). Eine Vielzahl von Schleimbeuteln, sogenannten Bursae synoviales, dienen im Bereich des Kniegelenks als Gleitlager und polstern die Ansatzsehnen der Muskulatur. Dabei stehen einige von ihnen in Verbindung mit der Gelenkkapsel, andere wirken zusätzlich als Dämpfer bei Belastung (Waschke et al., 2015).

2.1.3. Bandapparat

Aufgrund der kleinen miteinander artikulierenden Gelenkflächen fehlt vor allem dem Femorotibialgelenk die knöchernen Führung. Deshalb muss ein starker Bandapparat die Bewegungen sichern und die Stabilität gewährleisten. Das Femorotibialgelenk wird in der Frontalebene durch den seitlichen Bandapparat, dem Lig. collaterale tibiale, welches mit der Gelenkkapsel verbunden ist, und dem Lig. collaterale fibulare geführt und stabilisiert. Diese Kollateralbänder sind in Streck- sowie in Außenrotationsstellung maximal angespannt. In Extension verhindern sie eine Hyperextension und blockieren die Rotation. In Flexions- und in Innenrotationsstellung sind sie entspannt (Zilles et al., 2010, Waschke et al., 2015).

Die Patella wird im Femoropatellargelenk vor allem durch Bänder und Sehnen auf der Vorderseite des Kniegelenks gesichert (Schünke, 2014). Dazu gehört das Lig. patellae, welches die Ansatzsehne des M. quadriceps femoris ist (Hochschild, 2012).

Auf untenstehender Abbildung 1 sind die Kreuzbänder des Kniegelenks ersichtlich. Es wird zwischen einem vorderen Kreuzband, dem Lig. cruciatum anterius, und einem hinteren Kreuzband, dem Lig. cruciatum posterius, unterschieden. Sie stabilisieren das Knie in der Sagittalebene und erlauben Bewegungen, ohne dass der Kontakt der Gelenkflächen aufgehoben wird (Schünke, 2014, Kapandji, 2006). Somit verhindern sie die Subluxation der Tibia nach ventral und dorsal. Sekundär stabilisieren sie das Kniegelenk in der Frontalebene, wenn die Kollateralbänder diese Funktion nicht übernehmen können. Des Weiteren koordinieren sie die Roll-Gleit-Bewegung, welche bei Flexion und Extension im Kniegelenk stattfindet (Hochschild, 2012). Diese wird später genauer erläutert.

Das vordere Kreuzband entspringt am Femur, am dorsalen, inneren Condylus lateralis. Es verläuft nach distal-ventral-medial und wird zur Insertion hin breiter, sodass der Ansatzbereich an der Tibia in der Area intercondylaris anterior breiter ist als der durchschnittliche Querschnitt des Bandes (Hochschild, 2012). Funktionell wird ein anteromediales und ein posterolaterales Bündel unterschieden, wobei das anteromediale in Flexion, das posterolaterale in Extension gespannt wird (Zilles et al., 2010). Diese beiden Bündel verdrehen sich ineinander und sind miteinander verwachsen. Die Verwringung verstärkt sich mit zunehmender Flexion, sodass das vordere Kreuzband eine erhöhte Spannung aufweist und die Beugung limitiert. Auch die Innenrotation wird durch das vordere Kreuzband begrenzt, indem es sich als Ganzes um das hintere Kreuzband schlingt (Hochschild, 2012).

Das kräftigere, fächerförmig entspringende hintere Kreuzband (HKB) verläuft ungefähr rechtwinklig zum vorderen Kreuzband und erstreckt sich von der Innenfläche des Condylus medialis femoris schräg nach distal-lateral-dorsal zur Area intercondylaris posterior der Tibia und der posterioren Tibiakante. Vom hinteren Kreuzband können vier Bandpartien unterschieden werden: ein posterolaterales Bündel, ein anteromediales Bündel, ein anteriores Bündel und das Lig. meniscofemorale posterius (Kapandji, 2006). Es verhindert die Translation der Tibia nach dorsal und wirkt als sekundärer Stabilisator der Rotation der Tibia (Zilles et al., 2010).

Es gibt keine Gelenksstellung, in der nicht mindestens ein Teil der Kreuzbänder angespannt ist. Bei voller Extension ist das VKB mehr vertikal, das HKB mehr horizontal orientiert, wobei die medialen Anteile beider Kreuzbänder gespannt sind. In Flexion stellt sich das HKB vertikal auf, während das VKB eher horizontal verläuft. Hierbei kommen beinahe das gesamte HKB und der laterale Teil des VKBs unter Zug. Der Schnittpunkt der Kreuzbänder verändert sich somit mit der Gelenksstellung und entspricht der jeweiligen momentanen Bewegungsachse für Flexion-Extension (Hochschild, 2012, Schünke, 2014).

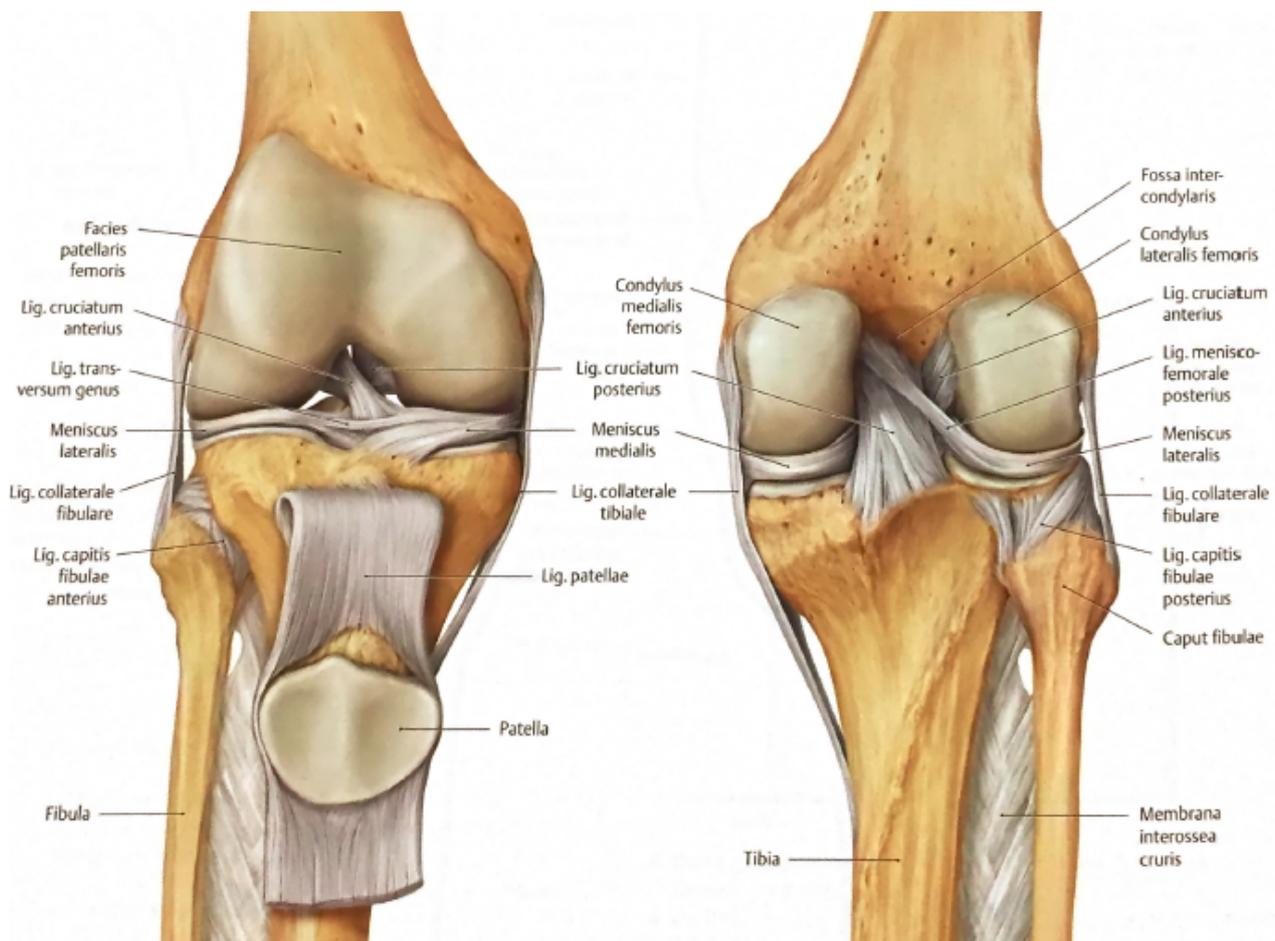


Abbildung 1: Anatomie Kreuzbänder (Schünke, Schulte & Schumacher, 2011, S. 444)

2.1.4. Menisken

Zwischen Femur und Tibia befindet sich medial der Meniscus medialis und lateral der Meniscus lateralis. Sie sind c- bis ringförmig und im Querschnitt bilden sie einen Keil. Der mediale Meniskus ist grösser und mit dem Lig. collaterale tibiale verbunden. Der laterale Meniskus ist nicht mit einem Kollateralband verbunden und am Hinterhorn nur indirekt über den M. popliteus an der Tibia fixiert, weshalb er mehr Bewegungsfreiheit hat als der mediale Meniskus (Paulsen et al., 2010). Die Menisken gleichen die Inkongruenz zwischen Femurkondylen und Tibiaplateau aus und erhöhen somit die Stabilität des Gelenks. Ausserdem können sie Druckkräfte in zirkuläre Zugspannung umwandeln und somit Stösse absorbieren. Die Meniskusvorder- und hinterhörner limitieren Flexion und Extension und bremsen Rotationsbewegungen, wobei sich die Menisken mit den Femurkondylen über das Tibiaplateau bewegen (Hochschild, 2012, Waschke et al., 2015).

2.1.5. Muskulatur

In Anbetracht der Tatsache, dass in der vorliegenden Arbeit der Kraftaufbau eines Muskels das Hauptthema darstellt, wird dem spezifischen Abschnitt über die Muskulatur des Knies eine Übersicht zum Aufbau eines Skelettmuskels vorangestellt (siehe Abbildung 2).

Ein Muskel setzt sich aus vielen Muskelzellen, sogenannten Muskelfasern zusammen. Umhüllt werden sie von einer feinen Bindegewebsschicht, dem Perimysium internum. Mehrere Muskelfasern werden zu Muskelfaserbündeln zusammengefasst und von einem stärkeren Bindegewebsseptum, dem Perimysium externum, umhüllt. Ein Muskel besteht aus mehreren Muskelfaserbündeln und wird vom Epimysium und der aussen aufliegenden Muskelfaszie in seiner Form gehalten (Huch & Jürgens, 2015).

Die kontraktile Elemente eines Skelettmuskels befinden sich in der Muskelfaser und werden als Sarkomere bezeichnet. Die Kontraktion entsteht somit durch die Summe der Verkürzungen aller hintereinander gelegenen Sarkomere einer Muskelfaser. Ein einzelnes Sarkomer setzt sich aus Aktin- und Myosinfilamenten zusammen, welche bei einer Kontraktion so interagieren, dass sich das Sarkomer verkürzt. Je mehr Sarkomere gleichzeitig kontrahieren und je schneller diese Verkürzung abläuft, desto grösser ist die Kraft, welche vom Muskel generiert werden kann (Schünke, 2014).

Die Muskulatur, welche das Kniegelenk bewegt, liegt vorwiegend ventral oder dorsal am Oberschenkel (siehe Abbildung 3). Der einzige Extensor des Kniegelenks ist der M. quadriceps femoris mit seinen vier Anteilen: dem M. rectus femoris und den Mm. vasti medialis, lateralis und intermedius. Flexoren des Kniegelenks sind folgende Muskeln: die ischiokrurale Muskulatur, bestehend aus M. semimembranosus, M. semitendinosus und M. biceps femoris, der M. gracilis, der M. sartorius und der M. gastrocnemius. Der M.

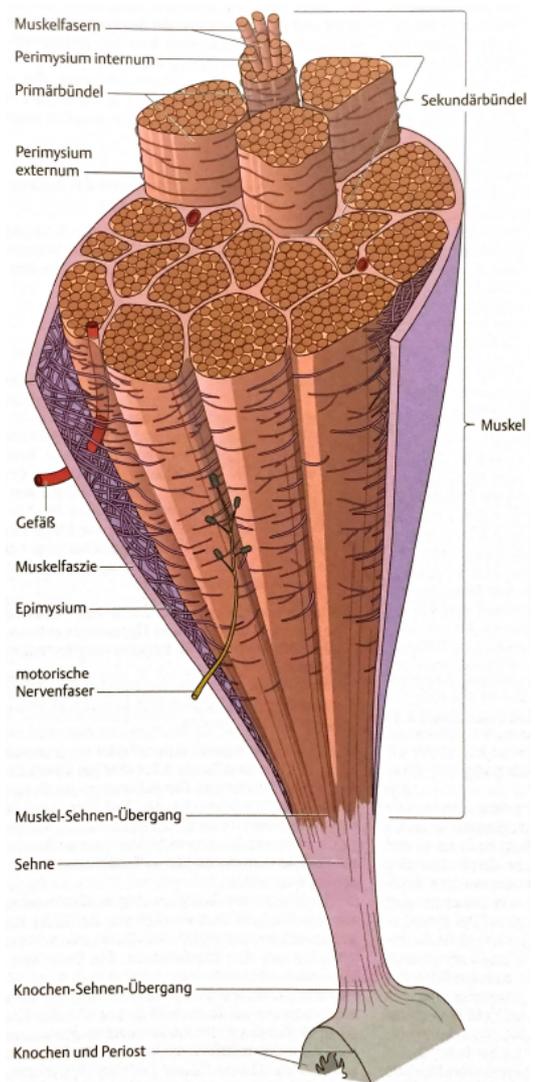


Abbildung 2: Aufbau eines Muskels (van den Berg, 2011, S. 208)

biceps femoris bewirkt ausserdem eine Aussenrotation der Tibia, zusammen mit dem M. tensor fasciae latae. Die Muskeln M. popliteus M. semitendinosus, M. sartorius und M. gracilis rotieren die Tibia nach innen (Waschke et al., 2015, Schünke et al., 2011).

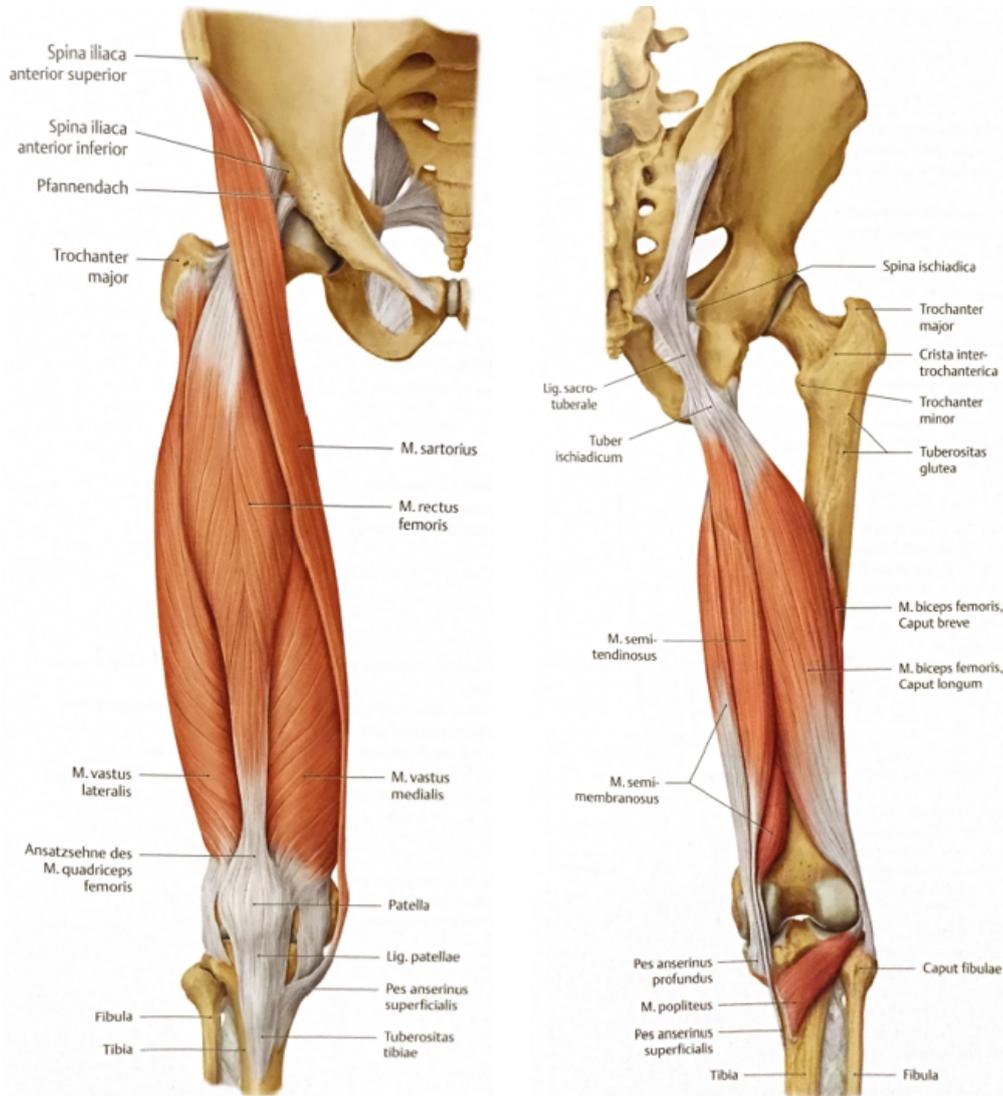


Abbildung 3: Muskeln ventral und dorsal des Kniegelenks (Schünke et al., 2011, S. 483 & S. 485)

2.1.6. Biomechanik des Kniegelenks

Das Kniegelenk ist ein Bikondylargelenk und verhält sich funktionell wie ein Drehscharniergelenk. Es besitzt also zwei Freiheitsgrade (Paulsen et al., 2010). Um die fronto-transversal Achse kann eine Bewegung in Flexion und Extension stattfinden, um die fronto-sagittal Achse eine Aussen- und Innenrotation. Das Bewegungsausmass beträgt für Flexion/Extension 140/0/5 und für Aussen-/Innenrotation 30/0/10. Die Flexion ist eine kombinierte Bewegung aus Rollen und Gleiten. Die Femurkondylen rollen auf der Tibia, wodurch das Femur sich gegenüber der Tibia nach dorsal verschiebt. Bei zunehmender

Flexion translatieren die Femurkondylen über die Tibia, da die Kreuzbänder eine weitere Rollbewegung nach dorsal unterbinden (Waschke et al., 2015, Zilles et al., 2010). So wird eine posteriore Luxation verhindert und ein grosses Bewegungsausmass ermöglicht. In Richtung Extension findet die Roll-Gleit-Bewegung in die Gegenrichtung statt (Kapandji, 2006). Die Rotation ist, wie bereits beschrieben, aufgrund der Kollateralbänder nur in Flexionsstellung möglich. Das Bewegungsausmass der Aussenrotation ist grösser, da sich die Kreuzbänder bei der Innenrotation verstärkt umeinander drehen und die Bewegung schneller blockieren (Waschke et al., 2015, Zilles et al., 2010). Bei vollständiger Extension kommt es zur sogenannten Schlussrotation, wobei Teile des vorderen Kreuzbandes angespannt werden und die Tibia fünf bis zehn Grad aussenrotiert (Paulsen et al., 2010).

2.2. Vordere Kreuzbandruptur

Im folgenden Kapitel wird das klinische Basiswissen zur Ruptur des vorderen Kreuzbandes erläutert. Es soll verdeutlicht werden, wie häufig eine VKB-Ruptur auftritt, was sie für Symptome hervorruft und wie sie therapiert wird.

2.2.1. Ätiologie

Bei der vorderen Kreuzbandruptur handelt es sich um die häufigste ligamentäre Verletzung des Kniegelenks (Noyes & Barber-Westin, 2012). Laut Luomajoki (2013) erleiden in der Schweiz 10'000 bis 12'000 Personen pro Jahr eine solche Verletzung, wobei sich gemäss Petersen, Rosenbaum und Raschke (2005) 70% der Kreuzbandrupturen im Lebensalter zwischen 15 – 45 Jahren beim Sport ereignen. Es handelt sich in zwei Drittel der Fälle um Traumata, welche ohne den Kontakt mit einer Fremdperson erfolgen (Noyes et al., 2012).

Die Inzidenz einer VKB-Ruptur ist bei Frauen grösser als bei Männern. Petersen et al. (2005) berichten, dass bei Frauen im Ballsport das vordere Kreuzband 2,4- bis 9,5-mal häufiger rupturiert als bei Männern. Als Grund dafür beschreiben sie geschlechterspezifische neuromuskuläre, propriozeptive und kinematische Unterschiede. Ausserdem konnten Rozzi, Lepart, Gear und Fu (1999) zeigen, dass Sportlerinnen eine grössere Gelenkslaxität sowie eine schlechtere Propriozeption besitzen als Sportler. Des Weiteren konnten Hewett, Stroupe, Nance und Noyes (1996) Unterschiede im Aktivierungsmuster der gelenksschützenden Muskulatur feststellen. Sie beschreiben, dass die ischiokrurale Muskulatur, welche das VKB als Synergist unterstützt, während der Landung nach einem Sprung bei Männern signifikant schneller aktiviert wird als bei Frauen.

2.2.2. Ursache

Das vordere Kreuzband rupturiert häufig während einer sportlichen Aktivität, insbesondere beim Skifahren oder Fussball spielen (Engelhardt, Krüger-Franke, Pieper & Siebert, 2005). Wie bereits erwähnt, ereignet sich die Mehrheit der Rupturen ohne Kontakt zu einer anderen Person, also in sogenannten Nicht-Kontakt-Situationen, wie beispielsweise bei plötzlichen Drehbewegungen, abrupten Stopps oder bei der Landung nach einem Sprung (Noyes et al., 2012).

Aufgrund der bereits beschriebenen anatomischen Gegebenheiten wird das VKB in einer leichten Flexionsstellung kombiniert mit einer Valgus- und Aussenrotationsstellung maximal unter Zug gebracht und rupturiert deshalb häufig in dieser Position. Zudem beschreiben Petersen et al. (2005) die Tatsache, dass in dieser Position die muskulären Agonisten des VKBs, die ischiokruralen Muskeln, einen ungünstigen Hebelarm haben, um das Tibiaplateau nach anterior zu sichern, was den Stress auf das VKB zusätzlich verstärkt. Weitere Verletzungsmechanismen des vorderen Kreuzbandes können eine isolierte Hyperextension oder – flexion sein, ein forciertes Rotationstrauma, eine Verletzung in Richtung Varus oder Valgus, sowie die isolierte Anspannung des Quadrizepsmuskels während der Landung nach einem Sprung (Engelhardt et al., 2005). Der M. quadriceps femoris spielt bei VKB-Verletzungen eine tragende Rolle. Grood, Suntay, Noyes und Bulter (1984) konnten beweisen, dass in jeder Gelenksstellung das Anspannen der Ansatzsehne des M. quadriceps femoris auch eine Spannung in den Fasern des vorderen Kreuzbandes zur Folge hat. Am grössten ist diese Spannung des VKBs in extendierten Positionen des Knies. So können laut Kirkendahl und Garrett (2000, zit. nach Petersen et al., 2005, S. 153) bei einer exzentrischen Quadrizepskraft von 6000N Kräfte von bis zu 2000N auf das vordere Kreuzband wirken, welche genügen, damit das Band reisst.

2.2.3. Klinik

Bei einer akuten Verletzung des vorderen Kreuzbandes stehen primär eine starke Schwellung rund ums Knie sowie Schmerzen im Vordergrund. Da es sich beim VKB um eine durchblutete Struktur handelt, hat eine Ruptur oft einen Hämarthros zur Folge (Wülker, 2005). Durch den Ausfall der stabilisierenden Funktion des VKBs im Kniegelenk entsteht ein Gefühl der Instabilität (Hudson & Small, 2013). In der klinischen Befunderhebung zeigt sich meist ein positiver Lachmann-Test, welcher die pathologische Translation der Tibia nach anterior prüft (Engelhardt et al., 2005). Der Schubladentest, welcher ebenfalls die anteriore Tibiatrianlation untersucht, ist akut oft negativ, da die Translation durch eine starke Schutzspannung der Muskulatur limitiert wird (Wülker, 2005). Als dritter häufig durchgeführter klinischer Test kontrolliert der Pivot-Shift-Test die anteriore Subluxation der Tibia und ist vor allem bei chronischen Instabilitäten nach einer VKB-Ruptur positiv (Engelhardt et al., 2005). Ebenfalls charakteristisch für chronische

Instabilitäten nach VKB-Ruptur ist das sogenannte Giving-Way-Phänomen, welches ein kraftloses Wegknicken des Knies beschreibt (Wegner, 2003).

Auf den Röntgenaufnahmen zeigen sich meist keine Auffälligkeiten, es sei denn, es handelt sich um einen knöchernen Ausriss des Ansatzpunktes des VKBs (Wülker, 2005). In der Magnetresonanztomographie (MRT) kann eine VKB-Läsion bestätigt werden und allfällige Begleitverletzungen können ausgeschlossen werden (Bant, Haas, Ophey & Steverding, 2011).

2.2.4. Therapie

Vordere Kreuzbandrupturen können konservativ oder operativ therapiert werden.

Die konservative Therapie besteht hauptsächlich aus Koordinationstraining, der Schulung und Verbesserung von Bewegungsabläufen und einem Muskelaufbautraining zur Kompensation von Instabilitäten (Krischak, 2005). Engelhardt et al. (2005) betonen dabei die Wichtigkeit eines intensiven Aufbautrainings des M. quadriceps femoris sowie der ischiokruralen Muskulatur. Palmieri-Smith et al. (2008) unterstützen die hohe Relevanz eines effizienten Kraftaufbautrainings des Quadrizepsmuskels, da dieser speziell bei VKB-Rupturen oft atrophiert.

Bei der operativen Versorgung können verschiedene Verfahren eingesetzt werden.

Ansatznahe Risse können mittels Bandnaht repariert werden, knöcherne Ausrisse werden mit einer Schraube refixiert. Intraligamentäre Läsionen, welche die Mehrzahl der Fälle ausmachen, werden durch eine Kreuzbandersatzplastik rekonstruiert, da die Naht des Bandes aufgrund der Durchblutungssituation zu unbefriedigenden Ergebnissen führt (Krischak, 2005).

Am häufigsten werden die Rekonstruktionen mittels autogenen Transplantaten des mittleren Patellarsehnedrittels mit je einem Knochenblock an den Enden (Bone-Tendon-Bone) oder mittels Sehnen des M. semitendinosus und M. gracilis aus dem Pes anserinus, welche zu einem mehrsträngigen Transplantat zusammengefasst werden, durchgeführt (Engelhardt et al., 2005). Für das Einsetzen der gewählten Ersatzplastik werden durch Femurkondylen und Tibiakopf Kanäle entlang der anatomischen Ausrichtung des vorderen Kreuzbandes gebohrt, so dass das Transplantat durch diese Kanäle gezogen und an den knöchernen Strukturen mit Schrauben verankert werden kann (Wülker, 2005). Auf die operative Versorgung folgt eine physiotherapeutische Nachbehandlung, welche sich an

den Phasen der Wundheilung orientiert und nach den Vorgaben des jeweiligen Operateurs richtet (Krischak, 2005).

Die Ansichten bezüglich der Entscheidung, ob eine VKB-Ruptur operativ oder konservativ behandelt werden soll, haben sich in den letzten Jahren verändert. Die Operation wurde noch vor wenigen Jahren nahezu bei jeder Kreuzbandruptur als indiziert angesehen. Heutzutage ist trotz verbesserter Operationstechnik eine akute operative Versorgung einer isolierten VKB-Ruptur praktisch nie medizinisch notwendig (Wegner, 2003). Wegner (2003) sieht die konservative Therapie als erste Wahl in jedem Fall gerechtfertigt und beschreibt nur das persistierende Gefühl eines Giving-Way nach Abschluss der konservativen Therapie als eine Indikation für eine Operation.

Auch gemäss Krischak (2005) gilt die Operation nicht mehr als Gold-Standard für die Versorgung von VKB-Rupturen, da durch konservative Behandlungsmassnahmen sehr überzeugende Resultate erzielt werden können. Er empfiehlt für ältere, nicht mehr sportlich aktive Patienten und Patientinnen die konservative Therapie und für junge, aktive Personen mit erheblicher Instabilität die operative Versorgung. Frobell et al. (2010, zit. nach Luomajoki, 2013, S. 4) schreiben ergänzend, dass bezüglich Schmerzen, Schwellung, instabilem Gefühl, Steifigkeit sowie körperlicher Leistungsfähigkeiten wie Treppensteigen, Hausarbeit, Freizeit- oder Hochleistungssport keine signifikanten Unterschiede zwischen operativ und konservativ versorgten VKB-Rupturen bestehen. Somit sind Kurz- sowie Langzeitresultate der beiden Behandlungsmethoden dieselben, wobei eine operative Therapie weitaus kostenaufwändiger ausfällt als die Konservative.

2.3. Muskelkraft

Die Kraft stellt neben Koordination und Ausdauer eine der drei Hauptbeanspruchungsformen des sensomotorischen Systems dar. Diese drei Faktoren sind die Voraussetzung dafür, dass das sensomotorische System seine Leistungen erbringen kann (Hüter-Becker et al., 2005). Das sensomotorische System ist die aktive Komponente des Stütz- und Bewegungssystems, wobei es für zwei Hauptaufgaben verantwortlich ist: für die Zielsensomotorik, welche zielgerichtete Bewegungen erlaubt, und für die Stützsensomotorik, welche Haltung, Stellung und Gleichgewicht gewährleistet (Laube, 2009). Besteht eine Funktionsstörung in einer der drei Hauptbeanspruchungsformen, hat dies gemäss Hüter-Becker et al. (2005) negative Auswirkungen auf das ganze sensomotorische System. Ist die Kraftfähigkeit vermindert, werden passive Bindegewebsstrukturen stärker belastet und erleiden Mikrotraumata, da sie grössere Kraftanteile kompensieren müssen (Laube, 2009).

2.3.1. Definition von Muskelkraft

Die Muskelkraft wird gemäss Kisner und Colby (2010, S. 161) definiert als „die grösste messbare Kraft, die ein Muskel oder eine Muskelgruppe in einer einzigen maximalen Anstrengung ausüben kann, um einen Widerstand zu überwinden.“

Die Kraft wird grundsätzlich in drei verschiedene Arten unterteilt: die Maximalkraft, die Schnellkraft und die Kraftausdauer. Dabei bildet die Maximalkraft für alle Kraftfähigkeiten die Basis (Radlinger, Bachmann, Homburg, Leuenberger & Thaddey, 1998). Sie wird laut Radlinger et al. (1998, S. 23) definiert als „die Fähigkeit des Nerv-Muskel-Systems willkürlich die grösstmögliche Kraft gegen einen Widerstand auszuüben.“ Felder (1999) unterscheidet eine statische und eine dynamische Maximalkraft, wobei die isokinetische Kraft eine Form der Dynamischen ist.

Eine weitere Kraftfähigkeit, die Schnellkraft, ist laut Laube (2009, S. 223) „die Fähigkeit, in gegebener sehr kurzer Zeit einen hohen Kraftimpuls zu produzieren.“

Die Kraftausdauer als letzte Kraftfähigkeit wird von Froböse und Wilke (2015, S. 38) beschrieben als „die Fähigkeit, bei einer bestimmten Wiederholungszahl von Muskelkontraktionen innerhalb eines definierten Zeitraums die Verringerung der Kraftentwicklung möglichst gering zu halten.“

2.3.2. Kraftaufbau

Verschiedene Faktoren beeinflussen die maximale Anspannungsfähigkeit, also die Kraft eines Muskels. Hierzu gehören der Gesamtquerschnitt der aktivierten Muskelzellen, die Anzahl der aktivierten motorischen Einheiten, die Reizfrequenz mit welcher der Muskel erregt wird und die inter- und intramuskuläre Koordination. Diese Faktoren können durch drei verschiedene Krafttrainingsarten optimiert werden, welche sich in ihrer Dosierung unterscheiden (Hüter-Becker et al., 2005). Die Trainingsarten sind mit entsprechender Dosierung gemäss Bant et al. (2011) in untenstehender Tabelle 1 ersichtlich.

Kraftausdauer-Training

Kraftausdauer setzt sich aus der Maximal- und Schnellkraft, sowie der Ermüdungsresistenz zusammen. Ziel dieses Trainings ist es, die Ermüdungsresistenzkomponente zu verbessern. (Bant et al., 2011). Die Kraftausdaueradaption gelingt durch relativ geringe Intensität und langer Stimulation der Muskulatur durch hohe Wiederholungsanzahlen (Hüter-Becker et al., 2005).

Hypertrophie-Training

Muskelhypertrophie wird erreicht durch lokale Ermüdung und Erschöpfung der kontraktilen Funktion. Durch hohe Intensität und kurze Belastungsdauer werden die energiereichen Phosphate des Muskels möglichst komplett ausgeschöpft und lösen eine verstärkte Proteinsynthese aus, welche zu Muskelhypertrophie führt (Hüter-Becker et al., 2005). Dabei kommt es zur Zunahme der Muskelquerschnittsfläche, indem sich die vorhandenen Muskelfasern verdicken. Kontrovers diskutiert wird, ob Krafttraining auch zu einer Hyperplasie, also der Zunahme der Anzahl der Muskelfasern führt. Diese ist gemäss dem heutigen Wissensstand genetisch determiniert, wobei man aber vermutet, dass durch hochintensives, leistungssportliches Training Hyperplasie stattfinden kann (Kieser, 2006).

Intramuskuläres Koordinationstraining

Diese Trainingsart stellt vor allem Anforderungen an das neuromuskuläre System und der Kraftzuwachs erfolgt nicht in Form von Muskelhypertrophie, sondern äussert sich in besserer neuromuskulärer Aktivierungsfähigkeit. Sehr hohe Intensitäten werden kombiniert mit sehr geringer Wiederholungsanzahl, wodurch sich die intramuskuläre Koordination, also die Koordination im Muskel selbst, verbessert (Bant et al., 2011).

Tabelle 1: Übersicht Dosierung Krafttrainingsarten (Bant et al., 2011, S. 199)

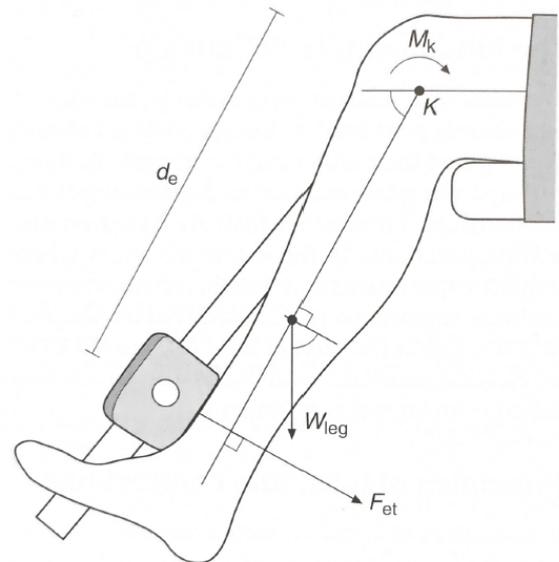
	Kraftausdauer	Hypertrophie	Intramuskuläre Koordination
Intensität in % der Maximalkraft	60	70-75	90-100
Wiederholungen	20	8-12	1-3
Serien	4	5	3
Ausführungstempo	langsam	langsam bis zügig	explosiv
Pausenzeit	0.5-1min	2-3min	≥5min

2.3.3. Messung der isokinetischen Muskelkraft

Für die Messung der Kraft eines Muskels wird zwischen der statischen und dynamischen Kraft unterschieden (Hollmann & Strüder, 2009). Man verwendet für die Messung der statischen Kraft isometrische Messmethoden und für die dynamische Kraft dynamische Messungen. Eine Form der dynamischen Kraftmessung stellt die Messung der isokinetischen Kraft dar, wobei die Kraftentwicklung eines Muskels während konstanter Geschwindigkeit gemessen wird (Muskelfunktionsdiagnostik, n.d.). Die Messung kann mittels folgender Geräte durchgeführt werden: Biodex, Kin-Com, Cybex, Orthotron, Lido, Akron, Merac oder Kin-Trex (Felder, 1999). Isokinetische Muskelkraft wird durch den Rotationseffekt einer Kraft auf einen Hebelarm, also einem Drehmoment, ausgedrückt. Wird an einem Gelenk eine Rotationsachse und somit ein Drehpunkt definiert, führt jede Kraft, die nicht genau axial drauf wirkt, zu einem Drehmoment, was eine Rotationsbewegung auslöst (Dvir, 2004). Das Drehmoment ist der am häufigsten gemessene Parameter einer isokinetischen Messung, da aus diesem Wert diverse andere Größen berechnet werden können, wie zum Beispiel die Leistung, Arbeit, Ermüdung oder das Beuger/Strecker-Verhältnis der Muskulatur (Felder, 1999).

In Abbildung 4 wird ein Modell zur Veranschaulichung der Entstehung eines Drehmoments des M. quadriceps femoris dargestellt. Das Drehmoment M_K wird berechnet aus der Kraft F_{et} multipliziert mit der Länge des Hebelarms d_e (Dvir, 2004).

Anschliessend wird der Ablauf der isokinetischen Kraftmessung des M. quadriceps femoris erklärt. Nach erfolgter Vorbereitung und Instruktion des Patienten oder der Patientin sitzt er oder sie leicht zurückgelehnt auf dem Messinstrument, wie in Abbildung 5 ersichtlich. Die Oberschenkel werden durch die Sitzfläche optimal unterstützt. Rumpf und Oberschenkel werden mit Gurten fixiert, sodass der zu testende Muskel nicht von weiteren Muskelgruppen unterstützt werden kann und Ausgleichs- und Ausweichbewegungen minimiert werden. Das Widerstandskissen des Hebelarms wird knapp über den Malleolen platziert (Felder, 1999). Der Hebelarm bewegt sich mit einer bestimmten Winkelgeschwindigkeit, der Geschwindigkeit einer Drehbewegung, in eine Richtung. Der Patient oder die Patientin wird aufgefordert, mit maximaler Kraft in dieselbe Richtung zu arbeiten, also den Hebelarm noch schneller wegzustossen. Die daraus resultierende Kraftkurve zeigt, wie viel Kraft in welcher Gelenksstellung entwickelt werden konnte (Isometrische und Isokinetische Kraftmessung, n.d.). Es wird je nach Trainingsziel mit verschiedenen Winkelgeschwindigkeiten im Bereich zwischen 60-300°/s gemessen (Dvir, 2004). Wichtig für die Interpretation der Daten und der Erstellung einer qualitativ hochwertigen Diagnose der Krafftähigkeit ist, dass die Gelenk- und die Geräteachse exakt zusammenfallen und die Standardisierung und Dokumentation der Testbedingungen



In an isometric or isokinetic gravity-free situation the moment M_k , generated by the muscle (the quadriceps femoris in this case) would be equal to the distance between the force resistance pad and the instantaneous center of rotation of the knee, d_e , times the force recorded by the sensor, F_{et} . W_{leg} , weight of leg (shank + foot). (Adapted from Nisell et al 1989, with permission.)

Abbildung 4: Drehmoment M. quadriceps femoris (Dvir, 2004, S. 4)

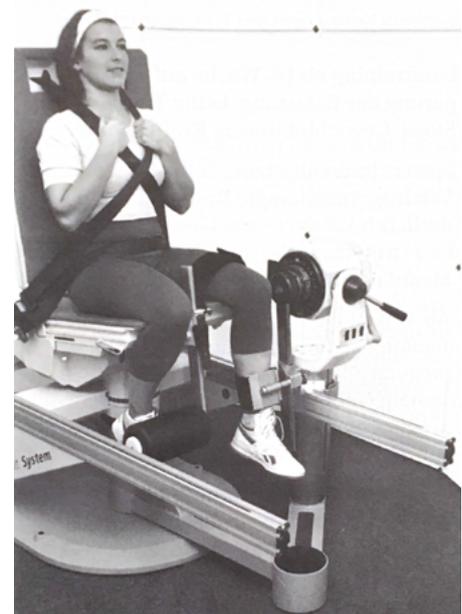


Abbildung 5: Isokinetische Kraftmessung M. quadriceps femoris (Felder, 1999, S. 95)

gewährleistet sind (Laube, 2009). Verfälschend auf die Ergebnisse wirken sich der Weichteilmantel um die getestete Muskulatur, die Compliance des Patienten oder der Patientin und jegliche Schmerzzustände aus (Felder, 1999, Laube, 2009).

Im Freizeitsport und Fitnessbereich ist das anzustrebende Ziel des Trainings die Seitengleichheit, wobei Differenzen von bis zu 10% als Messfehler gewertet werden. Bei Leistungssportlern sind funktionelle Asymmetrien je nach Sportart unterschiedlich ausgebildet (Felder, 1999).

2.4. Offene und geschlossene kinetische Kette

Das Konzept der offenen und geschlossenen kinetischen Kette beschreibt eine Methode zur Klassifikation von Bewegungen und Übungen, welche häufig für das Krafttraining genutzt wird (Kisner et al., 2010). Gemäss Bizzini (2000) führte der Orthopäde Arthur Steindler 1935 als erster Autor diese Begriffe ein. Er übertrug das ursprünglich für den Maschinenbau entwickelte Konzept auf die menschliche Kinesiologie, wobei die Knochen die beweglichen Glieder und die Gelenke die Scharniere darstellen. Mit der Zeit entwickelten verschiedene Autoren unterschiedliche Definitionen der offenen und geschlossenen Kette. Kisner et al. (2010) erstellten diesbezüglich eine Übersicht und fassten in einer Definition die in der Literatur am meisten vorkommenden Aspekte zusammen. Sie definieren eine Bewegung in der geschlossenen kinetischen Kette so, dass der Körper über das distale Segment bewegt wird, welches auf einer Unterstützungsfläche fixiert oder stabilisiert ist und sich dadurch auch andere Gelenke mitbewegen. Ein Beispiel dafür ist der Squat. Bei der offenen kinetischen Kette kann sich das distale Segment frei im Raum bewegen, ohne dass Bewegungen in benachbarten Gelenken hervorgerufen werden. Die Bewegung findet nur distal des Gelenks statt und es werden nur die Muskeln aktiviert, die das Gelenk überspannen. Die aktive Knieextension aus dem Sitz entspricht einer solchen Bewegung.

Froböse et al. (1998) bezeichnen Bewegungen der OKC als „künstlich“, da lediglich die Agonisten der betreffenden Bewegung angespannt und trainiert werden, wohingegen bei der CKC die Antagonisten mitaktiviert werden und die Bewegung durch die Kokontraktion somit funktioneller ist. Durch diese muskuläre Kokontraktion kann ein Gelenk besser dynamisch stabilisiert werden, was die passiven Strukturen entlastet. Auch die Annäherung der Gelenkspartner, welche in der CKC durch die axialen Druckkräfte entsteht, trägt zu mehr Sicherheit und somit zur Entlastung von stabilisierenden Strukturen bei. Des Weiteren generieren CKC Übungen ein besseres propriozeptives Feedback, da durch die Aktivierung von mehreren Muskelgruppen mehr sensorische Rezeptoren gereizt werden, wodurch das Gelenk besser stabilisiert werden kann (Kisner et al., 2010). Hüter-Becker et al. (2005) erläutern aufgrund der Unterschiede zwischen OKC und CKC in der Muskelrekrutierung folgende Konsequenzen. Da bei der OKC nur die Agonisten aktiviert werden, ist die Kraftentfaltung, welche die entsprechende Muskulatur generieren kann, gering. Zudem wirken durch die einseitige Muskelaktivierung starke

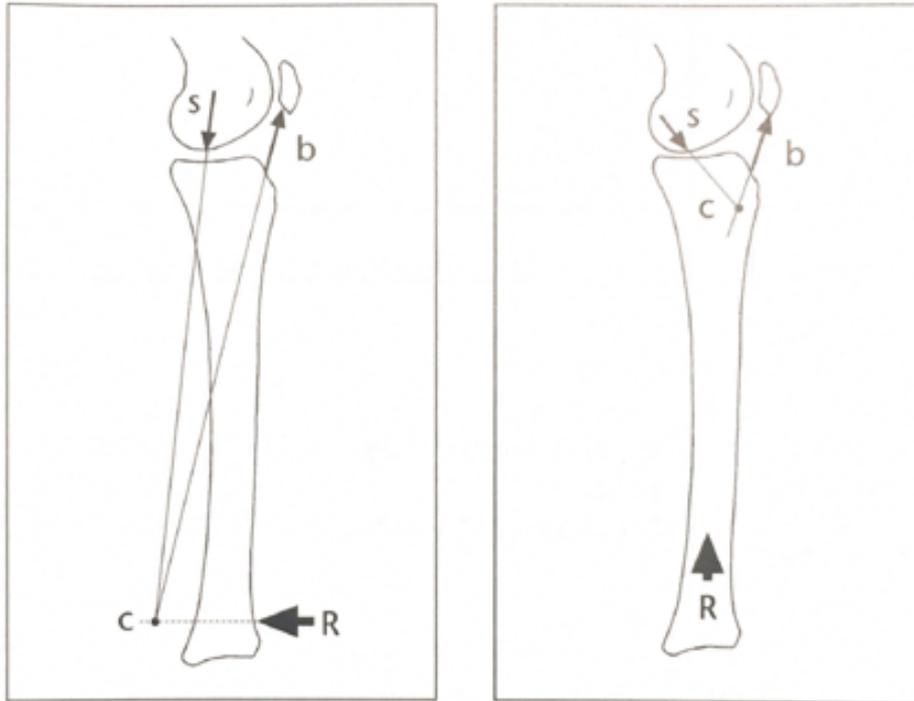
Biegebeanspruchungen auf den jeweiligen Knochen. Durch die Kokontraktion der Muskulatur in der CKC entsteht weniger Biegebeanspruchung auf die knöchernen Strukturen, dafür wird eine höhere Kraftentfaltung ermöglicht. Obwohl die Kraftentfaltung in der OKC geringer ist, wird laut Kisner et al. (2010) die Muskelleistung mit Training in der offenen Kette effektiver verbessert. Grund dafür ist die Tatsache, dass in der CKC mehr Ausweichbewegungen stattfinden können, so dass andere Muskelgruppen die Leistung des insuffizienten Muskels kompensieren.

Es ist festzuhalten, dass die OKC geeignet ist für die isolierte Kräftigung von atrophierten Muskeln, jedoch Scherkräfte auf passive Strukturen bewirkt. Die CKC wird angewendet, wenn Muskelgruppen funktionell trainiert werden sollen, also mehrere Gelenke und Muskelgruppen effizient zusammenarbeiten müssen. Dabei entstehen jedoch Kompressionskräfte auf Disci, Menisci und Gelenkknorpel (Froböse et al., 2015).

Escamilla et al. (1998) untersuchten die biomechanischen Auswirkungen der OKC und der CKC spezifisch auf das Kniegelenk. Sie ermittelten die grösste Quadricepsaktivität in der CKC bei fast voller Flexion und in der OKC bei fast voller Extension. Zudem stellten sie fest, dass in der CKC mehr Aktivität der Mm. vasti medialis und lateralis generiert wird und in der OKC die Aktivität des M. rectus femoris dominiert. Des Weiteren zeigten ihre Messungen Scherkräfte von 600N im Knie in der CKC, während sie in der OKC lediglich 400N betragen. Trotz der Tatsache, dass in OKC wesentlich geringere Scherkräfte wirken als in der CKC, konnte nur in der OKC nahe der vollen Extension Stress auf das VKB registriert werden. Dies wird dadurch erklärt, dass in der CKC eine grössere tibiofemorale Kompressionskraft wirkt, welche die tibiale Translation verhindert und somit die Kreuzbänder entlastet. In der OKC überwiegen die Scherkräfte gegenüber der Kompressionskraft. Als Folge kommt das VKB unter Zug.

Auch Buchbauer und Steiniger (2004) erklären ein Modell, welches den vermehrten Stress auf das VKB in OKC gegenüber der CKC erläutert (Abbildung 6). Es veranschaulicht, dass bei der OKC (linkes Bild) die resultierende Kraft s durch den nach dorsal gerichteten Widerstand R am peripheren Ende des distalen Hebels das Tibiaplateau nach ventral drückt. Durch den so entstehenden Ventralschub wirken sehr hohe Kräfte auf das vordere Kreuzband. In der CKC (rechtes Bild) verändert sich die Krafrichtung s durch den axialen Widerstand R so, dass das vordere Kreuzband weniger belastet wird.

Diesen Aussagen stehen die in vivo Messungen von Beynnon und Fleming (1998, zit. nach Palmieri-Smith et al., 2008, S. 13) gegenüber, welche belegen, dass bei OKC Übungen nicht signifikant mehr Stress auf das VKB wirkt als bei CKC Übungen. Die unterschiedlichen Auffassungen veranschaulichen den fehlenden Konsens in der Literatur bezüglich der Belastung des vorderen Kreuzbandes während Übungen in der offenen und geschlossenen kinetischen Kette.



R = Widerstand
 B = Wirkungsrichtung der Kreuzbänder
 S = resultierende Kraft
 C = Schnittpunkt der Kraftrichtungen
 (vgl. Jurist/Ottis 1985, Copeland 1987)

Abbildung 6: Kräfte in OKC und CKC (Buchbauer et al., 2004, S. 273)

3. Methodik

Zur Beantwortung der Fragestellung wurden Hauptstudien sowie Hintergrundliteratur aus diversen Quellen zusammengetragen. Ergänzend führte ein Gespräch mit einem Sportphysiotherapeuten der Universitätsklinik Balgrist zu weiteren Informationen. Die systematische Literaturrecherche für die vorliegende Arbeit wurde einerseits in der Hochschulbibliothek der ZHAW, andererseits in den Datenbanken Medline, Cinahl, PEDro, Pubmed und googlescholar durchgeführt. Diese Datenbanken wurden ausgewählt, da sie sowohl allgemein medizinische als auch physiotherapiespezifische Bereiche abdecken. Mit den Keywords, welche in Tabelle 2 ersichtlich sind, wurde in oben genannten Datenbanken mit den Booleschen Operatoren „AND“ und/oder „OR“ recherchiert. Zusätzlich zur Datenbankrecherche wurde in den Literaturverzeichnissen bereits gefundener, aktueller Studien nach weiterer relevanter Literatur gesucht.

Tabelle 2: Keywords der Literaturrecherche

	Suchbegriff Deutsch	Suchbegriff Englisch
Phänomen	Vorderes Kreuzband (VKB), VKB-Ruptur, VKB-Läsion, VKB-Verletzung, VKB-Rekonstruktion	anterior cruciate ligament (ACL), ACL lesion, ACL rupture, ACL injury, ACL reconstruction
Intervention	Offene kinetische Kette, Geschlossene kinetische Kette, Kinetische Kette, Kinematische Kette, Krafttraining	open kinetic chain (OKC), closed kinetic chain (CKC), kinetic chain, kinematic chain, strength training
Population	Jugendliche, Erwachsene	adults, grown-up, adolescent person
Outcome	Kraft M. quadriceps femoris	muscle strength, muscle force, quadriceps femoris, quadriceps strength
Setting	Rehabilitation, Ambulante Therapie	rehabilitaiton, outpatient

Für diese Arbeit wurden Studien berücksichtigt, welche sowohl operativ als auch konservativ behandelte VKB-Rupturen von jugendlichen und erwachsenen Personen (15 – 60jährig) untersuchen. Des Weiteren wurden nur Studien integriert, welche die isokinetische Kraft des M. quadriceps femoris als eines der zentralen Outcomes definiert haben und nicht vor dem Jahr 2000 publiziert wurden. Ausgeschlossen wurden jene Studien, die das Krafttraining nicht anhand des Prinzips der OKC und CKC untersuchen. Als Setting wurden die ambulante Physiotherapie sowie die Rehabilitation gewählt. Die akutstationäre Phase wurde nicht berücksichtigt, da in dieser Phase ein Kraftaufbau aus wundheilungsspezifischen Gründen nicht indiziert ist.

Anhand der oben genannten Keywords und der beschriebenen Ein- und Ausschlusskriterien wurden folgende drei Hauptstudien, ersichtlich in Tabelle 3, in die vorliegende Arbeit integriert.

Tabelle 3: Hauptstudien

Autoren	Jahr	Titel
Kang, H., Jung, J. & Yu, J.	2012	Comparison of strength and endurance between open and closed kinematic chain exercises after anterior cruciate ligament reconstruction: randomized control trial.
Mikkelsen, C., Werner, S. & Eriksson, E.	2000	Closed kinetic chain alone compared to combined open and closed kinetic chain exercises for quadriceps strengthening after anterior cruciate ligament reconstruction with respect to return to sports: a prospective matched follow-up study.
Tagesson, S., Öberg, B., Good, L. & Kvist, J.	2008	A comprehensive rehabilitation program with quadriceps strengthening in closed versus open kinetic chain exercise in patients with anterior cruciate ligament deficiency. A randomized clinical trial evaluating dynamic tibial translation and muscle function.

Die genaue Search-History der drei Hauptstudien ist in Tabelle 4 ersichtlich. Die systematische Würdigung, sowie die Einschätzung der Güte und der Evidenz der ausgewählten Studien erfolgt anhand des Arbeitsinstruments für ein Critical Appraisal (AICA) (Ris & Preusse-Bleuler, 2015) sowie dem Bewertungssystem PEDro-Skala (Hegenscheidt, Harth & Scherfer, 2010). Diese beiden Bewertungssysteme wurden ausgewählt, da sie für die Beurteilung quantitativer Studien geeignet sind und verbreitet angewendet werden. Unter Berücksichtigung dieser Analysen werden die Studien einander gegenübergestellt und kritisch diskutiert. Daraus werden ein Theorie-Praxis-Transfer sowie eine Schlussfolgerung formuliert.

Tabelle 4: Search History

Datenbank	Suchbegriffe	Treffer	Relevante Treffer
Medline	acl injury AND kinetic chain	20	1 Tagesson, S., Öberg, B., Good, L., & Kvist, J. (2008). A comprehensive rehabilitation program with quadriceps strengthening in closed versus open kinetic chain exercise in patients with anterior cruciate ligament deficiency a randomized clinical trial evaluating dynamic tibial translation and muscle function. <i>The American journal of sports medicine</i> , 36(2), 298-307.
	acl injury AND open kinetic chain AND muscle strength	2	1 → Studie von Tagesson et. al.
	acl rupture AND quadricpes strength	16	0
	acl reconstruction AND kinetic chain	36	1

			Mikkelsen, C., Werner, S., & Eriksson, E. (2000). Closed kinetic chain alone compared to combined open and closed kinetic chain exercises for quadriceps strengthening after anterior cruciate ligament reconstruction with respect to return to sports: a prospective matched follow-up study. <i>Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy</i> , 8(6), 337-342.
PEDro	acl reconstruction muscle force kinetic chain	0	0
	acl reconstruction kinetic chain	14	1 → Studie von Mikkelsen et. al.
	acl injury closed kinetic chain	3	2 → Studie von Mikkelsen et. al. & Tagesson et. al.
	acl rupture closed kinetic chain	0	0
	acl rupture kinetic chain	0	0
	acl lesion kinetic chain	0	0
	anterior cruciate ligament muscle strength	131	→ zu viele Treffer um Relevanz beurteilen zu können, also Suche mehr eingrenzen
	anterior cruciate ligament muscle strength kinematic chain	1	1 Kang, H., Jung, J., & Yu, J. (2012). Comparison of strength and endurance between open and closed kinematic chain exercises after anterior cruciate ligament reconstruction: randomized control trial. <i>Journal of Physical Therapy Science</i> , 24(10), 1055-1057.

4. Ergebnisse

Im nachfolgenden Kapitel werden die drei Hauptstudien dieser Arbeit zusammengefasst und kritisch gewürdigt. Als Grundlage dafür dienten die für jede Studie ausgefüllte AICA-Tabelle und PEDro-Skala, welche im Anhang ersichtlich sind.

4.1. Studie von Tagesson et al. (2008)

In den beiden folgenden Abschnitten wird die Studie von Tagesson et al. (2008) zusammengefasst und kritisch gewürdigt.

4.1.1. Zusammenfassung

Einleitung

Die Studie hatte zum Ziel, den Unterschied zwischen einem Rehabilitationsprogramm mit OKC-Übungen und einem Rehabilitationsprogramm mit CKC-Übungen bezüglich statischer und dynamischer Tibiatranslation, Muskelfunktion und subjektiver Kniefunktion bei Patienten und Patientinnen mit VKB-Ruptur zu evaluieren. Dazu formulierten die Autoren und Autorinnen die Hypothese, dass durch zusätzliche OKC-Übungen eine grössere Quadricepskraft erreicht wird, ohne dass dabei die statische oder die dynamische Tibiatranslation vergrössert werden. Der Forschungsbedarf wurde damit begründet, dass in bisherigen Studien nur die statische Tibiatranslation untersucht wurde, welche im Gegensatz zur dynamischen Tibiatranslation weder mit den funktionellen Outcomes wie Treppensteigen noch der Kraft des M. quadriceps femoris korreliert.

Methode

Im Rahmen eines randomized controlled trials (RCT) wurden 42 Personen, davon 24 Männer und 18 Frauen, im Alter von 15 bis 44 Jahren mit einer unilateralen, mittels MRI oder Arthroskopie diagnostizierten VKB-Ruptur rekrutiert. Ausschlusskriterien waren Zusatzverletzungen und frühere Operationen der unteren Extremität, sowie VKB-Rupturen, die älter als 14 Wochen waren. Die 42 Personen wurden randomisiert in zwei Interventionsgruppen, eine CKC- und eine OKC-Gruppe, unterteilt. Beide Gruppen hielten sich, abgesehen von der gruppenspezifischen Quadricepsübung, an das gleiche Rehabilitationsprogramm. Während die Gruppe CKC den Quadricepsmuskel mittels einbeinigem Squat kräftigte, erfolgte dies in der Gruppe OKC durch die Sitting knee extension. Vor und nach dem Rehabilitationsprogramm wurden von einem

Untersuchenden die in Tabelle 5 ersichtlichen Daten mit den ebenfalls aufgeführten Messmethoden erhoben. Im Gegensatz zu den restlichen Variablen wurde das Ein-Repetitionsmaximum (1-RM) auch während der Rehabilitation von der zuständigen Betreuungsperson erhoben und angepasst, um das adäquate Krafttrainingsgewicht zu evaluieren.

Tabelle 5: Übersicht Datenerhebung Tagesson et al. (2008)

Variable	Messmethode	Reliabilität der Messmethode	Validität der Messmethode
1-RM	Einbeiniger Squat, kontrolliert durch hauptuntersuchende Person / begleitender Therapeut oder Therapeutin	Gut (Seo, Kim, Fahs, Rossow, Young, Ferguson, Theibaud, Sherk, Loenneke, Kim, Lee, Choi, Bemben, Bemben & So, 2012)	Gut (Verdijk, Van Loon, Meijer & Savelberg, 2009)
Schwellung	Massband, Messung über Patellamitte	Gut (Jansen, Radbourne, Fakis, Bradley, Burke & Ellis, 2010)	Gut (Jansen et al., 2010)
Passive ROM	Standard Plastik Goniometer	Mässig für kleine Gelenkwinkel Gut bis exzellent für grosse Gelenkwinkel (Oesch, Hilfiker, Keller, Kool, Schädler, Tal-Akrabi, Verra & Widmer Leu, 2007)	Mässig für kleine Gelenkwinkel Gut bis exzellent für grosse Gelenkwinkel (Oesch et al., 2007)
Tibia-translation	CA-4000	Gut (Musahl, Karlsson, Kuroda & Zaffagnini, 2017)	Befriedigend (Tagesson et al., 2008)
Muskel-aktivierung	MESPEC 4000 EMG unit system	Gut (Tagesson, 2008)	Mässig bis gut (Tagesson, 2008)
Isokinetische Kraft	Biodex machine	Sehr hoch (System 4 Pro, 2017)	Sehr hoch (System 4 Pro, 2017)
Sprunghöhe und -weite	Kistler force plate	Gut (Rist & Kaelin, 2014)	Mässig (Rist et al., 2014)
	Lysholm score	Akzeptabel (Kocher, Steadman, Briggs, Sterett & Hawkins, 2004)	Akzeptabel (Kocher et al., 2004)
Subjektive Kniefunktion	Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)	Gut (Salavati, Akhbari, Mohammadi, Mazaheri & Khorrami, 2011)	Gut (Salavati et al., 2011)
Aktivitätslevel	Tegner Score	Akzeptabel (Rodkey, Briggs, Lysholm & Tegner, 2010)	Akzeptabel (Rodkey et al., 2010)

Ergebnisse und Diskussion

Verglichen mit der CKC-Gruppe war in der OKC-Gruppe die isokinetische Quadricepskraft nach der Rehabilitation im verletzten Bein signifikant grösser, wobei vor der Rehabilitation in beiden Gruppen die gleichen Grundvoraussetzungen bezüglich Muskelkraft bestanden. Daraus schlossen die Autoren und Autorinnen der Studie einerseits, dass nach einer VKB-Ruptur Trainingselemente in offener Kette in den Kraftaufbau integriert werden müssen, um eine gute Quadricepskraft erreichen zu können. Andererseits hinterfragten sie den Grund für den Kraftzuwachs, welcher auch vom vermehrten Training in der OKC Gruppe stammen könnte.

Bezüglich der statischen und dynamischen Tibiatranslation konnte nach der Rehabilitation kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden. In beiden Gruppen wurde nach der Rehabilitation während dem Gehen eine vermehrte dynamische Tibiatranslation bei reduzierter Muskelaktivierung gemessen. Dies wurde mit der verminderten Schutzspannung der Muskulatur nach der Rehabilitation erklärt, wodurch das Gelenk weniger muskulär fixiert wird, was folglich mehr Tibiatranslation erlaubt. Die subjektive Funktionalität war in beiden Gruppen nach der Rehabilitation gleich, obwohl diese bei der CKC-Gruppe vor der Rehabilitation geringer war als in der OKC-Gruppe. Somit verbesserte sich die CKC-Gruppe in diesem Aspekt signifikant stärker als die OKC-Gruppe.

Eine zusätzliche Analyse der Resultate einer Gruppe Personen mit optimaler Compliance zeigte bezüglich der Tibiatranslation und der Muskelkraft ähnliche Ergebnisse wie die Analyse des gesamten Datensatzes. Im verletzten Bein war die Quadricepskraft in der Gesamtanalyse in der OKC-Gruppe signifikant grösser als in der CKC-Gruppe. In der Auswertung der Daten der Personen mit optimaler Compliance war dieser Unterschied noch deutlicher. Daraus schlossen die Autoren und Autorinnen der Studie den Schluss, dass das Training in CKC für die Kräftigung des M. quadriceps femoris insuffizient ist und durch verbesserte Compliance nicht effizienter gemacht werden kann.

Aufgrund der beschriebenen Ergebnisse und der Tatsache, dass eine Quadricepsschwäche nach abgeschlossener Rehabilitation sehr häufig ist, empfehlen die Autoren und Autorinnen der Studie für die Praxis die Integration von OKC-Übungen in das Krafttraining von Patienten und Patientinnen mit einer VKB-Ruptur.

4.1.2. Würdigung

Die Autoren und Autorinnen dieser Studie formulierten ein klares Ziel und hinterlegten die Thematik mit adäquater empirischer Literatur. Die Wahl des RCTs erscheint sinnvoll, sie wurde jedoch nicht begründet. Die Forschenden waren sich den Gefahren der internen und externen Validität bewusst und benannten diese. Die Einhaltung der klar definierten Ein- und Ausschlusskriterien trägt zu einer repräsentativen Stichprobe bei, was jedoch durch das fehlende probability sampling negativ beeinflusst wurde. Die Stichprobengrösse wurde mittels einer sample-size-calculation begründet, was ein Pluspunkt der Studie ist. Die Vergleichsgruppen wurden durch ein randomisiertes und verdecktes Zuteilungsverfahren erstellt und ähneln sich bezüglich der relevanten Charakteristika. Obwohl die Interventionsgruppen einer kinetischen Kette zugeteilt wurden, enthielt das Rehabilitationsprogramm, welches von beiden Gruppen durchgeführt wurde, Übungen sowohl in OKC als auch in CKC. Dies führt dazu, dass die Unterschiede zwischen den Gruppen undeutlich sind, was folglich die Aussagekraft der Ergebnisse mindert. Drop Outs wurden angemessen dargestellt und begründet. Es wurden sehr viele Daten erhoben, wobei nicht alle primär relevant für die Beantwortung der Fragestellung erscheinen. Durch die Erhebung der Hauptassessments von nur einer Untersuchungsperson und durch die Verwendung von standardisierten Messmethoden wurde garantiert, dass die Datenerhebung bei allen Personen gleich erfolgte. Eine Ausnahme davon stellt die Messung des 1-RM während der Rehabilitation dar, welches von der therapeutischen Betreuungsperson gemessen wurde. Dadurch besteht die Gefahr, dass Unterschiede bei der Datenerhebung entstanden sind und somit die Trainingsgewichte nicht für alle Teilnehmenden in gleichem Masse angepasst wurden. Betreffend der Reliabilität der Messmethoden werden der Lysholm Score und der Tegner Score als akzeptabel eingestuft, die weiteren Erhebungsinstrumente als gut bis sehr gut. Die Validität der Messmethoden wird in der Literatur für den Lysholm Score und den Tegner Score als akzeptabel, für die Kistler force plate als mässig, für den MESPEC 4000 als mässig bis gut und für den CA-4000 als befriedigend beschrieben. Die übrigen Messmethoden weisen eine gute bis sehr gute Validität auf. Aufgrund der Güte der Messmethoden ergeben sich die Vorteile von mehrheitlich genauen Ergebnissen und einer guten Reproduzierbarkeit. Trotz dieser Vorteile fehlt ausser für den CA-4000 eine Begründung für die Wahl der Messmethoden. Es wurde beschrieben, welche Variable mit welchem statistischen Verfahren analysiert wurde und mit welchen Statistikprogrammen die Daten ausgewertet

wurden. Die Daten des Lysholm Score und des Tegner Score wurden abgesehen von einem Mann-Whitney U-Test auch mittels eines independent samples t-Tests analysiert. Der t-Test verlangt jedoch mindestens intervallskalierte Daten, diejenigen der beiden Fragebögen weisen jedoch nur Ordinalniveau auf. Es ist somit fraglich, ob die Daten adäquat analysiert wurden. Ansonsten wurden zu dem Skalenniveau der Daten passende und sinnvolle statistische Tests angewendet. Fraglich ist weiter, ob der X^2 -Test notwendig war, da dieselben Daten auch mittels Mann-Whitney U-Test analysiert wurden. Die Ergebnisse wurden strukturiert im Text wiedergegeben und mit ergänzenden Tabellen veranschaulicht. In den Tabellen fehlt die Kennzeichnung signifikanter Unterschiede vom Zeitpunkt vor und nach der Rehabilitation, diese sind nur im Text beschrieben. Die Autoren und Autorinnen der Studie diskutierten die zentralen Resultate, gingen jedoch nicht auf die Ergebnisse Schwellung, passive ROM und die vermehrte Aktivierung des M. gluteus maximus, M. vastus medialis und M. gastrocnemius nach der Rehabilitation ein. Dies stellt die Notwendigkeit der Erhebung dieser Daten infrage. Die in der Diskussion angestellten Interpretationen wurden mit weiteren empirischen Untersuchungen verglichen und stimmen mit den Resultaten bis auf eine Ausnahme überein. Es ist unklar, warum das vermehrte Training des Quadricepses als Ursache für die grössere Muskelkraft in der OKC-Gruppe in Betracht gezogen wurde, da die durchschnittliche Anzahl Trainingseinheiten in der OKC-Gruppe tiefer war als in der CKC-Gruppe. In diesem Fall stimmt die Interpretation nicht mit den Resultaten überein. Positiv zu werten ist das Bestreben, eine alternative Erklärung für das Zustandekommen der erhöhten Quadricepskraft zu finden, was für alle anderen Resultate negativerweise nicht versucht wurde. Allerdings waren die Forschenden kritisch bezüglich der Limitationen ihrer Arbeit. Sie nannten einerseits die schlechte Compliance einiger Teilnehmenden und andererseits die Tatsache, dass der Hauptuntersucher nicht vollständig verblindet war, als Schwäche ihrer Studie. Die Ergebnisse der Studie können, wie in der Schlussfolgerung beschrieben, gut und mit wenig Aufwand in die Praxis umgesetzt werden.

Die Güte betreffend kann zusammenfassend festgehalten werden, dass aufgrund der guten Objektivität, Reliabilität und Validität die Studie gut reproduzierbar ist.

In der PEDro-Skala erreicht die Studie von Tagesson et al. (2008) sechs von zehn Punkten. Abzüge entstehen in den Bereichen der „intention-to-treat-Methode“, der Verblindung der Probanden und Probandinnen, der Person, welche die Assessments durchführt sowie der Physiotherapeuten und Physiotherapeutinnen.

4.2. Studie von Mikkelsen et al. (2000)

In den beiden folgenden Abschnitten wird die Studie von Mikkelsen et al. (2000) zusammengefasst und kritisch gewürdigt.

4.2.1. Zusammenfassung

Einleitung

Das Ziel der Studie war, zwei Rehabilitationsprogramme, eines ausschliesslich bestehend aus CKC-Übungen und eines mit CKC- und OKC-Übungen, bei Personen nach einer VKB-Rekonstruktion miteinander zu vergleichen. Dabei sollte einerseits der Effekt auf die anteriore Knielaxität und die isokinetische Muskelkraft des M. quadriceps femoris und der Hamstrings untersucht werden. Andererseits sollte evaluiert werden, ob durch diese Interventionen Unterschiede in der subjektiven Kniefunktion und der Fähigkeit, die sportliche Aktivität wiederaufzunehmen, entstehen.

Methode

Für die Durchführung der prospective matched follow-up Studie rekrutierten die Autoren und Autorinnen dieser Studie 44 Personen, davon 34 Männer und zehn Frauen im Alter von 18 bis 40 Jahren mit einer erstmaligen, unilateralen VKB-Verletzung. Ausgeschlossen wurden Personen mit einer akuten VKB-Ruptur, einer Begleitverletzung, einer zusätzlichen Verletzung des kontralateralen Beines oder einem früheren schweren Knie Trauma, welches die Rehabilitation beeinflussen könnte. Bei den 44 Teilnehmenden, welche sich aus 43 Athleten und Athletinnen und einer Nicht-Athletin zusammensetzten, wurde eine VKB-Rekonstruktion mittels bone-patellar-tendon-bone Transplantat aus dem mittleren Patellarsehnedrittel durchgeführt. Nach der Operation wurden die Teilnehmenden randomisiert in zwei Gruppen eingeteilt und dabei gematcht. Die Gruppe 1 führte ein Rehabilitationsprogramm mit ergänzenden CKC-Übungen durch, während die Gruppe 2 zusätzlich zu den CKC-Übungen ab der sechsten postoperativen Woche mit isokinetischen OKC-Übungen trainierte.

Um das Ziel der Studie zu erreichen, wurden die in Tabelle 6 ersichtlichen Variablen mit den ebenfalls dargestellten Messmethoden erhoben. Die anteriore Knielaxität und die isokinetische Muskelkraft wurden prä- und sechs Monate postoperativ gemessen. Die subjektive Kniefunktion, die Zufriedenheit, das Aktivitätslevel und / oder die sportliche Partizipation wurden durchschnittlich 31 Monate nach der Operation erhoben.

Tabelle 6: Übersicht Datenerhebung Mikkelsen et al. (2000)

Variable	Messmethode	Reliabilität der Messmethode	Validität der Messmethode
Anteriore Knielaxität	KT-1000 arthrometer	Schlecht (Wiertsema, Van Hooff, Migchelsen & Steultjens, 2008)	Nicht garantiert (Arneja & Leith, 2009)
Isokinetische Muskelkraft von M. quadriceps femoris und Hamstrings	Kin-Com dynamometer	Angemessen (Mayhew, Rothstein, Finucane, & Lamb, 1994)	Gut (Mayhew et al., 1994)
Subjektive Kniefunktion, Zufriedenheit, Aktivitätslevel und / oder sportliche Partizipation	Durch Autoren und Autorinnen entwickelter Fragebogen	Keine Literatur	Keine Literatur

Ergebnisse und Diskussion

Die statistischen Datenanalysen ergaben keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich der anterioren Knielaxität sowohl vor als auch nach der Rehabilitation. Daraus schlossen die Autoren und Autorinnen der Studie, dass das rekonstruierte VKB durch den Start mit OKC-Übungen in einer limitierten ROM (90-40°Flexion) sechs Wochen postoperativ nicht gefährdet wird. Hinsichtlich der isokinetischen Kraft des M. quadriceps femoris steigerte sich die Gruppe 2 signifikant im Vergleich zur Gruppe 1. Dabei zeigte sich die Verbesserung in der exzentrischen Kraft deutlicher als in der Konzentrischen, was die Forschenden dem isokinetischen Training zuschrieben, bei welchem ein spezifisches exzentrisches Gewicht bestimmt werden kann. Die isokinetische Kraft der Hamstrings unterschied sich nach der Rehabilitation nicht zwischen den Gruppen. Bedeutungsvoll ist, dass zu einem signifikant früheren Zeitpunkt signifikant mehr Patienten und Patientinnen aus Gruppe 2 die sportliche Aktivität auf dem ursprünglichen Niveau wiederaufnahmen als aus Gruppe 1. Daraus leiteten die Forschenden ab, dass Training in OKC notwendig sein könnte, um das vorherige Sportlevel schneller wieder zu erreichen. Sie bewerteten das Training ausschliesslich in CKC als ungenügend, um ein gutes Outcome in physischer Aktivität nach VKB-Rekonstruktion zu generieren. Signifikante Differenzen in subjektiver Kniefunktion und Zufriedenheit zwischen den Gruppen konnten die Autoren und Autorinnen nicht feststellen.

Aufgrund dieser Ergebnisse empfehlen die Forschenden eine Kombination von CKC- und OKC-Übungen, um den M. quadriceps femoris nach einer VKB-Rekonstruktion zu kräftigen.

4.2.2. Würdigung

Die Forschenden führten mit dem aktuellen Forschungsstand ins Thema ein, erkannten den Forschungsbedarf und leiteten daraus zwei klar definierte Ziele ab. Sie verwendeten für das Erreichen der Ziele ein passendes Studiendesign, begründeten dessen Wahl jedoch nicht. Die Gefahren der internen und externen Validität wurden weder kontrolliert noch erwähnt. Aufgrund der ungenügenden Beschreibung der Zielpopulation ist es fraglich, ob die Stichprobe für die Population repräsentativ ist. Die auf Sportler und Sportlerinnen beschränkte Übertragbarkeit stellt eine Limitation der Studie dar. Auch die Stichprobe wurde unvollständig definiert, es fehlt die Angabe zum Alter der VKB-Verletzungen. Weitere Negativpunkte stellen auf der einen Seite die nicht thematisierten Drop Outs und auf der anderen Seite die unbegründete und somit nicht beurteilbare Stichprobengrösse dar, da keine sample-size-calculation durchgeführt wurde. Positiv zu werten ist hingegen die randomisierte und gematchte Gruppenzuteilung, wodurch sich die beiden Interventionsgruppen bezüglich Alter und Geschlecht ähneln. Abschwächend auf diesen Pluspunkt wirkt sich das Fehlen von Angaben weiterer Charakteristika, wie beispielsweise Aktivitätslevel, Sportart und betroffene Seite, aus. Alle Teilnehmenden wurden vom gleichen Therapierenden betreut, was der Leser oder die Leserin negativerweise erst im Diskussionskapitel erfährt. Die Reproduzierbarkeit wird eingeschränkt durch die fehlenden Angaben zur genauen Übungsauswahl und -dosierung in der CKC-Gruppe. Weiter wurde nicht präzise begründet, warum die OKC-Übungen in einer limitierten ROM durchgeführt wurden und anhand welcher Kriterien das gewählte Bewegungsausmass bestimmt wurde.

Die erhobenen Daten erscheinen sinnvoll und liefern die nötigen Informationen für das Erreichen der beiden Ziele. Die Tatsache, dass jeweils die gleiche Person die physiologischen Messungen prä- und postoperativ durchführte, beeinflusst die Objektivität der Datenerhebung positiv. Im Gegensatz dazu ist unklar und somit nicht beurteilbar, wie die schriftliche Befragung ablief. Die Datenerfassung ist komplett, mit der Ausnahme, dass eine Person den Fragebogen nicht beantwortete. Unvollständig ist die Begründung der Auswahl der Messinstrumente, da nur die Wahl des KT-1000 arthrometer mit einer angeblich guten Reproduzierbarkeit gerechtfertigt wurde. Allerdings wird gerade dieser in der Literatur mit einer schlechten Reliabilität und keiner garantierten Validität bewertet, was die Qualität dieser Studie erheblich mindert. Die Wahl des Kin-Com dynamometer hingegen beeinflusst die Güte der Studie positiv, da es eine angemessene Reliabilität und

eine gute Validität aufweist. Da die Autorinnen dieser Arbeit aufgrund mangelnder Information davon ausgehen, dass die Forschenden einen selbst entwickelten Fragebogen verwendeten, konnte die Reliabilität und Validität desjenigen nicht anhand empirischer Literatur bestätigt werden.

Abgesehen von der Varianzanalyse, in welcher die abhängigen Variablen nicht klar beschrieben wurden, ist ersichtlich, welche Variable mit welchem statistischen Verfahren analysiert wurde. Dabei stimmen die Skalenniveaus der Daten mit den Anforderungen der Tests überein. Keine Angaben wurden zu dem verwendeten Statistikprogramm für die Auswertung der Daten gemacht. Die Resultate wurden grundsätzlich präzise beschrieben, ausser dass unklar ist, ob und wann die beiden Drop Outs aus der Studie austraten. Die Gestaltung der Tabellen entspricht den vorgegebenen Kriterien, einzig in Tabelle 4 fehlt die Kennzeichnung signifikanter Werte. Negativ ist, dass einige Resultate erst im Diskussionskapitel erläutert werden, welches ebenfalls einige Kritikpunkte aufweist. So passt die Interpretation, dass die exzentrische Quadricepskraft durch das isokinetische Training stärker gesteigert werden konnte nicht zur Tatsache, dass auch die konzentrische Quadricepskraft mit isokinetischem Training aufgebaut wurde. Da beide Kraftarten mit derselben Technik trainiert wurden, erscheint diese Begründung insuffizient. Die Resultate der Messung der isokinetischen Hamstringskraft wurden im Gegensatz zu denjenigen der isokinetischen Quadricepskraft nicht diskutiert. Ausserdem wurden die Ergebnisse allgemein nicht kritisch hinterfragt und es wurden kaum Limitationen der Studie aufgeführt. Der Theorie-Praxis-Transfer ist gut realisierbar, falls aber das genau gleiche Training durchgeführt werden möchte, muss ein Kin-Com dynamometer für die OKC-Übungen vorhanden sein. Dies ist in den meisten Institutionen nicht der Fall.

Aufgrund der diversen oben beschriebenen Mängel ist die Studie schlecht reproduzierbar, obwohl die Objektivität durch standardisierte Assessments und durch die kontinuierlich gleichbleibende Betreuungsperson gewährleistet ist. Die Validität und die Reliabilität erscheinen aufgrund der Wahl der Messinstrumente ungenügend, was die Güte der Studie reduziert.

Die zahlreichen Kritikpunkte zeichnen sich auch auf der PEDro-Skala ab, bei welcher die Studie fünf von zehn Punkten erreicht. Abzüge entstehen durch die nicht verborgene Zuordnung zu den Gruppen, die nicht durchgeführte „intention-to-treat-Methode“ und die nicht verblindeten Teilnehmenden, Therapierenden und Untersuchenden.

4.3. Studie von Kang et al. (2012)

In den beiden folgenden Abschnitten wird die Studie von Kang et al. (2012) zusammengefasst und kritisch gewürdigt.

4.3.1. Zusammenfassung

Einleitung

Das Ziel der Studie war, herauszufinden, ob Ausdauer- und Krafttraining in CKC oder in OKC für die Rehabilitation nach einer VKB-Rekonstruktion geeigneter ist. Dies sollte mit Fokus auf die isokinetische Kraft und Ausdauer der Knieflexoren und -extensoren untersucht werden. Die Autoren und Autorinnen der Studie begründeten den Forschungsbedarf, indem sie darauf hinwiesen, dass bis anhin die Knieflexoren in diesem Zusammenhang kaum untersucht wurden, obwohl sie zur Kniebewegung beitragen. Ausserdem beschrieben sie die Ausdauer als einen wichtigen Faktor zur Ausführung von Aktivitäten des täglichen Lebens, welcher in bisherigen Studien nicht berücksichtigt wurde.

Methode

Es wurden 36 Personen, davon 24 Männer und 12 Frauen im Alter von 25 bis 33 Jahren für den prospective single-blind randomized controlled trial rekrutiert. Bei allen Teilnehmenden wurde vor dem Beginn der Studie eine VKB-Rekonstruktion mit anschliessender dreimonatiger Rehabilitation in einer Sportklinik in Korea durchgeführt. Ausgeschlossen wurden Patienten und Patientinnen mit weiteren orthopädischen oder neurologischen Problemen und Personen, welche in den vorangegangenen 12 Wochen keine Intervention erhielten.

Die Probanden und Probandinnen wurden randomisiert in zwei Gruppen eingeteilt, welche von insgesamt drei Physiotherapeuten und Physiotherapeutinnen betreut wurden. Die CKC-Gruppe baute die Quadriceps- und Hamstringskraft mittels Squat, Leg press und Lunge auf, die OKC-Gruppe mittels Straight leg raise, Leg extension und Leg curl. Beide Gruppen führten während drei Monaten drei Mal wöchentlich unter physiotherapeutischer Aufsicht das folgende Training durch. Als Warm-Up und Cool-Down führen alle Teilnehmenden fünf Minuten Fahrrad. Die Übungen wurden in fünf Serien à 12 Repetitionen mit 70% Intensität des 1-RM durchgeführt, zwischen den Serien wurde 30 Sekunden pausiert.

Vor und nach jeder Intervention wurden die isokinetische Kraft und die isokinetische Ausdauer der Knieflexoren und -extensoren, sowie das 1-RM unter Supervision von zwei Physiotherapeuten und Physiotherapeutinnen ermittelt. Die entsprechenden Messgeräte sowie ihre Reliabilität und Validität sind in untenstehender Tabelle 7 ersichtlich.

Tabelle 7: Übersicht Datenerhebung Kang et al. (2012)

Variable	Messmethode	Reliabilität der Messmethode	Validität der Messmethode
Isokinetische Kraft	Biodex System III	Akzeptabel (Drouin, Valovich-mcLeod, Shultz, Gansneder & Perrin, 2004)	Akzeptabel (Drouin et al., 2004)
Isokinetische Ausdauer	Biodex System III	Akzeptabel (Drouin et al., 2004)	Akzeptabel (Drouin et al., 2004)
1-RM	Squat Test mittels Leg press	Gut (Seo et al., 2012)	Gut (Verdijk et al., 2009)

Ergebnisse und Diskussion

Beide Interventionsgruppen verbesserten sich nach dem dreimonatigen Training in allen Variablen signifikant. Die OKC-Gruppe erzielte dabei eine signifikant grössere Steigerung der isokinetischen Kraft und Ausdauer der Knieextensoren als die CKC-Gruppe. Daraus interpretierten die Forschenden, dass OKC-Übungen für den Aufbau der Kraft und der Ausdauer nach einer VKB-Rekonstruktion effektiver sind als CKC-Übungen. Die Autoren und Autorinnen dieser Studie stellten aufgrund der bereits genannten Ergebnisse die Hypothese auf, dass die kontinuierliche Durchführung von OKC-Übungen nach der Rehabilitation hilfreich sein könnte, um die Durchführung ausdauernder Aktivitäten wie langes Laufen oder Treppensteigen zu verbessern.

Das Ziel der Studie wurde erreicht und es wird empfohlen, OKC-Übungen in den Aufbau der Kraft und der Ausdauer nach VKB-Rekonstruktion einfließen zu lassen.

4.3.2. Würdigung

Das Ziel der Studie wurde grundsätzlich klar formuliert, ohne Kontext wäre jedoch nicht deutlich, welche Muskelgruppen die Forschenden untersuchen wollten. Der aktuelle Forschungsstand wurde mit empirischer Literatur beschrieben, wobei die Darstellung der Komplexität und der Kontroversität des Themas wenig zum Ausdruck kamen. Ausserdem wurde in der Einleitung die Wichtigkeit von Ausdauer und Kraft in der Rehabilitation nach einer VKB-Rekonstruktion nicht begründet, dies wird erst in der Diskussion thematisiert.

Die Wahl des Studiendesigns erscheint logisch, da mittels eines RCTs eine hohe Evidenz erreicht werden kann, begründet wurde sie jedoch nicht. Gefahren der internen oder externen Validität wurden weder kontrolliert noch erwähnt.

Ein Negativpunkt dieser Studie ist, dass die Population kaum beschrieben und keine sample-size-calculation durchgeführt wurde, wodurch die Repräsentativität sowie die Grösse der Stichprobe nicht beurteilbar sind. Ausserdem wurden die für die nachvollziehbare Erstellung der Stichprobe notwendigen Ein- und Ausschlusskriterien nur mangelhaft beschrieben. Positiv zu werten ist die grosse Ähnlichkeit der Interventionsgruppen bezüglich Geschlecht, Alter, Grösse und Gewicht. Es fehlen jedoch wichtige Angaben zu Merkmalen, welche für aussagekräftige Ergebnisse ebenfalls ähnlich sein sollten, wie Alter der Verletzung, Kraft und Ausdauer zum Startzeitpunkt der Studie, Operationsmethode oder bisheriger Therapieverlauf und Inhalt der vorangegangenen Rehabilitation. Auch genaue Angaben zur Betreuung der Teilnehmenden und zu allfälligen Drop Outs wurden unterlassen. Die Interventionen zur Kräftigung wurde mit genauen Dosierungs- und Übungsangaben dokumentiert, wobei die Beschreibung des Ausdauertrainings fehlt, obwohl die isokinetische Ausdauer ein zentrales Outcome der Studie darstellt. Die Datenerhebung erscheint knapp, beinhaltet aber alle erforderlichen Variablen zur Erreichung des formulierten Ziels und ist somit nachvollziehbar. Zu knapp und somit nicht nachvollziehbar fällt die Beschreibung der Standardisierung der Messungen aus. Zusätzlich ist unklar, von wem sie durchgeführt werden und ob dies immer dieselbe Person war. Die Forschenden begründeten die Wahl der Messmethoden nicht, verwendeten aber, wie in Tabelle 7 ersichtlich, akzeptable bis gute Messinstrumente, was sich positiv auf die Güte der Studie auswirkte. Das Verfahren sowie das verwendete Statistikprogramm der Datenanalyse wurden beschrieben und die Skalenniveaus der Daten passen zu den sinnvoll gewählten statistischen Tests. Ethische Fragen wurden nicht diskutiert und somit vernachlässigt. Das Ergebniskapitel wurde kurz gehalten, da ein Teil der Ergebnisse erst in der Diskussion thematisiert wurde. Positiv sind jedoch die prägnante Formulierung der Resultate und ihre präzise tabellarische Darstellung. Es muss kritisiert werden, dass in Tabelle 2 der Studie unklar ist, ob die signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen für vor oder nach den Interventionen oder für beide Zeitpunkte gelten. Abgesehen davon wurden die Tabellen sinnvoll eingesetzt und entsprechen den vorgegebenen Kriterien. Alle Ergebnisse wurden in der Diskussion genannt, sie wurden jedoch nicht genügend diskutiert, da sie weder begründet,

noch kritisch hinterfragt oder mit Ergebnissen ähnlicher Studien verglichen wurden. Eine Aussage der Diskussion passt nicht zu den Informationen aus Tabelle 2 der Studie. Es ist widersprüchlich, ob die Resultate des Squat-Tests in der CKC-Gruppe signifikant waren, wie in Tabelle 2 der Studie ersichtlich, oder nicht, wie in der Diskussion beschrieben. Die zu den Resultaten passenden Interpretationen der Forschenden sind mit einer Ausnahme nachvollziehbar. Es ist nicht verständlich, warum der nicht signifikante Unterschied der Kraft der Knieflexoren zwischen den Gruppen die Resultate der CKC-Gruppe beeinflusst haben könnte. Die Autoren und Autorinnen nannten weder Stärken noch Schwächen ihrer Studie, trotz der vielen bereits kritisierten Negativpunkte. Daraus resultiert eine schlechte Reproduzierbarkeit, was eine deutliche Limitation darstellt und die Güte der Studie negativ beeinflusst. Eine Aufwertung der Güte wurde bewirkt durch die akzeptable bis gute Reliabilität und Validität der verwendeten Messmethoden. Die Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis kann mit wenig Aufwand realisiert werden, da sie keine speziellen Massnahmen erfordert.

Die mässige Güte widerspiegelt sich auch in der Bewertung durch die PEDro-Skala, in welcher die Studie von Kang et al. (2012) lediglich vier von zehn Punkten erreicht. Keine Punkte können in den Bereichen der verborgenen Zuordnung zu den Gruppen, der ungenügenden Verblindung von Teilnehmenden, Therapeuten und Therapeutinnen und Untersuchenden, dem adäquaten Follow-up und der „intention-to-treat-Methode“ erreicht werden.

4.4. Übersicht Studienbewertung mittels PEDro-Skala

Abschliessend wird zur Übersicht die Tabelle 8 mit der Darstellung der Punktevergabe durch die PEDro-Skala für alle Studien aufgeführt.

Tabelle 8: Übersicht Studienbewertung mittels PEDro-Skala

	Spezifische Ein- & Ausschlusskriterien *	Randomisierte Gruppenzuteilung	Verborgene Gruppenzuteilung	Gleichheit der Gruppe bezüglich prognostischen Indikatoren	Geblendete Patienten	Geblendete Therapeuten	Geblendete Untersucher, welche ein Outcome messen	85% der zugeordneten Probanden mit mindestens einem zentralen Intention-to-treat-Methode	Zwischengruppenvergleich	Punkt- & Streuungsmasse für ein Outcome	Total
Tagesson et al. (2008)	✓	✓	✓	✓	x	x	x	✓	x	✓	6/10
Mikkelsen et al. (2000)	x	✓	x	✓	x	x	x	✓	x	✓	5/10
Kang et al. (2012)	x	✓	x	✓	x	x	x	x	x	✓	4/10

* Dieser Punkt wird gemäss Hegenscheidt et al. (2010) nicht zum Total dazugerechnet.

5. Diskussion

Training in offener oder geschlossener kinetischer Kette – welche Trainingsform generiert in der Rehabilitation von Patienten und Patientinnen mit VKB-Läsion die höchste isokinetische Kraft des M. quadriceps femoris? Um diese Frage beantworten zu können, wurden in der vorliegenden Arbeit drei Hauptstudien analysiert. Dabei untersuchten Tagesson et al. (2008) konservativ behandelte VKB-Patienten und Patientinnen, während die Teilnehmenden in den Studien von Mikkelsen et al. (2000) und Kang et al. (2012) operativ behandelt wurden. Unter Berücksichtigung der zentralen Ergebnisse dieser Hauptstudien kann festgehalten werden, dass Krafttraining in OKC oder in einer Kombinationsform aus beiden kinetischen Ketten effektiver ist, um die isokinetische Quadricepskraft nach einer VKB-Verletzung wiederherzustellen, verglichen mit Training ausschliesslich in CKC. Die Forschenden Glass et al. (2010), Wilk, Zheng, Fleisig, Andrews und Clancy (1997) und Fitzgerald (1997) kamen ebenfalls zum Ergebnis, dass für den Aufbau der Quadricepskraft OKC mit CKC kombiniert werden soll. Beinert (2008) weist ausserdem darauf hin, dass durch die Kombination der kinetischen Ketten die Rehabilitationsdauer verkürzt werden kann und die Rückkehr zum Sport schneller möglich ist. Auch die Chance, das ursprüngliche sportliche Niveau wieder zu erreichen, ist laut Mikkelsen et al. (2000) grösser durch kombiniertes Training.

In der weiteren kritischen Gegenüberstellung wird klar, dass die Forschenden der Studien von Tagesson et al. (2008) und Mikkelsen et al. (2000) den Standpunkt vertreten, dass Krafttraining in der OKC sicher angewendet werden kann. Dies bedeutet, dass weder die Tibiatranslation noch die Knielaxität durch OKC-Übungen negativ beeinflusst werden. Dieselbe Haltung vertreten auch Perry, Morrissey, Morrissey, Knight, McAuliffe und King (2005), Ross, Denegar und Winzenried (2001) und Perry, Morrissey, King, Morrissey und Earnshaw (2005), welche vergleichbare Untersuchungen durchführten. Trotz diesen übereinstimmenden Aussagen bleibt die Thematik weiterhin umstritten, da die bereits im Kapitel 1.1 „Stand der Forschung“ erwähnte Studie von Andersson et al. (2009) beweist, dass Training in CKC weniger Knielaxität verursacht als Training in OKC. Auch Wright et al. (2008) stellten in ihrem Review fest, dass die sichere Anwendung der OKC fragwürdig ist. Der entscheidende Faktor, ob die Anwendung von OKC-Übungen sicher ist, könnte laut Morrissey, Perry und King (2009) und Kvist und Gillquist (2001) die Höhe des im OKC-Training verwendeten Gewichtes sein. Die Autorinnen dieser Arbeit folgern aus

obigen kontroversen Aussagen, dass mehr Forschung in diesem Bereich notwendig ist, um eine allgemeingültige Aussage machen zu können.

Betreffend der subjektiven Funktionalität zeigt die Studie von Tagesson et al. (2008), dass die CKC-Gruppe signifikant mehr profitieren konnte als die OKC-Gruppe. Mikkelsen et al. (2000) kamen indirekt zu einem ähnlichen Schluss, da das kombinierte Training zur gleichen subjektive Funktionalität führte wie das isolierte CKC-Training. Somit zeigen die Resultate beider Studien, dass CKC-Training wichtig ist, um eine gute subjektive Funktionalität zu gewährleisten. Uçar et al. (2014) und Fitzgerald (1997) teilen diesen Standpunkt, ihnen gegenüber steht einzig die Aussage von Beinert (2008), welcher nicht bestätigen kann, dass alleiniges OKC-Training zu schlechteren funktionellen Ergebnissen führt.

Um entscheiden zu können, inwiefern die Ergebnisse der drei Hauptstudien vergleichbar sind, wurden Gemeinsamkeiten und Unterschiede eruiert und beurteilt, wie stark sich diese positiv oder negativ auf die Vergleichbarkeit auswirken.

Ein entscheidender Faktor, welcher sich auf die Vergleichbarkeit der untersuchten Hauptstudien der vorliegenden Arbeit positiv auswirkt, ist, dass alle drei Hauptstudien die Kraft des M. quadriceps femoris isokinetisch, also nach dem gleichen Prinzip, messen. Auch die Stichprobengrößen, welche in allen drei analysierten Studien ähnlich gross sind und ein fast gleiches Durchschnittsalter aufweisen, ermöglichen den direkten Vergleich der Studien. Hierbei muss beachtet werden, dass Kang et al. (2012) die jüngsten Personen und die kleinste Altersspannweite untersuchten. Weitere Faktoren, welche sich positiv auf die Vergleichbarkeit auswirken, sind die mit hoher Evidenz assoziierten Designs und die korrekt durchgeführten Datenanalysen aller drei Studien.

Deutlich negativ beeinflusst wird die Vergleichbarkeit dadurch, dass das Alter der VKB-Verletzungen zum Trainingszeitpunkt nicht in allen drei Hauptstudien ähnlich war. Die Studie von Mikkelsen et al. (2000) hebt sich durch zwei wichtige Aspekte von den beiden anderen Studien ab. Sie ist zum einen die Einzige, in welcher fast ausschliesslich Athleten und Athletinnen in die Studie integriert wurden und zum anderen wurden nur in dieser Studie die OKC-Übungen in einer limitierten ROM durchgeführt. Aufgrund dieser Unterschiede folgern die Autorinnen dieser Arbeit, dass ein direkter Vergleich mit den beiden anderen Hauptstudien erschwert ist.

Weitere wichtige Unterschiede sind in den Interventionen der drei Hauptstudien zu finden. Kang et al. (2012) liessen die Interventionsgruppen nur in einer kinetischen Kette trainieren, wobei diese Aufteilung bei Tagesson et al. (2008) weniger deutlich ist, aufgrund der diskutierten Gründe in der Würdigung der Studie. Mikkelsen et al. (2000) untersuchten hingegen bewusst die Auswirkungen eines kombinierten Trainings. Daraus resultiert gemäss den Autorinnen dieser Arbeit, dass die Ergebnisse von Tagesson et al. (2008) eher für ein kombiniertes Training als für ein isoliertes OKC-Training sprechen und somit besser mit den Resultaten von Mikkelsen et al. (2000) vergleichbar sind als mit denjenigen von Kang et al. (2012). Ein weiterer Grund für die bessere Vergleichbarkeit der Studien von Mikkelsen et al. (2000) und Tagesson et al. (2008) ist die Tatsache, dass in beiden Studien schwedische Probanden und Probandinnen untersucht wurden, wobei die teilnehmenden Personen der Studie von Kang et al. (2012) aus Korea stammen. Dies hat jedoch gemäss den Autorinnen dieser Arbeit nur einen kleinen Einfluss auf die Vergleichbarkeit.

Durch die verschiedenen methodischen Vorgehensweisen ergeben sich Differenzen in der Güte der Studien. Diese Unterschiede werden in untenstehender Tabelle 9 verdeutlicht.

Tabelle 9: Übersicht Güte der Hauptstudien

Studie	Objektivität	Reliabilität	Validität	PEDro-Skala
Tagesson et al. (2008)	Gut	Akzeptabel bis gut	Akzeptabel bis gut	6/10
Mikkelsen et al. (2000)	Gut	Schlecht bis angemessen	Nicht garantiert bis gut	5/10
Kang et al. (2012)	Ungenügend	Akzeptabel bis gut	Akzeptabel bis gut	4/10

Die Güte der Studie von Tagesson et al. (2008) ist gemäss Tabelle 9 höher einzustufen als diejenige der anderen beiden Studien, wodurch ihren Ergebnissen mehr Gewicht verlieht werden kann.

Wie im Kapitel 2 „Theoretischer Hintergrund“ beschrieben, spielen OKC-Übungen im Kraftaufbau des M. quadriceps femoris eine wichtige Rolle (Froböse et al., 2015), was die Resultate der vorliegenden Arbeit bestätigen. Begründet wurden die Vorteile der OKC mit mehr Muskelaktivierung und weniger Ausweichbewegungen als bei der CKC (Kisner et al., 2010, Froböse et al., 2015). Die integrierten Studien dieser Arbeit unterliessen eine physiologische Erklärung der Vorteile und stützten sich ausschliesslich auf ihre Resultate.

Die beiden in Kapitel 1.1 „Stand der Forschung“ beschriebenen Hauptkritikpunkte an der OKC können entkräftet werden. Weder die Knielaxität noch der Stress auf das VKB wurden in den Gruppen, welche mit OKC trainierten, von den Forschenden Tagesson et al. (2008) und Mikkelsen et al. (2000) als kritisch beurteilt.

Die Auffassung darüber, wann welche kinetische Kette in der Rehabilitation eingesetzt werden soll, scheint sich im Laufe der Zeit verändert zu haben. Während, wie im Kapitel 1.1 „Stand der Forschung“ beschrieben, Froböse (1993, zit. nach Froböse & Nelleson, 1998, S. 43) der Ansicht ist, dass ein Kraftdefizit zuerst mit OKC-Übungen zu behandeln ist und CKC-Übungen erst danach eingesetzt werden sollen, vertreten die Forschenden Tagesson et al. (2008) und Mikkelsen et al. (2000) eine andere Auffassung. Sie befürworten den Einsatz von CKC-Übungen von Beginn an und setzten OKC-Übungen gleichzeitig oder leicht verzögert ein.

Die Hauptvorteile der beiden kinetischen Ketten führen, wie im Kapitel 2.4 „Offene und geschlossene kinetische Kette“ bereits erwähnt, gemäss Froböse et al. (2015) dazu, dass CKC-Übungen vor allem für das funktionelle Training der Muskulatur und OKC-Übungen hauptsächlich für die Kräftigung von atrophierten Muskeln angewendet werden. Dieser Ansatz wird gemäss den Autorinnen dieser Arbeit von allen drei untersuchten Hauptstudien berücksichtigt. Kang et al. (2012) setzten auf isolierte OKC-Übungen, da durch die vorausgehende dreimonatige Rehabilitation nur noch ein Kraftdefizit bestand. Mikkelsen et al. (2000) und Tagesson et al. (2008) kombinierten hingegen beide kinetischen Ketten, um den Aspekt der Funktionalität in der Rehabilitation nicht zu vernachlässigen.

Die in der Einleitung beschriebenen Empfehlungen von Fukuda et al. (2013), die ROM während OKC-Übungen zu Beginn der Rehabilitation zu limitieren, decken sich mit den Massnahmen der Studie von Mikkelsen et al. (2000). In den beiden anderen Hauptstudien wurde eine Limitation der ROM weder diskutiert noch umgesetzt. Die Autorinnen dieser Arbeit schlussfolgern, dass in der aktuellen Literatur bezüglich der Anwendung der Limitierung der ROM deutliche Unterschiede zu finden sind und deshalb dazu keine abschliessende Aussage gemacht werden kann.

Aufgrund der bisher diskutierten Inhalte kann im Bezug zur Fragestellung folgendes festgehalten werden: Grundsätzlich erlangte jeweils die Gruppe, welche OKC-Übungen ins Krafttraining integrierte, mehr isokinetische Kraft des M. quadriceps femoris. Da Mikkelsen

et al. (2000) eine Kombinationsform der kinetischen Ketten untersuchten und auch Tagesson et al. (2008) in beiden Interventionsgruppen OKC mit CKC mischten, kann aufgrund ihrer Resultate darauf geschlossen werden, dass eine Kombination der kinetischen Ketten die effektivste Trainingsform ist. Auch Kang et al. (2012) kamen zum Schluss, dass OKC-Übungen für den Kraftaufbau effizienter sind als CKC-Übungen. Da sie die kinetischen Ketten klar trennten, empfehlen sie jedoch keine Kombinationsform. Vergleicht man diese Aussagen miteinander, muss beachtet werden, dass die Güte von Kang et al. (2012) geringer ausfällt als diejenige der anderen beiden Hauptstudien. Aus diesem Grund gewichten die Autorinnen dieser Arbeit die Empfehlungen von Tagesson et al. (2008) und Mikkelsen et al. (2000) stärker. Die Aussagen von Kang et al. (2012) werden ergänzend angesehen, da die Resultate darauf hindeuten, dass OKC-Übungen für einen effizienten Kraftaufbau vonnöten sind. Das kombinierte Training von CKC- und OKC-Übungen in der Rehabilitation nach VKB-Läsion bringt gemäss der Auffassung der Autorinnen dieser Arbeit nachstehende Vorteile mit sich: Einerseits wird durch OKC-Übungen die Kraft des M. quadriceps femoris effizienter aufgebaut, wodurch die Rehabilitationsdauer verkürzt wird und folglich die Rückkehr zum Sport schneller erfolgt. Andererseits geht der Aspekt der Funktionalität durch den Miteinbezug von CKC-Übungen nicht verloren. Aufgrund dieser Einschätzung beantworten die Autorinnen die Fragestellung dieser Arbeit wie folgt: Eine Kombinationsform von Training in OKC und CKC ist am effektivsten für den Kraftaufbau des M. quadriceps femoris in der Rehabilitation nach einer VKB-Verletzung.

Weiterführend muss geklärt werden, welche OKC- und CKC-Übungen wie kombiniert werden sollen, damit die Kraft des M. quadriceps femoris am effizientesten gesteigert wird. Ebenfalls unklar bleibt, wann das Training in OKC optimalerweise starten soll, um eine möglichst kurze Rehabilitationsdauer ohne Gefährdung der Strukturen im Knie zu gewährleisten. Anhaltspunkte diesbezüglich liefern Informationen von Mikkelsen et al. (2000) und Tagesson et al. (2008), welche das OKC-Training nach durchschnittlich sechs, respektive sieben Wochen postoperativ oder posttraumatisch starteten. Eine weitere Orientierungshilfe bieten Heijne, Fleming, Renstrom, Peura, Beynon und Werner (2004), welche aussagen, dass OKC-Übungen zum gleichen Zeitpunkt wie aggressive, einbeinige CKC-Übungen begonnen werden können. Abschliessend ist zu klären, ob und in welchem Ausmass das Training in OKC in einer limitierten ROM durchgeführt werden soll und ob

die Limitierung der ROM einen früheren Beginn mit OKC-Übungen ermöglicht. In der aktuellen Literatur sind sich Escamilla, MacLeod, Wilk, Paulos und Andrews (2012) und Fukuda et al. (2013) darüber einig, dass eine Limitation der ROM Sinn macht. Die Aussagen über das genaue Ausmass dieser Limitierung sind jedoch nicht kongruent. Während Escamilla et al. (2012) berichten, dass zwischen 50-100° Flexion die Belastung des VKBs geringer ist als zwischen 10-15° Flexion, empfehlen Fukuda et al. (2013), die Limitierung der ROM auf 45-90° Flexion festzulegen.

6. Theorie-Praxis-Transfer

Aufgrund der Resultate der vorliegenden Arbeit empfehlen die Autorinnen eine Kombination der offenen und geschlossenen kinetischen Kette für den Kraftaufbau des M. quadriceps femoris in der Rehabilitation nach einer operativ oder konservativ behandelten VKB-Läsion.

Besteht ähnlich wie bei Kang et al. (2012) trotz bereits stattgefundener postoperativer Rehabilitation weiterhin ein Kraftdefizit des Quadricepsmuskels, empfehlen die Autorinnen dieser Arbeit isoliertes OKC-Training. Die Autorinnen vermuten, dass dies auch auf konservativ behandelte Patienten und Patientinnen übertragbar ist, was zukünftig noch zu untersuchen ist.

Bezüglich der genauen Übungsauswahl und deren Dosierung kann aufgrund der Resultate der vorliegenden Arbeit keine Empfehlung für die Praxis abgegeben werden, da die untersuchten Hauptstudien unterschiedliche oder keine Angaben dazu machen. Aufgrund der aktuellen Literatur und der in den Hauptstudien durchgeführten Interventionen empfehlen die Autorinnen den Squat als Grundübung für Training in CKC und die Leg extension als Grundübung für OKC-Training. Ob die Leg extension auf einer isokinetischen Trainingsmaschine oder einem normalen Trainingsgerät effizienter ist für den Kraftaufbau des M. quadriceps femoris, kann aufgrund der Resultate der vorliegenden Arbeit nicht entschieden werden, weshalb dies weitere Forschung erfordert.

7. Schlussfolgerung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, eine evidenzbasierte Praxisempfehlung für Patienten und Patientinnen mit einer VKB-Ruptur in der Rehabilitation abzugeben. Diese soll beinhalten, ob das Training in offener oder geschlossener kinetischer Kette oder in einer Kombinationsform am effektivsten ist, um die isokinetische Kraft des M. quadriceps femoris zu verbessern.

Anhand einer systematischen Literaturrecherche wurden drei Studien gefunden, welche sich mit dem Outcome isokinetische Kraft des M. quadriceps femoris beschäftigen. Die Analyse und die kritische Gegenüberstellung der drei Hauptstudien führte zu folgender Empfehlung: In der Rehabilitation von Personen mit einer VKB-Läsion sollten die kinetischen Ketten kombiniert werden, um den Quadricepsmuskel effektiv zu kräftigen. Eine Limitation der vorliegenden Arbeit ist, dass nur drei Hauptstudien untersucht wurden. Aufgrund der geringen Studienanzahl basiert diese Praxisempfehlung nicht auf einer breit abgestützten Evidenz. Um diese zu erlangen, sind weitere ähnliche Untersuchungen nötig. Die mittelmässige Güte der untersuchten Hauptstudien stellt eine weitere Limitation dar und mindert die Aussagekraft der Resultate dieser Arbeit. Die relativ gute Vergleichbarkeit der integrierten Hauptstudien ist eine Stärke dieser Arbeit und führt dazu, dass im Gegensatz zur Arbeit von Niggli (2013) eine richtungsweisende Praxisempfehlung gemacht werden kann.

Das Resultat der vorliegenden Arbeit könnte für zukünftige Forschung als Grundbaustein dienen, sodass sich die weitere Forschung inhaltlich auf folgende Aspekte konzentriert: Einerseits soll die effektivste Übungsauswahl und -kombination ermittelt werden und andererseits deren Dosierung.

Literaturverzeichnis

Hauptstudien

- Kang, H., Jung, J., & Yu, J. (2012). Comparison of strength and endurance between open and closed kinematic chain exercises after anterior cruciate ligament reconstruction: randomized control trial. *Journal of Physical Therapy Science*, 24(10), 1055-1057.
- Mikkelsen, C., Werner, S., & Eriksson, E. (2000). Closed kinetic chain alone compared to combined open and closed kinetic chain exercises for quadriceps strengthening after anterior cruciate ligament reconstruction with respect to return to sports: a prospective matched follow-up study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 8(6), 337-342.
- Tagesson, S., Öberg, B., Good, L., & Kvist, J. (2008). A comprehensive rehabilitation program with quadriceps strengthening in closed versus open kinetic chain exercise in patients with anterior cruciate ligament deficiency a randomized clinical trial evaluating dynamic tibial translation and muscle function. *The American journal of sports medicine*, 36(2), 298-307.

Studien

- Andersson, D., Samuelsson, K. & Karlsson, J. (2009). Treatment of anterior cruciate ligament injuries with special reference to graft type and surgical technique: an assessment of randomized controlled trials. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 25(10), 1139-1174.
- Arneja, S., & Leith, J. (2009). Review article: Validity of the KT-1000 knee ligament arthrometer. *Journal of Orthopaedic Surgery*, 17(1), 77-79.
- Beinert, K. (2008). Kreuzbandrehabilitation in der offenen Kette—Fakten und Mythen. *manuelletherapie*, 12(03), 125-130.
- Cardone, C., Menegassi, Z., & Emygdio, R. (2004). Isokinetic assessment of muscle strength following anterior cruciate ligament reconstruction. *Isokinetics and exercise science*, 12(3), 173-177.
- Drouin, J. M., Valovich-mcLeod, T. C., Shultz, S. J., Gansneder, B. M., & Perrin, D. H. (2004). Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *European journal of applied physiology*, 91(1), 22-29.

- Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Zheng, N., Barrentine, S. W., Wilk, K. E., & Andrews, J. R. (1998). Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(4), 556-569.
- Escamilla, R. F., MacLeod, T. D., Wilk, K. E., Paulos, L., & Andrews, J. R. (2012). ACL Strain and Tensile Forces for Weight Bearing and Non—Weight-Bearing Exercises After ACL Reconstruction: A Guide to Exercise Selection. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 42(3), 208-220.
- Fitzgerald, G. K. (1997). Open versus closed kinetic chain exercise: issues in rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstructive surgery. *Physical therapy*, 77(12), 1747.
- Fleming, B. C., Oksendahl, H., & Beynnon, B. D. (2005). Open-or closed-kinetic chain exercises after anterior cruciate ligament reconstruction? *Exercise and sport sciences reviews*, 33(3), 134-140.
- Fukuda, T. Y., Fingerhut, D., Moreira, V. C., Camarini, P. M. F., Scodeller, N. F., Duarte, A., Martinelli, M. & Bryk, F. F. (2013). Open Kinetic Chain Exercises in a Restricted Range of Motion After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction A Randomized Controlled Clinical Trial. *The American journal of sports medicine*, 41(4), 788-794.
- Glass, R., Waddell, J., & Hoogenboom, B. (2010). The effects of open versus closed kinetic chain exercises on patients with ACL deficient or reconstructed knees: a systematic review. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 5(2), 74.
- Grodski, M., & Marks, R. (2008). Exercises following anterior cruciate ligament reconstructive surgery: biomechanical considerations and efficacy of current approaches. *Research in Sports Medicine*, 16(2), 75-96.
- Grood, E. S., Suntay, W. J., Noyes, F. R., & Butler, D. L. (1984). Biomechanics of the knee-extension exercise. Effect of cutting the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am*, 66(5), 725-734.
- Heijne, A., Fleming, B. C., Renstrom, P. A., Peura, G. D., Beynnon, B. D., & Werner, S. U. Z. A. N. N. E. (2004). Strain on the anterior cruciate ligament during closed kinetic chain exercises. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(6), 935-941.

- Hewett, T. E., Stroupe, A. L., Nance, T. A., & Noyes, F. R. (1996). Plyometric training in female athletes decreased impact forces and increased hamstring torques. *The American journal of sports medicine*, 24(6), 765-773.
- Jansen, V., Radbourne, L., Fakis, A., Bradley, M., Burke, F., & Ellis, J. (2010). Validity, responsiveness, intra-and inter-rater reliability of the weighted tape measure when measuring digital circumference. *Hand Therapy*, 15(2), 31-38.
- Kocher, M. S., Steadman, J. R., Briggs, K. K., Sterett, W. I., & Hawkins, R. J. (2004). Reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm knee scale for various chondral disorders of the knee. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 86(6), 1139-1145.
- Kvist, J., & Gillquist, J. (2001). Sagittal plane knee translation and electromyographic activity during closed and open kinetic chain exercises in anterior cruciate ligament-deficient patients and control subjects. *The American journal of sports medicine*, 29(1), 72-82.
- Luomajoki, H. (2013). Kreuzbandverletzung: Physiotherapie erzielt gleich gute Resultate wie die viel teurere Operation. *Physiofacts 2013*, 1, 4.
- Mayhew, T. P., Rothstein, J. M., Finucane, S. D., & Lamb, R. L. (1994). Performance characteristics of the Kin-Corn dynamometer. *Phys Ther*, 74(11), 1047-1054.
- Morrissey, M. C., Perry, M. C., & King, J. B. (2009). Is knee laxity change after ACL injury and surgery related to open kinetic chain knee extensor training load?. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 88(5), 369-375.
- Nitschke, J. E. (1992). Reliability of isokinetic torque measurements: A review of the literature. *Australian Journal of Physiotherapy*, 38(2), 125-134.
- Norouzi, S., Esfandiarpour, F., Shakourirad, A., Salehi, R., Akbar, M., & Farahmand, F. (2013). Rehabilitation after ACL injury: a fluoroscopic study on the effects of type of exercise on the knee sagittal plane arthrokinematics. *BioMed research international*, 2013.
- Palmieri-Smith, R. M., Thomas, A. C., & Wojtys, E. M. (2008). Maximizing quadriceps strength after ACL reconstruction. *Clinics in sports medicine*, 27(3), 405-424.
- Perry, M. C., Morrissey, M. C., King, J. B., Morrissey, D., & Earnshaw, P. (2005). Effects of closed versus open kinetic chain knee extensor resistance training on knee laxity and leg function in patients during the 8-to 14-week post-operative period after

anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 13(5), 357-369.

- Perry, M. C., Morrissey, M. C., Morrissey, D., Knight, P. R., McAuliffe, T. B., & King, J. B. (2005). Knee extensors kinetic chain training in anterior cruciate ligament deficiency. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 13(8), 638-648.
- Petersen, W., Rosenbaum, D., & Raschke, M. (2005). Anterior cruciate ligament ruptures in female athletes. Part 1: Epidemiology, injury mechanisms, and causes. *Deutsche Zeitschrift Fur Sportmedizin*, 56(6), 150-156.
- Rist, H. J., Praxisklinik Rennbahn, A. G., & Kaelin, X. (2014). Reliability and Validity of Two Measurement Systems in the Quantification of Jump Perfor. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 62(1), 57-63.
- Rodkey, W., Briggs, K., Lysholm, J., & Tegner, Y. (2010). 25 years later: reliability, validity and responsiveness of patient-administered lysholm score and tegner activity scale for anterior cruciate ligament injuries of the knee. *Orthopaedic Proceedings* (Vol. 92, No. SUPP IV, pp. 505-506). Orthopaedic Proceedings.
- Ross, M. D., Denegar, C. R., & Winzenried, J. A. (2001). Implementation of open and closed kinetic chain quadriceps strengthening exercises after anterior cruciate ligament reconstruction. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(4), 466-473.
- Rozzi, S. L., Lephart, S. M., Gear, W. S., & Fu, F. H. (1999). Knee joint laxity and neuromuscular characteristics of male and female soccer and basketball players. *The American journal of sports medicine*, 27(3), 312-319.
- Salavati, M., Akhbari, B., Mohammadi, F., Mazaheri, M., & Khorrami, M. (2011). Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS); reliability and validity in competitive athletes after anterior cruciate ligament reconstruction. *Osteoarthritis and Cartilage*, 19(4), 406-410.
- Seo, D. I., Kim, E., Fahs, C. A., Rossow, L., Young, K., Ferguson, S. L., Theibaud, R., Sherk, V. D., Loenneke, J. P., Kim, D., Lee, M. K., Choi, K., Bembem, D. A., Bembem, M. G. & So, W. Y. (2012). Reliability of the one-repetition maximum test based on muscle group and gender. *J Sports Sci Med*, 11(2), 221-5.
- Tagesson, S. (2008). Dynamic knee stability after anterior cruciate ligament injury. *Emphasis on rehabilitation [master's thesis]*. Linköping: Division of Physiotherapy, Linköping University.

- Uçar, M., Koca, I., Eroglu, M., Eroglu, S., Sarp, U., Arik, H. O., & Yetisgin, A. (2014). Evaluation of open and closed kinetic chain exercises in rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of physical therapy science*, 26(12), 1875-1878.
- Verdijk, L. B., Van Loon, L., Meijer, K., & Savelberg, H. H. (2009). One-repetition maximum strength test represents a valid means to assess leg strength in vivo in humans. *Journal of sports sciences*, 27(1), 59-68.
- Wiertsema, S. H., Van Hooff, H. J. A., Migchelsen, L. A. A., & Steultjens, M. P. M. (2008). Reliability of the KT1000 arthrometer and the Lachman test in patients with an ACL rupture. *The Knee*, 15(2), 107-110.
- Wilk, K. E., Zheng, N., Fleisig, G. S., Andrews, J. R., & Clancy, W. G. (1997). Kinetic chain exercise: implications for the anterior cruciate ligament patient. *Journal of Sport Rehabilitation*, 6(2), 125-143.
- Wright, R. W., Preston, E., Fleming, B. C., Amendola, A., Andrish, J. T., Bergfeld, J. A., Dunn, W. R., Kaeding, C., Kuhn, J. E., Marx, R. G., McCarty, E. C., Parker, R. C., Spindler, K. P., Wolcott, M., Wolf, B. R. & Williams, G. N. (2008). A Systematic Review of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Rehabilitation—Part II: Open Versus Closed Kinetic Chain Exercises, Neuromuscular Electrical Stimulation, Accelerated Rehabilitation, and Miscellaneous Topics. *Journal of Knee Surgery*, 21(03), 225-234.

Bücher

- Bant, H., Haas, H., Opey, M. & Steverding, M. (2011). *Sportphysiotherapie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Bizzini, M. (2000). *Sensomotorische Rehabilitation nach Beinverletzungen. Mit Fallbeispielen in allen Heilungsstadien*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Buchbauer, J. & Steininger, K. (2004). *Funktionelles Kraftaufbautraining in der Rehabilitation. Komplette Programme zum medizinischen Aufbautraining*. München: Urban & Fischer Verlag.
- Burstein, A. H. & Wright, T. M. (1997). *Biomechanik in Orthopädie und Traumatologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Dvir, Z. (2004). *Isokinetics. Muscle Testing, Interpretation and Clinical Applications*. London: Churchill Livingstone.

- Engelhardt, M., Krüger-Franke, M., Pieper, H. & Siebert, C. H. (2005). *Sportverletzungen – Sportschäden*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Felder, H. (1999). *Isokinetik in Sport und Therapie*. München: Richard Pflaum Verlag.
- Froböse, I. & Nellessen, G. (1998). *Training in der Therapie. Grundlagen und Praxis*. Wiesbaden: Ullstein Medical Verlagsgesellschaft mbH & Co.
- Froböse, I. & Wilke, C. (2015). *Training in der Therapie. Grundlagen*. München: Urban & Fischer Verlag.
- Hochschild, J. (2012). *Strukturen und Funktionen begreifen. Funktionelle Anatomie – Therapierelevante Details. LWS Becken und Hüftgelenk Untere Extremität*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Hollmann, W. & Strüder, H. K. (2009). *Sportmedizin. Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin*. Stuttgart: Schattauer.
- Huch, R. & Jürgens, K. D. (2015). *Mensch Körper Krankheit*. München: Urban & Fischer Verlag.
- Hudson, Z. & Small, C. (2013). *Leitfaden Physiotherapie bei Sportverletzungen*. München: Urban & Fischer Verlag.
- Hüter-Becker, A. & Dölken, M. (2005). *Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Kapandji, I. A. (2006). *Funktionelle Anatomie der Gelenke. Schematisierte und kommentierte Zeichnungen zur menschlichen Biomechanik*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Kieser, W. (2006). *Krafttraining in Prävention und Therapie. Grundlagen, Indikationen, Anwendungen*. Bern: Hans Huber Verlag.
- Kisner, C. & Colby, L. A. (2010). *Grundlagen der Physiotherapie. Vom Griff zur Behandlung*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Krischak, G. (2005). *Traumatologie für Physiotherapeuten*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Laube, W. (2009). *Sensomotorisches System. Physiologisches Detailwissen für Physiotherapeuten*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Markworth, P. (2009). *Sportmedizin*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- Musahl, V., Karlsson, J., Kuroda, R. & Zaffagnini, S. (2017). *Rotatory Knee Instability: An Evidence Based Approach*. Wil: Springer Verlag.

- Noyes, F. R. & Barber-Westin, S. (2012). *ACL Injuries in the Female Athlete. Causes, Impacts, and Conditioning Programs*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Oesch, P., Hilfiker, R., Keller, S., Kool, J., Schädler, S., Tal-Akrabi, A., Verra, M. & Widmer Leu, C. (2007). *Assessments in der muskuloskelettalen Rehabilitation*. Bern: Hans Huber Verlag.
- Paulsen, F. & Waschke, J. (2010). *Sobotta. Atlas der Anatomie des Menschen. Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat*. München: Urban & Fischer Verlag.
- Radlinger, L., Bachmann, W., Homburg, J., Leuenberger, U. & Thaddey, G. (1998). *Rehabilitatives Krafttraining*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Schünke, M. (2014). *Funktionelle Anatomie. Topografie und Funktion des Bewegungssystems*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Schünke, M., Schulte, E. & Schuhmacher, U. (2011). *Prometheus. LernAtlas der Anatomie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Seidenspinner, D. (2005). *Training in der Physiotherapie. Sehen, Verstehen, Üben, Anwenden*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- van den Berg, F. (2011). *Angewandte Physiologie 1. Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Waschke, J., Böckers, T. M. & Paulsen, F. (2015). *Anatomie. Das Lehrbuch*. München: Urban & Fischer Verlag.
- Wegner, U. (2003). *Sportverletzungen. Symptome, Ursachen, Therapie*. Hannover: Schlütersche GmbH & Co. KG.
- Wülker, N. (2005). *Orthopädie und Unfallchirurgie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Zilles, K. & Tillmann, B. N. (2010). *Anatomie*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

Internetquellen

Analytische Studien (n.d.) heruntergeladen von

http://www.henet.ch/ebph/11_studientypen/studientypen_114.php am 07.03.2017

De With, E. (2014). Population und Stichprobe. Heruntergeladen von

<https://moodle.zhaw.ch/mod/folder/view.php?id=469182> am 07.03.2017

Hegenscheidt, S., Harth, A. & Scherfer, E. (2010). PEDro-skala – Deutsch.

Heruntergeladen von <https://www.pedro.org.au/german/downloads/pedro-scale/> am 13.12.16

- Isometrische und Isokinetische Kraftmessung. (n.d.) Heruntergeladen von <http://www.physiotherapie.uniklinikum-jena.de/Leistungsangebote/Untersuchungen/Isokinetik.html> am 3.12.16
- Marquardt, M. (2017). Randomisierte kontrollierte Studie. Heruntergeladen von http://flexikon.doccheck.com/de/Randomisierte_kontrollierte_Studie am 07.03.2017
- Muskelfunktionsdiagnostik. (n.d.). Heruntergeladen von <http://www.gesundheitslexikon.com/Medizingeraetediagnostik/Sport/Muskelfunktionsdiagnostik.html> am 3.12.16
- Niggli, S. (2013). Die konservative Behandlung einer vorderen Kreuzbandruptur. Soll der Muskelaufbau in offener oder geschlossener Kette stattfinden? Heruntergeladen von <http://www.refworks.com/refworks2/default.aspx?r=references|MainLayout::init> am 14.10.2016
- Rösner, S. (2015). Compliance und Adherence (Adhärenz). Heruntergeladen von <https://moodle.zhaw.ch/mod/folder/view.php?id=470194> am 07. 03. 2017
- System 4 Pro. (2017). Heruntergeladen von <http://www.biodex.com/physical-medicine/products/dynamometers/system-4-pro> am 30.01.2017

Weitere Literatur

- Ris, I. & Preusse-Bleuler, B. (2015). AICA: Arbeitsinstrument für ein Critical Appraisal eines Forschungsartikels. Schulungsunterlagen Bachelorstudiengänge Departement Gesundheit ZHAW.

Zusatzverzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anatomie Kreuzbänder (Schünke, Schulte & Schumacher, 2011, S. 444) ...	14
Abbildung 2: Aufbau eines Muskels (van den Berg, 2011, S. 208)	15
Abbildung 3: Muskeln ventral und dorsal des Kniegelenks (Schünke et al., 2011, S. 483 & S. 485)	16
Abbildung 4: Drehmoment M. quadriceps femoris (Dvir, 2004, S. 4)	25
Abbildung 5: Isokinetische Kraftmessung M. quadriceps femoris (Felder, 1999, S. 95)	25
Abbildung 6: Kräfte in OKC und CKC (Buchbauer et al., 2004, S. 273).....	29

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Dosierung Krafttrainingsarten (Bant et al., 2011, S. 199).....	24
Tabelle 2: Keywords der Literaturrecherche	30
Tabelle 3: Hauptstudien	31
Tabelle 4: Search History	31
Tabelle 5: Übersicht Datenerhebung Tagesson et al. (2008).....	34
Tabelle 6: Übersicht Datenerhebung Mikkelsen et al. (2000)	39
Tabelle 7: Übersicht Datenerhebung Kang et al. (2012)	43
Tabelle 8: Übersicht Studienbewertung mittels PEDro-Skala	46
Tabelle 9: Übersicht Güte der Hauptstudien	49

Deklaration der Wortzahl

Die vorliegende Arbeit enthält 11628 Worte, exklusive der vorgegebenen Ausschlusskriterien. Das deutsche Abstract enthält 196 Worte, das Englische 198.

Danksagung

Die Autorinnen bedanken sich besonders bei der Betreuerin Anne Wälchli für die kompetente Unterstützung, die ständige Erreichbarkeit sowie für die Beantwortung vieler Fragen während des Arbeitsprozesses. Ein weiterer Dank gilt den Korrekturleserinnen Carolin Noll, Sabrina Hug, Alexandra Kohler, Jana Zahner, Tom Parkinson und Martina Weibel für das konstruktive Feedback. Auch den Familien und Freunden der Autorinnen gebührt ein herzliches Dankeschön für das kontinuierliche Anspornen und Motivieren, was einen wesentlichen Beitrag zum Gelingen dieser Arbeit leistete.

Eigenständigkeitserklärung

Wir, Croci-Torti Graziella und Frei Nadine, erklären hiermit, dass wir die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benutzung der angegebenen Quellen verfasst haben.

Ort & Datum: Winterthur, 26.04 2017

Unterschrift Croci-Torti Graziella: 

Ort & Datum: Winterthur, 26.04.2017

Unterschrift Frei Nadine: 

Anhang

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Definition
ACL	Anterior cruciate ligament
Art.	Articulatio (Gelenk)
CKC	Closed kinetic chain / geschlossene kinetische Kette
HKB	Hinteres Kreuzband
Lig.	Ligamentum (Band)
M.	Musculus (Muskel)
MRT	Magnetresonanztomographie
N	Newton
OKC	Open kinetic chain / offene kinetische Kette
RCT	Randomized controlled trial / randomisierte kontrollierte Studie
VKB	Vorderes Kreuzband
1-RM	One repetition maximum / Ein-Repetitionsmaximum

Glossar

Begriff	Bedeutung
Compliance	Therapietreue oder (unreflektierte, unkritische) Folgsamkeit gegenüber ärztlichen Empfehlungen (Rösner, 2015).
Cool-Down	Abkühlen
Ein-Repetitionsmaximum	Das Ein-Repetitionsmaximum ist der Gold-Standard um die Muskelkraft in klinischen Situationen. Es wird definiert als das maximale Gewicht, welches einmal mit korrekter Technik angehoben werden kann (Seo et al., 2012).
Gematchte Stichprobe	Geschichtete Stichprobe, die Systeme werden so ausgewählt, dass alle wichtigen Merkmale wie gefordert vertreten sind (De With, 2014).
Leg curl	Beinbeugung
Leg extension	Beinstreckung
Leg press	Beinpresse
Lunge	Ausfallschritt
Probability sampling	Zufallsstichprobe / randomisierte Stichprobe bei der alle Personen der Population die gleiche Chance haben, in die Stichprobe gewählt zu werden (De With, 2014)
Prospective matched follow-up study	Synonym: Kohortenstudie. Für eine prospektive Kohortenstudie werden die Teilnehmer unter denjenigen Personen ausgesucht, bei denen ein bestimmtes zu untersuchendes Ereignis noch nicht eingetreten ist. Je nach Fragestellung kann es sich um eine Stichprobe aus der allgemeinen Bevölkerung handeln oder aus einer speziellen Risikogruppe. Zu Beginn und während der Beobachtungszeit wird untersucht, welche Personen dem zu untersuchenden Faktor ausgesetzt sind. Durch Vergleich des vorher definierten Outcome zwischen beiden Gruppen kann der Effekt des Faktors auf den Outcome quantifiziert werden (Analytische Studien, n.d.).
Randomized controlled trial	„Eine randomisierte kontrollierte Studie ist ein Studiendesign für experimentelle Studien, das aufgrund seiner Eigenschaften als "Goldstandard" eines Studiendesigns gilt“ (Marquardt, 2017).
Review	Studie, welche bereits existierende Studien zu einer bestimmten Fragestellung untersuchen (Analytische Studien, n.d.).

Sample-size-calculation	Berechnung der optimalen Stichprobengrösse (De With, 2014)
Sitting knee extension	Knie-Extension aus dem Sitz
Straight leg raise	Anheben des gestreckten Beines
Squat	Kniebeuge
Warm-Up	Aufwärmen

Studie Tagesson et al. (2008)

	Forschungs-schritte	Leitfragen zur inhaltlichen Zusammenfassung	Leitfragen zur Würdigung
Einleitung	<p>Problem- beschreibung Bezugsrahmen Forschungsfrage (Hypothese)</p>	<p>Um welche Konzepte/Probleme handelt es sich?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schwäche des Quadricepsmuskels ist eine der grössten Herausforderungen in der Rehabilitation nach VKB-Ruptur. • Einfluss von OKC / CKC auf die Quadricepskraft und die passiven Strukturen des Knies. <p>Was ist die Forschungsfrage, -zweck bzw. das Ziel der Studie?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ziel: Unterschied zwischen einem Rehabilitationsprogramm mit zusätzlichen CKC-Übungen und einem Rehabilitationsprogramm mit zusätzlichen OKC-Übungen bezüglich statischer und dynamischer sagittaler Tibiatranslation, Muskelfunktion und subjektiver Kniefunktion evaluieren. <p>Welchen theoretischen Bezugsrahmen weist die Studie auf?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kraftaufbau des M. quadriceps femoris ist ein wichtiger Bestandteil der Rehabilitation nach VKB-Ruptur. • Häufig haben Patienten auch nach der Rehabilitation noch eine Quadricpesschwäche. • Zwei Möglichkeiten für Krafttraining werden beschrieben (OKC / CKC) und deren Kontroversität in der Literatur wird aufgezeigt. <p>Mit welchen Argumenten wurde der Forschungsbedarf begründet?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Statische und dynamische Tibiatranslation korrelieren nicht miteinander. Trotzdem haben bisherige Studien nur die statische Tibiatranslation berücksichtigt, obwohl diese nicht mit dem funktionellen Outcome 	<p>Beantwortet die Studie eine wichtige Frage der Berufspraxis / BA-Fragestellung?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Berufspraxis: Ja, da viele Patienten und Patientinnen nach der Rehabilitation noch eine Quadricpesschwäche haben. • BA-Fragestellung: Ja, die Studie untersucht die isokinetische Kraft des M. quadriceps femoris nach der Rehabilitation mit OKC oder CKC. <p>Sind die Forschungsfragen klar definiert? Ev. durch Hypothesen ergänzt?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es wird keine Forschungsfrage formuliert. • Das Ziel wurde klar definiert, wobei auch die zu untersuchenden Outcomes genannt werden. • Hypothese: Das Rehabilitationsprogramm ergänzt mit OKC-Übungen verbessert die Quadricepskraft und die Kniefunktion ohne dabei die statische oder dynamische sagittale Tibiatranslation zu vergrössern, verglichen mit dem gleichen Rehabilitationsprogramm ergänzt mit CKC-Übungen. <p>Wird das Thema / das Problem im Kontext von vorhandener konzeptioneller und empirischer Literatur logisch dargestellt?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ja, es wird Literatur angegeben zu: <ul style="list-style-type: none"> - Reduzierter Quadricepskraft nach Reha - Definition OKC / CKC - Kontroversität OKC / CKC - Statischer und dynamischer Tibiatranslation

		oder der Kraft des Quadricepses oder den Hamstrings korreliert.
Methode	Design	<p>Um welches Design handelt es sich?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es handelt sich um einen randomized controlled trial (RCT). <p>Wie wird das Design begründet?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Design wird nicht begründet.
		<p>Ist die Verbindung zwischen der Forschungsfrage und dem gewählten Design logisch und nachvollziehbar?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Durchführung eines RCTs ist sinnvoll, da RCTs eine sehr hohe Evidenz aufweisen. Die Auswahl wird jedoch nicht begründet. <p>Werden die Gefahren der internen und externen Validität kontrolliert?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interne Validität: unvollständige Verblindung des Hauptuntersuchers kann nicht kontrolliert werden. • Externe Validität: ja, die Forschenden beschränken sich bewusst auf konservativ behandelte Personen und erwähnen, dass Forschung mit operativ behandelten Personen nötig ist, um auch für diese Population Ergebnisse zu erhalten.
	Stichprobe	<p>Um welche Population handelt es sich?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Patienten und Patientinnen mit unilateraler VKB-Ruptur, welche nicht älter als 14 Wochen ist und durch eine Arthroskopie oder ein MRI bestätigt wurde. • Alter: 15 – 45 Jahre • Land: Schweden <p>Welches ist die Stichprobe? Wer? Wieviel? Charakterisierungen?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 42 Personen, davon 24 Männer und 18 Frauen, alle mit VKB-Ruptur • Alter: 15 – 44 Jahre, Durchschnittsalter: 26 Jahre • Verletztes Bein: 25 rechts, 17 links • Diagnostiziert durch: <ul style="list-style-type: none"> - Arthroskopie vor Inkludierung: 39 - Arthroskopie nach Nachtest: 1 - MRI: 3 • Begleitverletzungen:
		<p>Ist die Stichprobenziehung für das Design angebracht?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ja. <p>Ist die Stichprobe repräsentativ für die Zielpopulation? Auf welche Population können die Ergebnisse übertragen werden?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Repräsentativ, da relevante Ein- und Ausschlusskriterien definiert und eingehalten wurden. • Zu kritisieren ist, dass die Patienten und Patientinnen nur in einer Institution rekrutiert wurden. <p>Ist die Stichprobengröße angemessen? Wie wird sie begründet? Beeinflussen die Drop-Outs die Ergebnisse?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ja, sie ist angemessen und wird mit einer sample size calculation begründet.

- Partielle Meniskusverletzung: 14
- Mediale Seitenbandverletzung, Grad I: 1
- Laterale Seitenbandverletzung, Grad I: 1
- Knorpelverletzung: 3
- Unfall:
 - Fussball: 21
 - Skifahren: 5
 - Unihockey: 4
 - Basketball: 2
 - Handball: 2
 - Fahrrad fahren: 2
 - Anderes: 6
- Durchschnittliche Anzahl Tage von Unfall bis Assessment vor Rehabilitation (Range): 43 (20-96)
- Durchschnittliche Anzahl Tage von Assessment vor Reha bis Assessment nach Reha (Range): 132 (43-175)

Wie wurde die Stichprobe gezogen? Probability sampling?
Non-probability sampling?

- Probanden und Probandinnen wurden im orthopädischen Departement nach Knie trauma rekrutiert. Wer die Auswahl traf, wird nicht beschrieben. Falls sie den Ein- und Ausschlusskriterien entsprachen, wurden sie gefragt, ob sie an der Studie teilnehmen wollten.
- Es handelt sich um ein Non-probability sampling.

Wie wird die Auswahl der Teilnehmenden beschrieben und begründet?

- Anhand einer sample size calculation wurde errechnet, dass pro Gruppe mindestens 19 Personen notwendig sind.
- Einschlusskriterien:
 - Alter: 15 – 45 Jahre
 - Unilaterale VKB-Ruptur, nicht älter als 14 Wochen
 - Ruptur diagnostiziert durch Arthroskopie oder MRI

- Die Drop-Outs beeinflussen die Ergebnisse nicht, da die berechnete Anzahl Probanden und Probandinnen pro Gruppe trotzdem nicht unterschritten wird.

Wie wurden die Vergleichsgruppen erstellt? Sind sie ähnlich?

- Die rekrutierten Probanden und Probandinnen wurden randomisiert mit Hilfe einer verdeckten Zuteilungsprozedere den beiden Gruppen zugeteilt.
- Die Gruppen sind sich ähnlich, was in Tabelle 1 dargestellt wird.

Werden Drop-Outs angegeben und begründet?

- Ja, die Drop-Outs werden angegeben und begründet. Siehe Figure 1.

- Ausschlusskriterien:
 - Zusatzverletzungen, ausser partielle Meniskusverletzung oder kleinere Kollateralbandverletzungen im verletzten Knie
 - Vorherige Operationen der unteren Extremität, ausser partielle Meniskektomie im verletzten oder unverletzten Knie.

Gibt es verschiedene Studiengruppen?

- Gruppe CKC
- Gruppe OKC

Datenerhebung	<p>Welche Art von Daten wurde erhoben? (physiologische Messungen, Beobachtung, schriftliche Befragung, Interview)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Physiologische Messungen: 1-RM, (Schwellung, passive ROM, statische und dynamische Tibiatranslation, Muskelaktivierung von M. vastus medialis und lateralis, Hamstrings, lateraler Teil des M. gastrocnemius und Mm. gluteii, einbeiniger Squat, isokinetische Kraft M.quadriceps femoris und Hamstrings, horizontaler (Distanz) und vertikaler (Anzahl Sekunden in Luft) einbeiniger Sprung. • Schriftliche Befragung: subjektive Kniefunktion und Aktivitätslevel <p>Wie häufig wurden Daten erhoben?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zweimal, einmal vor und einmal nach der Reha • Ausnahme: das 1-RM wurde in Wochen 1, 5, 9 und 13 erhoben, um das optimale Gewicht für die Kraftübungen zu definieren. 	<p>Ist die Datenerhebung für die Fragestellung nachvollziehbar?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es werden allgemein sehr viele Daten erhoben, wobei nicht alle primär relevant für die Beantwortung der Fragestellung erscheinen. Es wird auch nicht begründet, wieso diese Daten erhoben werden. <p>Sind die Methoden der Datenerhebung bei allen Teilnehmern gleich?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ja, eine Person war für die Durchführung der Assessments vor und nach der Rehabilitation zuständig und die Messmethoden wurden standardisiert. • Das 1-RM zur Festlegung des Gewichts der Kräftigungsübungen wurde jedoch von einem der fünf zuständigen Physiotherapeuten erhoben. <p>Sind die Daten komplett, d.h. von allen Teilnehmern erhoben?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ja
Messverfahren und / oder Intervention	<p>Welche Messinstrumente wurden verwendet (Begründung)?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1-RM: Einbeiniger Squat, Kontrolle durch Hauptuntersucher • Schwellung: Massband, Messung über Patellamitte • Passive ROM: Standard Plastikgoniometer • Tibiatranslation: CA-4000 	<p>Sind die Messinstrumente zuverlässig (reliability)? Sind die Messinstrumente valide (validity)?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1-RM durch Hauptuntersucher: Keine Angaben in der Studie. Gemäss Seo et al. (2012) gute Reliabilität und gemäss Verdijk et al. (2009) gute Validität.

- Muskelaktivierung: MESPEC 4000 EMG unit system
- Isokinetische Kraft: Biodex machine
- Horizontaler (Distanz) und vertikaler (Anzahl Sekunden in Luft) Sprung: Kistler force plate
- Subjektive Kniefunktion: Lysholm Score und Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)
- Aktivitätslevel: Tegner score und von den Autoren entwickelte Fragen
- Nur die Wahl des CA-4000 wurde mit einer zufriedenstellender Reproduzierbarkeit und Validität begründet. Die Wahl der restlichen Messinstrumente wird nicht begründet.

Welche Intervention wird getestet?

- Unterschied zwischen einem Rehabilitationsprogramm ergänzt mit CKC-Übungen verglichen mit einem Rehabilitationsprogramm mit OKC-Übungen.
- Gruppe CKC: Einbeiniger Squat als Hauptübung zur Quadricepskräftigung
- Gruppe OKC: Sitting knee extension als Hauptübung zur Quadricepskräftigung

- Massband: Keine Angaben in der Studie. Gemäss Jansen et al. (2010) gute Reliabilität und Validität.
- Goniometer: Laut Oesch et al. (2007) mässige Reliabilität für kleine Gelenkwinkel und gut bis exzellente Reliabilität für grosse Gelenkwinkel. Gleiches gilt für die Validität.
- CA-4000: laut in der Studie angegebener Quelle befriedigende Validität und Reproduzierbarkeit. Gemäss Musahl et al. (2017) gute Reliabilität.
- MESPEC 4000 EMG unit system: Keine Angaben in der Studie. Gemäss Tagesson (2008) gute Reliabilität und mässig bis gute Validität.
- Biodex machine: Keine Angaben in der Studie. Gemäss System 4 Pro (2017) sehr hohe Reliabilität und Validität.
- Kistler force plate: Keine Angaben in der Studie. Gemäss Rist et al. (2014) gute Reliabilität und mässige Validität.
- Lysholm Score: Keine Angaben in der Studie. Gemäss Kocher et al. (2004) akzeptable Reliabilität sowie Validität.
- KOOS: Keine Angaben in der Studie. Gemäss Salavati et al. (2011) gute Reliabilität und Validität.
- Tegner Score: Keine Angaben in der Studie. Gemäss Rodkey et al. (2010) akzeptable Reliabilität und Validität.
- Da alle Assessments jeweils von der gleichen Person durchgeführt werden, trägt dies zu einer guten Objektivität und Reliabilität bei.

Wird die Auswahl der Messinstrumente nachvollziehbar begründet?

- Abgesehen vom CA-4000 wird die Auswahl nicht begründet.

		<p>Sind mögliche Verzerrungen / Einflüsse auf die Intervention erwähnt?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nein. <p>Bemerkung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obwohl die Hauptübung zur Quadricepskräftigung klar einer kinetischen Kette zugeteilt wird, sind im Rehabilitationsprogramm, welches von beiden Gruppen absolviert wird, Übungen in OKC und CKC enthalten. Dies führt dazu, dass die CKC-Gruppe auch in OKC trainiert und umgekehrt, was die Aussagekraft der Ergebnisse mindert und die Unterschiede zwischen den Gruppen verkleinert.
Datenanalyse	<p>Welches Datenniveau weisen die erhobenen Variablen auf?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1-RM [kg]: Proportionalniveau • Schwellung [cm]: Proportionalniveau • Passive ROM [Grad]: Proportionalniveau • Tibiatranslation [mm]: Proportionalniveau • Muskelaktivierung [Hz]: Proportionalniveau • Isokinetische Kraft [Grad/Sekunde]: Proportionalniveau • Horizontaler (Distanz [m]) und vertikaler (Anzahl Sekunden in Luft [s]) Sprung: beides Proportionalniveau • Subjektive Kniefunktionalität (Lysholm & KOOS Score): beide Ordinalniveau • Aktivitätslevel (Tegner Score): Ordinalniveau <p>Welche statistische Verfahren wurden zur Datenanalyse verwendet (deskriptive und / oder schliessende)?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Independent samples t-Test (Vergleich zwischen Gruppen): Schwellung, passive ROM, Tibiatranslation, Elektromyographie, Muskelkraft, Sprung-Performance, Tegner Score, Lysholm Score • Paired samples t-Test (Vergleich vor/nach Reha): Schwellung, passive ROM, Elektromyographie 	<p>Werden die Verfahren der Datenanalyse klar beschrieben?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ja, jeder Variable wurde ein Test zugeordnet. • Zur Durchführung der Tests werden keine Angaben gemacht. <p>Wurden die statistischen Verfahren sinnvoll angewendet?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verfahren sind sinnvoll angewendet, fraglich ist, ob der X^2-Test notwendig ist. <p>Entsprechen die verwendeten statistischen Tests den Datenniveaus?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ja, ausser für den Tegner Score und den Lysholm Score kann kein t-Test durchgeführt werden, da diese Variablen auf Ordinalniveau sind. <p>Erlauben die statistischen Angaben eine Beurteilung?</p> <p>Ist die Höhe des Signifikanzniveaus nachvollziehbar und begründet?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Höhe des Signifikanzniveaus von $p < 0.05$ ist nachvollziehbar, da es dem Standard entspricht, wird aber nicht begründet.

	<ul style="list-style-type: none"> • Mann-Whitney U-Test: Tegner Score, Lysholm Score, KOOS, ergänzende Fragen der Autoren • X²-Test: ergänzende Fragen der Autoren • SPSS 15.0 und Minitab 13 wurden gebraucht zur Datenanalyse • Schliessende Datenanalyse, da eine Hypothese aufgestellt wurde. <p>Wurde ein Signifikanzniveau festgelegt?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ja, $p < 0,05$ für alle Variablen, ausser Daten Elektromyographie, dort galt $p < 0,001$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Höhe des Signifikanzniveaus von $p < 0.001$ (gilt nur für elektromyographische Daten) wird begründet und ist nachvollziehbar.
Ethik	<p>Welche ethischen Fragen werden von den Forschenden diskutiert und werden entsprechende Massnahmen durchgeführt?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keine ethischen Fragen werden diskutiert. <p>Falls relevant, ist eine Genehmigung einer Ethikkommission eingeholt worden?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ja, vom lokalen Ethikkommittee. 	<p>Inwiefern sind alle relevanten ethischen Fragen diskutiert und entsprechende Massnahmen durchgeführt worden?</p> <p>Unter anderem zum Beispiel auch die Beziehung zwischen Forschenden und Teilnehmenden?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausser der Einholung der Genehmigung vom lokalen Ethikkommittee wurde keine Massnahme durchgeführt und keine weiteren Fragen wurden diskutiert.
Ergebnisse	<p>Welche Ergebnisse werden präsentiert?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schwellung & passive ROM: <ul style="list-style-type: none"> - Kein Unterschied zw. Gruppen vor und nach Reha. • Lachmann Test: <ul style="list-style-type: none"> - Kein Unterschied zw. Gruppen bzgl. der maximalen totalen Tibiatranslation des verletzten und unverletzten Beins und des Verhältnisses vom verletzten zum unverletzten Bein. - Kein Unterschied in beiden Gruppen bzgl. der statischen Tibiatranslation nach Reha. • Gang: <ul style="list-style-type: none"> - Kein Unterschied zw. Gruppen bzgl. der maximalen anterioren Tibiatranslation während dem Gang für das verletzte und unverletzte Bein vor und nach Reha. 	<p>Sind die Ergebnisse präzise?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Ergebnisse werden klar und ausführlich im Text wiedergegeben. • Da die Messmethoden eine angemessene bis gute Reliabilität und Validität aufweisen, kann davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse präzise sind. <p>Wenn Tabellen / Grafiken verwendet wurden, entsprechen diese folgenden Kriterien? Sind sie präzise und vollständig (Titel, Legenden...)? Sind sie eine Ergänzung zum Text?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Tabellen und Grafiken sind übersichtlich dargestellt und jeweils vollständig mit Titel und Legenden beschriftet. • Tabellen werden zwar als Ergänzung zum Text verwendet, sie zeigen jedoch nicht alles, was im Text beschrieben wird. Somit können gewisse Berechnungen nicht nachvollzogen

- Das Verhältnis von verletztem zu unverletztem Bein zwischen den Gruppen hat sich nicht unterschieden.
- Die anteriore Tibiatranslation im verletzten Bein war nach der Reha in beiden Gruppen grösser.
- Nach der Reha war in beiden Gruppen die anteriore Tibiatranslation des verletzten Beines verglichen mit dem unverletzten Bein grösser.
- Kein Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich maximalem oder minimalem Flexionswinkel während dem Gang vor / nach Reha.
- Vor der Reha war der minimale Flexionswinkel vom verletzten Bein grösser im Vergleich mit dem unverletzten Bein in beiden Gruppen.
- In der CKC Gruppe war der minimale Flexionswinkel im verletzten Bein nach der Reha kleiner als vor der Reha.
- Nach der Reha hatten beide Gruppen denselben Flexionswinkel im verletzten Bein verglichen mit dem unverletzten Bein beim Gehen.
- Die Muskelaktivierung vor und nach Reha war in beiden Gruppen gleich.
- In der CKC Gruppe war die durchschnittliche Aktivierung der Hamstrings im verletzten Bein nach der Reha signifikant reduziert.
- In beiden Gruppen zeigte sich nach der Reha ein Trend, dass die durchschnittliche Aktivierung des M. vastus lateralis im verletzten Bein während der gesamten Standbeinphase abnahm.
- In der CKC Gruppe zeigte sich nach der Reha ein Trend, dass die durchschnittliche Aktivierung des M. vastus medialis und des M. gastrocnemius im verletzten Bein geringer war.
- Einbeiniger Squat:
 - Nach der Reha gibt es keinen Unterschied zwischen den Gruppen in der Tibiatranslation

werden. Beispiel Tabelle 2 und 3: Signifikanz zwischen vor und nach der Reha ist nicht ersichtlich, nur im Text vorhanden.

- Die Information in Tabelle 2 entspricht nicht den Informationen aus dem Text aus Abschnitt Subanalyse von Patientin mit optimaler Compliance.

Bemerkung

- Es wäre hilfreich, wenn die Ergebnisse in anderen Unterkategorien präsentiert werden würden. So könnte man unter dem Titel „Tibiatranslation“ alle Messungen aus dem Lachmann Test, dem Gang und dem einbeinigen Squat auflisten und unter dem Titel „Elektromyographische Messungen“ alle Resultate aus Gang und einbeinigem Squat. Diese Gliederung würde eher der Gliederung aus dem Methodenteil entsprechen.

- während dem einbeinigen Squat im verletzten Bein.
- Das Verhältnis der Tibiatranslation zwischen verletztem und unverletztem Bein war in beiden Gruppen ähnlich.
 - Beide Gruppen wendeten eine ähnliche Muskelaktivierungsstrategie an.
 - Es gibt keinen Unterschied zwischen den Gruppen in der durchschnittlichen elektromyographischen Aktivierung im verletzten Bein nach der Reha.
 - Nach der Reha war das Verhältnis der Aktivierung des M.glutaeus maximus zwischen dem verletzten und dem unverletzten Bein in der Flexionsphase des Squats grösser in der OKC Gruppe.
 - Isokinetische Knie Extension und Flexion bei 60°/s
 - Nach der Reha war die Quadricepskraft im verletzten Bein signifikant grösser in der OKC Gruppe verglichen mit der CKC Gruppe (wobei vor der Reha eine gleiche Muskelkraft in beiden Gruppen bestand)
 - Nach der Reha war die Hamstringskraft im verletzten Bein in beiden Gruppen gleich.
 - Es gab keinen Unterschied nach der Reha zwischen den Gruppen bezüglich der Tibiatranslation während Flex/Ex im verletzten Bein.
 - Nach der Reha war die Tibiatranslation während der Extension im verletzten Bein grösser als im unverletzten Bein in beiden Gruppen.
 - Es gab keine signifikanten Unterschiede in den Muskelaktivierungsmustern zwischen den Gruppen.
 - Sprung

- Es gab keine Unterschiede in der Sprung-Performance zwischen den Gruppen nach der Reha.
- Subjektive Kniefunktion & Aktivitätslevel
 - Vor der Reha war der durchschnittliche Lysholm Score in der OKC höher als in der CKC Gruppe.
 - Nach der Reha war der durchschnittliche Lysholm Score in beiden Gruppen ähnlich. Die CKC Gruppe konnte sich also mehr steigern.
 - Vor der Reha zeigten zwei Kategorien des KOOS schlechtere Kniefunktion in der CKC Gruppe als in der OKC Gruppe an.
 - Nach der Reha zeigte der KOOS Score ein ähnliches funktionelles Outcome der beiden Gruppen, obwohl die CKC Gruppe vor der Reha in den Kategorien „Function in daily living“ und „Function in sport and recreation“ eine schlechtere Funktionalität aufwies als die OKC Gruppe.
 - Vor dem Unfall und nach der Reha gab es keinen Unterschied zwischen den Gruppen im Tegner Score.
 - Das durchschnittliche Aktivitätslevel der beiden Gruppen nahm nach dem Unfall ab.
 - In der CKC Gruppe fühlten sich 2 Patienten komplett erholt und 18 fühlten sich besser. Hingegen in der OKC Gruppe fühlten sich 5 Patienten komplett erholt und 16 verbessert, wobei jemand keinen Unterschied bemerkte. Dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant.
 - Bezüglich der Angst einer Wiederverletzung gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.
 - Beide Gruppen äusserten gleiches Vertrauen in das Kniegelenk nach der Reha.

- Die Zufriedenheit mit dem aktuellen Aktivitätslevel war in beiden Gruppen gleich nach der Reha.
- Subanalyse von Patienten mit optimaler Compliance
 - Resultate der Patienten mit optimaler Compliance bezüglich der Tibiatranslation und Muskelkraft waren insgesamt ähnlich zu denjenigen der Gesamtanalyse.
 - In der Gesamtanalyse war die Quadricepskraft im verletzten Bein in der OKC signifikant grösser als in der CKC Gruppe. In der Analyse der Patienten mit optimaler Compliance war dieser Unterschied sogar noch signifikant grösser.

Welche sind die zentralen Ergebnisse der Studie?

- Nach der Reha gibt es keinen Unterschied zwischen den Gruppen in der Tibiatranslation während dem einbeinigen Squat im verletzten Bein.
- Nach der Reha war die Quadricepskraft im verletzten Bein signifikant grösser in der OKC Gruppe verglichen mit der CKC Gruppe (wobei vor der Reha eine gleiche Muskelkraft in beiden Gruppen bestand)
- Es gab keinen Unterschied nach der Reha zwischen den Gruppen bezüglich der Tibiatranslation während Flex/Ex im verletzten Bein.
- Vor der Reha war der durchschnittliche Lysholm Score in der OKC höher als in der CKC Gruppe. Nach der Reha war der durchschnittliche Lysholm Score in beiden Gruppen ähnlich. Die CKC Gruppe konnte sich also mehr steigern.
- Nach der Reha zeigte der KOOS Score ein ähnliches funktionelles Outcome der beiden Gruppen, obwohl die CKC Gruppe vor der Reha in den Kategorien „Function in daily living“ und „Function in sport and recreation“ eine schlechtere Funktionalität aufwies als die OKC Gruppe.
- Resultate der Patienten mit optimaler Compliance bezüglich der Tibiatranslation und Muskelkraft

	<p>waren insgesamt ähnlich zu denjenigen der Gesamtanalyse.</p> <ul style="list-style-type: none"> • In der Gesamtanalyse war die Quadricepskraft im verletzten Bein in der OKC signifikant grösser als in der CKC Gruppe. In der Analyse der Patienten und Patientinnen mit optimaler Compliance war dieser Unterschied sogar noch signifikant grösser. <p>Werden die Ergebnisse verständlich präsentiert (Textform, Tabellen, Grafiken)?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundsätzlich im Text verständlich präsentiert. • Angaben im Text stimmen nicht immer mit Informationen in Tabellen überein (Bsp. Table 2) • Tabellen sind immer ergänzend zum Text und es wird darauf verwiesen. • Nicht alle Informationen aus dem Text sind in den Tabellen enthalten und somit nicht nachvollziehbar. • Grafiken sind vollständig und verständlich präsentiert und sind ergänzend zum Text. 	
Diskussion	<p>Diskussion und Interpretation der Ergebnisse</p> <p>Werden signifikante und nicht signifikante Ergebnisse erklärt? Wie interpretieren die Forschenden die Ergebnisse?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundsätzlich wird auf die signifikanten und nicht signifikanten Ergebnisse eingegangen, wobei die signifikanten Ergebnisse genauer erklärt werden. • Interpretationen: <ul style="list-style-type: none"> - Die vermehrte Quadricepskraft wird als Resultat des Trainings mit OKC interpretiert, wobei hinterfragt wird, ob es auch ein Resultat von vermehrtem Training sein könnte. - Ein Training in CKC ist für die Kräftigung des M. quadriceps femoris insuffizient und kann auch nicht durch verbesserte Compliance effizienter gemacht werden. - Aufgrund des Resultats, welches zeigt, dass die Tibiatranslation sich zwischen den Gruppen nicht unterscheidet, wird interpretiert, dass die passiven Strukturen im Knie in beiden 	<p>Werden alle Resultate diskutiert?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die zentralen Resultate werden diskutiert. Nicht erwähnt werden jedoch die Resultate zu Schwellung, passiver ROM und vermehrter Aktivierung des M. gluteus maximus, M. vastus medialis und M. gastrocnemius. <p>Stimmt die Interpretation mit den Resultaten überein?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es ist nicht klar, warum die Autoren und die Autorinnen ein vermehrtes Training des Quadricepses als Ursache für eine grössere Muskelkraft in Betracht ziehen, da die durchschnittliche Anzahl Trainings in der OKC Gruppe tiefer war als in der CKC Gruppe, somit würde die Interpretation nicht mit den Resultaten übereinstimmen. Vielleicht ist die grössere Anzahl an aktivierten Muskelfasern in der OKC gemeint, dies wird aber nicht so beschrieben.

	<p>Rehabilitationsprogrammen gleich belastet werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die vermehrte dynamische Tibiatranslation nach der Rehabilitation im verletzten Bein wird als Resultat der verminderten elektromyographischen Aktivierung der Muskulatur interpretiert. - Patienten mit einer VKB-Ruptur brauchen ein Training in OKC, um eine gute Quadricepskraft zu erreichen. <p>Kann die Forschungsfrage aufgrund der Daten beantwortet werden?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ja, sie kann komplett beantwortet werden. <p>Werden Limitationen diskutiert?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es ist unklar, ob die Kraftverbesserung im Quadriceps aufgrund OKC-Training oder nur vermehrtem Quadricepstraining stattgefunden hat. • Schlechte Compliance einiger Patienten • Hauptuntersucher konnte nicht vollständig gebildet werden, da er auch seine eigenen 7 Patienten und Patientinnen testete. <p>Werden die Ergebnisse mit ähnlichen Studien verglichen?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ja, sehr ausführlich und detailliert. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die restlichen Interpretationen stimmen mit den Resultaten überein. <p>Werden die Resultate in Bezug auf die Fragestellung / Hypothesen, Konzepte und anderen Studien diskutiert und verglichen?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es wird auf andere Studien eingegangen und vergleichbare Resultate werden diskutiert. • Die Fragestellung wird anhand der vorliegenden Resultate beantwortet und diskutiert. <p>Wird nach alternativen Erklärungen gesucht?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nur bei der erhöhten Quadricepskraft wird diskutiert, ob diese auch durch ein vermehrtes Training zustande hätte kommen können. • Ansonsten werden keine alternativen Erklärungen erläutert.
<p>Schlussfolgerung, Anwendung und Verwertung in der Praxis</p>	<p>Welche Implikationen für die Praxis, Theorien und zukünftige Forschung sind beschrieben?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Praxis: Patienten und Patientinnen mit VKB-Ruptur brauchen ein Training in OKC, um den M. quadriceps femoris gut kräftigen zu können. • Theorie: OKC-Übungen verursachen keine Knieinstabilität bei Patienten und Patientinnen mit VKB-Ruptur. • Zukünftige Forschung: Eine ähnliche Studie soll durchgeführt werden mit Patienten und Patientinnen mit einer VKB-Rekonstruktion. 	<p>Ist diese Studie sinnvoll? Werden Stärken und Schwächen aufgewogen?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ja, die Studie ist sinnvoll, da sie ein kontrovers diskutiertes Thema untersucht. • Es werden Stärken und Schwächen aufgezeigt, jedoch verweisen die Autoren öfter auf Schwächen als auf Stärken. <p>Wie und unter welchen Bedingungen sind die Ergebnisse in die Praxis umsetzbar?</p> <ul style="list-style-type: none"> • OKC-Übungen werden in die Rehabilitation von Patienten und Patientinnen mit VKB-Ruptur integriert.

Wäre es möglich, diese Studie in einem anderen klinischen Setting zu wiederholen?

- Ja, vorausgesetzt alle notwendigen Messgeräte sind vorhanden.
 - Alle Übungen sind in einem Onlinedokument ersichtlich und nachvollziehbar aufgelistet. Die Kriterien zur Progression und Dosierung sind ebenfalls nachvollziehbar.
-

Einschätzung der Güte:

- Objektivität:
 - kein investigator bias
 - Die Assessments wurden standardisiert durchgeführt.
 - Hauptassessments wurden nur von einer Person durchgeführt, welche, abgesehen von 7 Personen, geblindet wurde.
 - Insgesamt gute Objektivität
- Reliabilität:
 - Reliabilität der Messinstrumente ist akzeptabel bis gut (siehe Tabelle).
- Validität:
 - Validität der Messinstrumente ist akzeptabel bis gut (siehe Tabelle).
 - Das Design der Studie ist für die Forschungsfrage angemessen und sinnvoll.

Fazit: Die Studie ist gut reproduzierbar, auch wenn die Verblindung der hauptuntersuchenden Person ungenügend war.

	Forschungs-schritte	Leitfragen zur inhaltlichen Zusammenfassung	Leitfragen zur Würdigung
Einleitung	<p>Problem- beschreibung Bezugsrahmen Forschungsfrage (Hypothese)</p>	<p>Um welche Konzepte/Probleme handelt es sich?</p> <ul style="list-style-type: none"> VKB-Rupturen sind eine der häufigsten und ernsthaftesten traumatischen Verletzungen bei physisch aktiven Menschen VKB-Rupturen haben die längste Behinderungsdauer, führen am meisten zu permanenter Sportunfähigkeit und sind die teuerste Verletzung für die Versicherungen und die Gesellschaft. Kein Konsens in der Literatur bezüglich der optimalen Reha nach VKB-Rekonstruktion, ausser bezüglich frühem Bewegen. <p>Was ist die Forschungsfrage, -zweck bzw. das Ziel der Studie?</p> <ul style="list-style-type: none"> Ziel 1: Vergleich von Effekt von Rehabilitation mit CKC-Übungen mit Effekt von Rehabilitation mit CKC- & OKC-Übungen nach einer VKB-Rekonstruktion bezüglich anteriorer Knielaxität und isokinetischer Muskelkraft. Ziel 2: Evaluieren, ob durch diese Interventionen Unterschiede in der Kniefunktion und der Fähigkeit zurück in den Sport zu kehren entstehen. <p>Welchen theoretischen Bezugsrahmen weist die Studie auf?</p> <ul style="list-style-type: none"> Allgemein: <ul style="list-style-type: none"> Aktive Quadricepskräftigung während den letzten 30° der Extension könnte schädlich für das VKB sein aufgrund von hohem Stress. Ein schwacher Quadricepsmuskel ist ein bekanntes Problem nach VKB-Verletzungen. Pro CKC: <ul style="list-style-type: none"> CKC soll verwendet werden, um das rekonstruierte VKB zu schützen, keine OKC! 	<p>Beantwortet die Studie eine wichtige Frage der Berufspraxis / BA-Fragestellung?</p> <ul style="list-style-type: none"> Berufspraxis: Ja, da kein Konsens in der Literatur besteht. BA-Fragestellung: Ja, da untersucht wird, ob eine Hinzunahme von OKC-Übungen Auswirkungen auf die Quadricepskraft hat. <p>Sind die Forschungsfragen klar definiert? Ev. durch Hypothesen ergänzt?</p> <ul style="list-style-type: none"> Es wird keine Forschungsfrage formuliert. Es werden zwei Ziele klar formuliert. Hypothesen werden keine gebildet. <p>Wird das Thema / das Problem im Kontext von vorhandener konzeptioneller und empirischer Literatur logisch dargestellt?</p> <ul style="list-style-type: none"> Ja, es wird Literatur angegeben zu: <ul style="list-style-type: none"> Kontroversität CKC/OKC Reduzierte Quadricepskraft nach VKB-Ruptur Bisheriger Behandlungsstandard (frühe Bewegungen & Hamstringskräftigung sind wichtig) Epidemiologische Angaben zu VKB-Verletzungen

	<ul style="list-style-type: none"> - CKC wurde im letzten Jahrzehnt als Standard für die Behandlung von VKB-Rekonstruktionen definiert. • Pro OKC: <ul style="list-style-type: none"> - Es gibt nur geringe Unterschiede bezüglich des VKB-Stresses während OKC- und CKC-Übungen. - Training nur mit CKC-Übungen führt zu Problemen bei der Wiedererlangung der notwendigen Quadricepskraft, um in den Sport zurückzukehren. <p>Mit welchen Argumenten wurde der Forschungsbedarf begründet?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es besteht kein Konsens in der Literatur. 	
Methode	<p>Design</p> <p>Um welches Design handelt es sich?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prospective matched follow-up study <p>Wie wird das Design begründet?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es wird nicht begründet. 	<p>Ist die Verbindung zwischen der Forschungsfrage und dem gewählten Design logisch und nachvollziehbar?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ja. <p>Werden die Gefahren der internen und externen Validität kontrolliert?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Externe Validität: Gefahren werden weder kontrolliert noch benannt. Die Stichprobe besteht fast ausschliesslich aus sportlichen Personen, welche operativ behandelt wurden. Es wird jedoch nicht drauf eingegangen, dass die Resultate nur auf Athleten und Athletinnen mit einer VKB-Rekonstruktion übertragen werden können. • Interne Validität: Gefahren werden weder kontrolliert noch benannt. Es wurden Messinstrumente in die Studie integriert, deren Güte in der Literatur als ungenügend eingestuft wurde.
	<p>Stichprobe</p> <p>Um welche Population handelt es sich?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Patienten und Patientinnen mit ihrer ersten unilateralen VKB-Verletzung, wobei das kontralaterale Bein unverletzt ist. • Alter: 18 – 40 Jahre • Land: Schweden 	<p>Ist die Stichprobenziehung für das Design angebracht?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ja. <p>Ist die Stichprobe repräsentativ für die Zielpopulation? Auf welche Population können die Ergebnisse übertragen werden?</p>

-
- Die Population wird nicht explizit beschrieben.

Welches ist die Stichprobe? Wer? Wieviel?

Charakterisierungen?

- 44 Personen, davon 34 Männer und 10 Frauen mit ihrer ersten unilateralen VKB-Verletzung.
- Alter: 18 – 40 Jahre
- 43 Athleten, 1 Nicht-Athletin
 - Fussball: 22
 - Unihockey: 4
 - Handball: 2
 - Basketball: 2
 - Volleyball: 1
 - Icehockey: 2
 - Downhill Skifahren: 3
 - Gymnastik: 3
 - Karate: 1
 - Thaiboxen: 1
 - Motocross: 2
- VKB Rekonstruktion mittels bone-patellar tendon-bone Transplantat aus dem mittleren Patellarsehndrittel, 10 – 11mm breit.

Wie wurde die Stichprobe gezogen? Probability sampling?

Non-probability sampling?

- Keine Angaben zur Rekrutierung der Personen.

Wie wird die Auswahl der Teilnehmenden beschrieben und begründet?

- Einschlusskriterien:
 - Erste unilaterale VKB-Verletzung
- Ausschlusskriterien:
 - Verletzung des kontralateralen Beines
 - Frühere schwere Knieverletzung oder Begleitverletzungen, welche die Reha beeinflussen könnten
 - Akute VKB-Verletzungen
- Es wird begründet, warum Personen mit einer früheren schweren Knieverletzung oder einer

- Es ist fraglich, ob die Stichprobe repräsentativ für die Zielpopulation ist, da letztere nicht genau definiert wird. Die Stichprobe besteht praktisch nur aus Athleten und Athletinnen, obwohl nicht klar ist, ob dies der Zielpopulation entspricht.
- Die Ergebnisse können nur auf Athleten übertragen werden.
- Es ist nicht klar definiert, wie alt die VKB-Verletzungen der Probanden und Probandinnen sind.

Ist die Stichprobengrösse angemessen? Wie wird sie begründet? Beeinflussen die Drop-Outs die Ergebnisse?

- Die Stichprobengrösse kann nicht beurteilt werden, da keine sample-size calculation erwähnt wird. Es ist unklar, ob eine durchgeführt wurde.
- Die Stichprobengrösse wird nicht begründet.
- Es werden keine Drop Outs erwähnt.

Wie wurden die Vergleichsgruppen erstellt? Sind sie ähnlich?

- Die Teilnehmenden wurden randomisiert in zwei Gruppen aufgeteilt, wobei jede Person mit einer Person aus der anderen Gruppe gematched wurde. Die Nicht-Athletin wurde mit einer Person mit tiefem Aktivitätslevel gematched.
- Bezüglich Geschlecht und Alter sind sich die Gruppen ähnlich, betreffend der restlichen Charakteristika wird keine Angaben gemacht (z.B. Aktivitätslevel, Sportart, betroffene Seite)

Werden Drop-Outs angegeben und begründet?

- Nein.

	<p>Begleitverletzung ausgeschlossen werden, der Rest wird nicht begründet.</p> <p>Gibt es verschiedene Studiengruppen?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gruppe 1 (CKC) • Gruppe 2 (CKC + OKC) 	
Datenerhebung	<p>Welche Art von Daten wurde erhoben? (physiologische Messungen, Beobachtung, schriftliche Befragung, Interview)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Physiologische Messungen: Anteriore Knielaxität und isokinetische Muskelkraft vom M. quadriceps femoris & den Hamstrings • Schriftliche Befragung: Kniefunktion, Zufriedenheit, Aktivitätslevel und / oder sportliche Partizipation <p>Wie häufig wurden Daten erhoben?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Physiologische Messungen: zweimal (präoperativ & 6 Monate postoperativ) • Schriftliche Befragung: einmal (31±9.7 Monate postoperativ) 	<p>Ist die Datenerhebung für die Fragestellung nachvollziehbar?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die physiologischen Messungen liefern Resultate für das Erreichen des ersten Ziels. • Die schriftlichen Befragungen liefern Resultate für das Erreichen des zweiten Ziels. <p>Sind die Methoden der Datenerhebung bei allen Teilnehmern gleich?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ja, nur eine Person führte die physiologischen Messungen vor und nach der OP durch und die Messmethoden wurden standardisiert. • Es wird nicht angegeben, wie die Durchführung der schriftlichen Befragung stattfand. <p>Sind die Daten komplett, d.h. von allen Teilnehmern erhoben?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es wird nicht erwähnt, ob Daten von gewissen Teilnehmern fehlen.
Messverfahren und / oder Intervention	<p>Welche Messinstrumente wurden verwendet (Begründung)?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anteriore Knielaxität: KT-1000 arthrometer (gute Reproduzierbarkeit) • Isokinetische Muskelkraft: Kin-Com dynamometer • Kniefunktion, Zufriedenheit, Aktivitätslevel und / oder sportliche Partizipation: von Forschenden entwickelter Fragebogen <p>Welche Intervention wird getestet?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unterschied von Reha mit CKC-Übungen und Reha mit CKC- und OKC-Übungen (ab 6. Woche postop). • Gruppe 1: 6monatiges Rehaprogramm mit CKC-Übungen • Gruppe 2: 6monatiges Rehaprogramm mit CKC-Übungen und ab der 6. Woche postoperativ 	<p>Sind die Messinstrumente zuverlässig (reliability)? Sind die Messinstrumente valide (validity)?</p> <ul style="list-style-type: none"> • KT-1000 arthrometer: Gemäss der Studie gute Reproduzierbarkeit, jedoch keine Angaben zu Reliabilität und Validität. Gemäss Wiertsema et al. (2008) schlechte Reliabilität und gemäss Arneja et al. (2009) keine garantierte Validität. • Kin-Com dynamometer: Keine Angaben in der Studie. Gemäss Mayhew et al. (1994) angemessene Reliabilität und gemäss Nitschke (1992) gute Validität. • Fragebogen: Keine Angaben in der Studie. Da es sich wahrscheinlich um einen selbstentwickelten Fragebogen handelt, konnte

zusätzlichen OKC-Übungen, anfänglich in limitierter ROM.

die Reliabilität und die Validität nicht untersucht werden.

Wird die Auswahl der Messinstrumente nachvollziehbar begründet?

- Die Auswahl des KT-1000 arthrometer wird mit einer guten Reproduzierbarkeit begründet.
- Die Auswahl der restlichen Messinstrumente wird nicht begründet.

Sind mögliche Verzerrungen / Einflüsse auf die Intervention erwähnt?

- Nein.

Bemerkung

- Die Autoren und Autorinnen erwähnen im Text nicht, dass die OKC-Übungen in einer limitierten ROM durchgeführt werden, dies wird erst in der Tabelle 2 ersichtlich. Der Grund sowie das Ausmass der limitierten ROM werden nur ungenügend begründet.
- Im Methodenteil ist nicht ersichtlich, von wie vielen Physiotherapeuten und Physiotherapeutinnen die beiden Gruppen betreut werden. Diese Information findet man im Diskussionsteil.

Datenanalyse

Welches Datenniveau weisen die erhobenen Variablen auf?

- Anteriore Knielaxität [mm]: Proportionalniveau
- Isokinetische Muskelkraft [°/s]: Proportionalniveau
- Kniefunktion, Zufriedenheit, Aktivitätsleve und / oder sportliche Partizipation: Ordinalniveau

Welche statistische Verfahren wurden zur Datenanalyse verwendet (deskriptive und / oder schliessende)?

- Deskriptive Verfahren (Mittelwert und Standardabweichung)
- Für schiefe Verteilungen: Mittelwert \pm IQR / 2
- Für normale Verteilungen: Varianzanalyse

Werden die Verfahren der Datenanalyse klar beschrieben?

- Aus dem Text geht nicht hervor, welche abhängigen Variablen für die Varianzanalyse verwendet wurden.
- Es kann davon ausgegangen werden, dass das gewählte Verfahren für normalverteilte Daten korrekt ist.
- Keine Angaben werden zum verwendeten Statistikprogramm gemacht.

Wurden die statistischen Verfahren sinnvoll angewendet?

- Ja.
-

	<ul style="list-style-type: none"> Für Kniefunktionalität, Zufriedenheit, Aktivitätslevel und / oder sportliche Partizipation: X^2-Test (Fisher's exact test) <p>Wurde ein Signifikanzniveau festgelegt?</p> <ul style="list-style-type: none"> Ja, $p < 0.05$ für eine ungerichtete Alternativ-Hypothese. 	<p>Entsprechen die verwendeten statistischen Tests den Datenniveaus?</p> <ul style="list-style-type: none"> Ja. <p>Erlauben die statistischen Angaben eine Beurteilung?</p> <p>Ist die Höhe des Signifikanzniveaus nachvollziehbar und begründet?</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Höhe des Signifikanzniveaus ist nachvollziehbar, wird aber nicht begründet.
Ethik	<p>Welche ethischen Fragen werden von den Forschenden diskutiert und werden entsprechende Massnahmen durchgeführt?</p> <ul style="list-style-type: none"> Es werden keine ethischen Fragen diskutiert. <p>Falls relevant, ist eine Genehmigung einer Ethikkommission eingeholt worden?</p> <ul style="list-style-type: none"> Ja, beim Karolinska Spital Ethik Komitee. 	<p>Inwiefern sind alle relevanten ethischen Fragen diskutiert und entsprechende Massnahmen durchgeführt worden? Unter anderem zum Beispiel auch die Beziehung zwischen Forschenden und Teilnehmenden?</p> <ul style="list-style-type: none"> Es werden keine ethischen Fragen diskutiert.
Ergebnisse	<p>Welche Ergebnisse werden präsentiert?</p> <ul style="list-style-type: none"> Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich der anterioren Knielaxität sowohl vor als auch nach der Reha. Gruppe 2 konnte die isokinetische Kraft des M. quadriceps femoris signifikant mehr steigern als Gruppe 1 6 Monate nach der Reha. Nach 6 Monaten Reha gab es keinen signifikanten Unterschied in konzentrischer oder exzentrischer isokinetischer Hamstringskraft zwischen den Gruppen. Signifikant mehr Patienten und Patientinnen aus Gruppe 2 kehrten zum ursprünglichen Sportlevel zurück als jene aus Gruppe 1. Dabei schafften dies die Gruppe 2 nach durchschnittlich 7.5 Monaten und die Gruppe 1 nach durchschnittlich 9.5 Monaten. Dieser Zeitunterschied wird jedoch nicht als signifikant bewertet. <p>Welche sind die zentralen Ergebnisse der Studie?</p>	<p>Sind die Ergebnisse präzise?</p> <ul style="list-style-type: none"> Da die Messmethoden eine schlechte bis gute Reliabilität und Validität aufweisen, kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse präzise sind. Bezüglich der isokinetischen Kraft des M. quadriceps wird bei Gruppe 2 nicht angegeben, ob dies für die exzentrische und / oder konzentrische Kraft gilt. Bezüglich der Rückkehr zum Sport wird nicht genau erklärt, wann die beiden, welche eine erneute Verletzung erlitten, aus der Studie austraten, oder ob dies erst nach der sechsmonatigen Reha geschah und somit nach der physischen Datenerhebung. Die restlichen Resultate werden präzise beschrieben. <p>Wenn Tabellen / Grafiken verwendet wurden, entsprechen diese folgenden Kriterien? Sind sie präzise und vollständig (Titel, Legenden...)? Sind sie eine Ergänzung zum Text?</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich der anterioren Knielaxität sowohl vor als auch nach der Reha. • Gruppe 2 konnte die isokinetische Kraft des M. quadriceps femoris signifikant mehr steigern als Gruppe 1 6 Monate nach der Reha. • Signifikant mehr Patienten und Patientinnen aus Gruppe 2 kehrten zum ursprünglichen Sportlevel zurück als jene aus Gruppe 1. • Keine signifikante Differenz zwischen den Gruppen bezüglich subjektiver Kniefunktion und Zufriedenheit. <p>Werden die Ergebnisse verständlich präsentiert (Textform, Tabellen, Grafiken)?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Text werden die Resultate mehrheitlich klar präsentiert und es wird auf die ergänzenden Tabellen verwiesen. • Tabellen 3 und 5 sind klar gegliedert und nachvollziehbar beschriftet. • Tabelle 4 ist für die Autorinnen dieser Arbeit nicht klar verständlich, da nicht klar rekonstruierbar ist, wie die einzelnen Werte in der Tabelle zustande kamen. 	<ul style="list-style-type: none"> • In Tabelle 4 fehlt die Kennzeichnung von signifikanten Werten. • Die weiteren Kriterien sind bei allen Tabellen erfüllt. <p>Bemerkungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einige Ergebnisse werden erst im Diskussionsteil präsentiert. <ul style="list-style-type: none"> - Die Kraftverbesserung des M. quadriceps femoris zeigt sich deutlicher in der exzentrischen Phase. - Die Zeitspanne für Rückkehr zum Sport ist bei Gruppe 2 signifikant kürzer als bei Gruppe 1.
Diskussion	<p>Diskussion und Interpretation der Ergebnisse</p> <p>Werden signifikante und nicht signifikante Ergebnisse erklärt? Wie interpretieren die Forschenden die Ergebnisse?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es werden alle signifikanten und nicht signifikanten Ergebnisse diskutiert, ausser, dass die konzentrische und exzentrische isokinetische Hamstringkraft keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen aufweist. • Es werden weitere, im Ergebnisteil nicht erwähnte, Ergebnisse präsentiert. <ul style="list-style-type: none"> - Die Kraftverbesserung des M. quadriceps femoris zeigt sich deutlicher in der exzentrischen Kraft. - Die Zeitspanne für Rückkehr zum Sport ist bei Gruppe 2 signifikant kürzer als bei Gruppe 1. • Interpretationen: 	<p>Werden alle Resultate diskutiert?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nein, die Resultate bezüglich der isokinetischen Hamstringskraft werden nicht diskutiert. <p>Stimmt die Interpretation mit den Resultaten überein?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Interpretation, dass die exzentrische Quadricepskraft durch das isokinetische Training stärker gesteigert werden konnte, passt nicht zu der Tatsache, dass auch die konzentrische Quadricepskraft mit isokinetischem Training aufgebaut wurde. Da beide Kraftarten mit derselben Technik trainiert wurden, erscheint diese Begründung als ungenügend. • Ansonsten stimmen die Interpretationen mit den Resultaten überein.

- Start mit OKC-Übungen 6 Wochen postop in limitierter ROM (90-40°F) gefährdet das VKB nicht.
- Die Tatsache, dass die isokinetische Kraftverbesserung des M. quadriceps femoris deutlicher während der exzentrischen Phase messbar war, ist dem isokinetischen Training zuzuschreiben, bei welchem ein spezifisches exzentrisches Gewicht bestimmt werden kann.
- Die isokinetische Quadricepskraft könnte bei der Rückkehr zum Sport eine Rolle spielen, da Gruppe 2 eine grössere Steigerung der Quadricepskraft erreicht hat als Gruppe 1.
- Um wieder das gleiche Sportlevel zu erreichen, ist es möglicherweise nötig den M. quadriceps femoris mittels OKC-Übungen zu kräftigen.
- CKC-Übungen allein sind ungenügend um ein gutes Outcome bzgl. physischer Aktivität nach VKB-Rekonstruktion zu generieren.

Kann die Forschungsfrage aufgrund der Daten beantwortet werden?

- Ja, sie kann beantwortet werden.

Werden Limitationen diskutiert?

- Die Autoren und Autorinnen sagen aus, dass für eine definitive Bestätigung der ungefährlichen Anwendung von OKC-Übungen bezüglich anteriorer Knielaxität ein längeres follow-up notwendig wäre. Sie beschreiben dies jedoch nicht konkret als eine Limitation der Studie.
- Ansonsten werden keine Limitationen genannt.

Werden die Ergebnisse mit ähnlichen Studien verglichen?

- Ja.

Werden die Resultate in Bezug auf die Fragestellung / Hypothesen, Konzepte und anderen Studien diskutiert und verglichen?

- Es wird auf andere Studien eingegangen und vergleichbare Resultate werden diskutiert.
- Die Fragestellung wird anhand der vorliegenden Resultate beantwortet und diskutiert.

Wird nach alternativen Erklärungen gesucht?

- Nein.

Schlussfolgerung, Anwendung und Verwertung in der Praxis

Welche Implikationen für die Praxis, Theorien und zukünftige Forschung sind beschrieben?

- Praxis: Rehabilitation von VKB-Rekonstruktionen soll eine Kombination von CKC- und OKC-Übungen enthalten.

Ist diese Studie sinnvoll? Werden Stärken und Schwächen aufgewogen?

- Ja, die Studie ist sinnvoll, da sie ein kontrovers diskutiertes Thema untersucht.
- Auf Stärken und Schwächen wird kaum eingegangen.

-
- Theorie: Kontrollierte OKC-Übungen sind ab der 6. Woche postop in einer limitierten ROM gemäss den vorhanden Messungen nicht gefährlich für die VKB-Struktur.
 - Zukünftige Forschung: Es wird wenig bezüglich zukünftig nötiger Forschung erwähnt, einzig, dass ein längeres follow-up erforderlich wäre, um die ungefährliche Benutzung von OKC-Übungen bezüglich der anterioren Knielaxität zu bestätigen.

Wie und unter welchen Bedingungen sind die Ergebnisse in die Praxis umsetzbar?

- Grundsätzlich sind die Ergebnisse gut in die Praxis umsetzbar, falls aber das genau gleiche Training durchgeführt werden möchte, muss ein Kin-Com dynamometer für die OKC-Übungen vorhanden sein. Dies ist in den meisten Institutionen nicht der Fall.

Wäre es möglich, diese Studie in einem anderen klinischen Setting zu wiederholen?

- Nein, da die genauen Übungen und ihre Dosierung nicht bekannt sind.
 - Die Stichproben sind nicht definiert bezüglich des Alters der VKB-Verletzung.
-

Einschätzung der Güte:

- Objektivität:
 - Jedes Assessment wurde vor und nach der Rehabilitation bei allen Patienten und Patientinnen von derselben Person durchgeführt.
 - Die Assessments wurden standardisiert durchgeführt.
 - Alle Teilnehmenden der Studie wurden von demselben Physiotherapeuten betreut.
 - Genaue Übungsauswahl der Interventionsgruppen ist unbekannt
 - Insgesamt gute Objektivität.
- Reliabilität:
 - Fragwürdige Reliabilität der Ergebnisse, da die Messmethoden eine schlechte bis angemessene Reliabilität aufweisen (siehe Tabelle).
- Validität:
 - Fragwürdige Validität der Ergebnisse, da die Messmethoden eine nicht garantierte bis gute Validität aufweisen (siehe Tabelle).
 - Das Design der Studie ist für die Forschungsfrage angemessen und sinnvoll.

Fazit: Die Studie ist schlecht reproduzierbar aufgrund diverser Mängel vor allem in der bezüglich der Reliabilität und Validität.

	Forschungs-schritte	Leitfragen zur inhaltlichen Zusammenfassung	Leitfragen zur Würdigung
Einleitung	<p>Problem- beschreibung Bezugsrahmen Forschungsfrage (Hypothese)</p> <p>Um welche Konzepte/Probleme handelt es sich?</p> <ul style="list-style-type: none"> VKB-Verletzung ist ein häufiger Grund für Knieinstabilität und verändert die Kniekinematik. VKB-Insuffizienz führt zu degenerativen Veränderungen, wie z.B. Meniskusrisse, welche wiederum zu erhöhtem Risiko für Kniearthrose führen. <p>Was ist die Forschungsfrage, -zweck bzw. das Ziel der Studie?</p> <ul style="list-style-type: none"> Es wird keine Forschungsfrage definiert. Ziel: Vergleich von Kraft- und Ausdauer Nutzen von OKC und CKC Übungen nach VKB-Rekonstruktion. <p>Welchen theoretischen Bezugsrahmen weist die Studie auf?</p> <ul style="list-style-type: none"> Strukturelle Knieinstabilität kann durch Operation umgangen werden, hingegen fitnessbezogene Faktoren wie Muskelkraft, Ausdauer, Beweglichkeit und Balance müssen mittels Therapie verbessert werden. Pro CKC: verringern anteriore Scherkräfte der Tibia, erhöhen die Hamstringsaktivität, erhöht die tibiofemorale Kompressionskräfte, verringert die patellofemorale Komplikationen. → deshalb CKC sicherer als OKC Pro OKC: grössere Kraftverbesserung <p>Mit welchen Argumenten wurde der Forschungsbedarf begründet?</p> <ul style="list-style-type: none"> Ausdauer ist ein wichtiger Faktor für ADL, wurde aber bisher in keiner Studie gemessen. Die meisten Studien haben beim Vergleich zwischen OKC und CKC den Fokus auf die Knieextensoren gelegt, obwohl die Knieflexoren auch relevant sind. 	<p>Beantwortet die Studie eine wichtige Frage der Berufspraxis / BA-Fragestellung?</p> <ul style="list-style-type: none"> Berufspraxis: Ja, da VKB-Verletzungen ein häufiger Grund für Knieinstabilität sind und die Vorteile der einzelnen kinetischen Ketten bezüglich Ausdauer und Kraft aufgezeigt werden sollen. BA-Fragestellung: Ja, da die isokinetische Kraft der Knieextensoren in beiden Ketten untersucht wird. <p>Sind die Forschungsfragen klar definiert? Ev. durch Hypothesen ergänzt?</p> <ul style="list-style-type: none"> Es wird keine Forschungsfrage und keine Hypothese definiert. Das Ziel ist nur oberflächlich definiert, es fehlen die genauen Angaben zu den untersuchten Muskeln sowie die Definition der Ausdauer. <p>Wird das Thema / das Problem im Kontext von vorhandener konzeptioneller und empirischer Literatur logisch dargestellt?</p> <ul style="list-style-type: none"> Der Aufbau ist grundsätzlich logisch gestaltet und die Inhalte werden mit empirischer Literatur untermauert. Es fehlt die Darstellung der Komplexität und Kontroversität des Themas und die Begründung der Wichtigkeit von Ausdauer und Kraft in der Rehabilitation nach einer VKB-Rekonstruktion. 	

	<ul style="list-style-type: none"> Bisher wurden vor allem Patienten und Patientinnen mit einer VKB-Verletzung und nicht mit einer VKB-Rekonstruktion untersucht. 	
Methode	<p>Design</p> <p>Um welches Design handelt es sich?</p> <ul style="list-style-type: none"> Prospective, single-blind, randomized controlled trial <p>Wie wird das Design begründet?</p> <ul style="list-style-type: none"> Nein. 	<p>Ist die Verbindung zwischen der Forschungsfrage und dem gewählten Design logisch und nachvollziehbar?</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Auswahl des Studiendesigns erscheint logisch, da so eine hohe Evidenz erreicht wird, dies wird aber nicht begründet. <p>Werden die Gefahren der internen und externen Validität kontrolliert?</p> <ul style="list-style-type: none"> Interne Validität: Gefahren werden weder kontrolliert noch erwähnt. Die Objektivität der Studie ist ungenügend, durch insuffiziente Beschreibung der Betreuung und der Standardisierung der Assessments. Externe Validität: Gefahren werden weder kontrolliert noch erwähnt. Da die Stichprobe eher junge Personen enthielt, wobei die Streuung des Alters gering war, können die Ergebnisse nicht auf Personen jeden Alters übertragen werden. Gleiches gilt für die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf konservativ behandelte Personen, da in der Studie nur operierte Personen integriert wurden.
	<p>Stichprobe</p> <p>Um welche Population handelt es sich?</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Population kaum beschrieben, es ist nur klar, dass es sich um Patienten und Patientinnen mit einer VKB-Rekonstruktion handelt. Land: Korea <p>Welches ist die Stichprobe? Wer? Wieviel? Charakterisierungen?</p> <ul style="list-style-type: none"> 36 Personen, davon 24 Männer & 12 Frauen Alter: ca. 25 – 33 Jahre Grösse: ca. 164 – 181 cm Gewicht: ca. 54 – 80 kg Alle Personen waren vor der Studie in ein dreimonatiges Rehabilitationsprogramm für VKB- 	<p>Ist die Stichprobenziehung für das Design angebracht?</p> <ul style="list-style-type: none"> Es handelt sich um verbundene Stichproben, was für das Design passend ist. <p>Ist die Stichprobe repräsentativ für die Zielpopulation? Auf welche Population können die Ergebnisse übertragen werden?</p> <ul style="list-style-type: none"> Es kann nicht beurteilt werden, ob die Stichprobe repräsentativ ist, da die Zielpopulation nicht genau definiert wird. Die Ergebnisse können auf Patienten und Patientinnen im Alter von 25 – 33 Jahren mit VKB-Rekonstruktion, welche bereits eine

Rekonstruktion in einer Sportklinik in Korea
zwischen Mai 2009 und Oktober 2011 eingebunden.

Wie wurde die Stichprobe gezogen? Probability
sampling? Non-probability sampling?

- Keine Angaben zur Rekrutierung der Personen.

Wie wird die Auswahl der Teilnehmenden beschrieben
und begründet?

- Die Auswahl wird knapp beschrieben
(Ausschlusskriterien) und nicht begründet.
- Als Ausschlusskriterien werden weitere
orthopädische und neurologische Probleme und
Personen, welche in den vorherigen 12 Wochen
keine Intervention erhielten, genannt.
- Einschlusskriterien werden nicht beschrieben.

Gibt es verschiedene Studiengruppen?

- Ja, Gruppe OKC und Gruppe CKC.

dreimonatige Rehabilitation hinter sich haben,
übertragen werden.

Ist die Stichprobengröße angemessen? Wie wird sie
begründet? Beeinflussen die Drop-Outs die
Ergebnisse?

- Die Stichprobengröße wird nicht begründet und
es kann nicht begründet werden, ob sie
angemessen ist, da eine sample size calculation
fehlt.
- Drop-Outs werden nicht beschrieben.

Wie wurden die Vergleichsgruppen erstellt? Sind sie
ähnlich?

- Randomisiert, mittels computergesteuerter
Gruppenzuteilung
- Bezüglich der in Tabelle 1 angegebenen
Merkmale sind die Gruppen ähnlich, es fehlen
jedoch wichtige Angaben zu Merkmalen, welche
für aussagekräftige Ergebnisse ebenfalls ähnlich
sein sollten (z.B. Kraft, Ausdauer,
Operationsmethode, allg. Therapieverlauf, etc.)

Werden Drop-Outs angegeben und begründet?

- Es werden keine Drop-Outs angegeben.

Bemerkung:

- Erst durch die Beschreibung der
Ausschlusskriterien wird deutlich, dass die
Personen vor der Durchführung der Studie
bereits eine dreimonatige Reha absolviert
haben. Dabei sind die Details dieser Reha nicht
beschrieben und es ist unklar, ob alle
Studienteilnehmer das Gleiche gemacht haben
und mit den gleichen Voraussetzungen in die
Studie gestartet sind.

Datenerhebung

Welche Art von Daten wurde erhoben? (physiologische
Messungen, Beobachtung, schriftliche Befragung,
Interview)

- Physiologische Messungen: Isokinetische Kraft von
Knieextensoren und -flexoren, isokinetische

Ist die Datenerhebung für die Fragestellung
nachvollziehbar?

- Ja, alle Daten, die erhoben wurden, sind für die
Beantwortung der Fragestellung relevant.

	<p>Ausdauer von Knieextensoren und –flexoren und das 1-RM</p> <p>Wie häufig wurden Daten erhoben?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alle Tests werden vor und nach einer Intervention durchgeführt. 	<p>Sind die Methoden der Datenerhebung bei allen Teilnehmern gleich?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Für die Messung der Kraft und der Ausdauer wird die Standardisierung des Tests nur knapp beschrieben, für das 1-RM nicht. • Es wird beschrieben, dass die Tests von zwei Physiotherapeuten durchgeführt werden, es ist aber nicht klar, ob beide immer anwesend waren oder ob einer die OKC und der andere die CKC Gruppe untersucht hat. <p>Sind die Daten komplett, d.h. von allen Teilnehmern erhoben?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dazu werden keine Angaben gemacht, es ist nicht klar, ob es Drop-Outs gegeben hat oder nicht. • In Tabelle 2 müsste ersichtlich sein, ob in beiden Gruppen noch immer jeweils 18 Personen sind, dies ist jedoch nicht der Fall.
<p>Messverfahren und / oder Intervention</p>	<p>Welche Messinstrumente wurden verwendet (Begründung)?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isokinetische Kraft: Biodex System III • Isokinetische Ausdauer: Biodex System III • 1-RM: Squat Test mittels Leg press (Sports Art, USA) • Die Wahl der Messinstrumente wurde nicht begründet. <p>Welche Intervention wird getestet?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gruppe OKC: straight leg raise, leg extension, leg curl • Gruppe CKC: squat, leg press, lunge • Beide Gruppen trainierten mit folgender Dosierung: 5min warm up und cool down auf dem Fahrrad, anschliessende Übungen wurden in 5 Serien à 12 Repetitionen mit 70% Intensität des 1-RM durchgeführt. Zwischen den Serien wurde 30s Pause gemacht. 	<p>Sind die Messinstrumente zuverlässig (reliability)? Sind die Messinstrumente valide (validity)?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biodex System III: Keine Angaben in der Studie, gemäss Drouin et al. (2004) akzeptable Reliabilität und Validität. • 1-RM mittels Leg press: Keine Angaben in der Studie, gemäss Seo et al. (2012) gute Reliabilität und gemäss Verdijk et al. (2009) gute Validität. <p>Wird die Auswahl der Messinstrumente nachvollziehbar begründet?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nein, keine Begründung wird angegeben. <p>Sind mögliche Verzerrungen / Einflüsse auf die Intervention erwähnt?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nein. <p>Bemerkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es ist nicht klar, wie die Teilnehmenden während der Reha betreut wurden. Es wird nur erwähnt, dass drei Physiotherapeuten und Physiotherapeutinnen die Betreuung

		<p>übernehmen, wie sich diese aufgeteilt haben, ist jedoch nicht bekannt.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obwohl die Forschenden die isokinetische Kraft und Ausdauer messen, wird in der Studie nur das Krafttraining beschrieben, wodurch unklar ist, wie und ob ein Ausdauertraining stattgefunden hat.
Datenanalyse	<p>Welches Datenniveau weisen die erhobenen Variablen auf?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isokinetische Muskelkraft [°/s]: Proportionalniveau • Isokinetische Ausdauer [°/s]: Proportionalniveau • 1-RM [kg]: Proportionalniveau <p>Welche statistische Verfahren wurden zur Datenanalyse verwendet (deskriptive und / oder schliessende)?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es wurden deskriptive Verfahren verwendet. • Gepaarter t-Test: Unterschiede von isokinetischer Kraft, Ausdauer und 1-RM zwischen vor und nach einer Intervention. • Unabhängiger t-Test: Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bezüglich isokinetischer Kraft, Ausdauer und 1-RM vor und nach einer Intervention. • Analysesoftware: SPSS <p>Wurde ein Signifikanzniveau festgelegt?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ja, bei $p < 0.05$. 	<p>Werden die Verfahren der Datenanalyse klar beschrieben?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ja, sie nennen für jede Variable den verwendeten Test sowie das verwendete Computerprogramm. <p>Wurden die statistischen Verfahren sinnvoll angewendet?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verfahren sind sinnvoll angewendet. <p>Entsprechen die verwendeten statistischen Tests den Datenniveaus?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ja, denn der t-Test erfordert mindestens Intervallniveau. <p>Erlauben die statistischen Angaben eine Beurteilung? Ist die Höhe des Signifikanzniveaus nachvollziehbar und begründet?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Höhe des Signifikanzniveaus von $p < 0.05$ ist nachvollziehbar, da es dem Standard entspricht, wird aber nicht begründet.
Ethik	<p>Welche ethischen Fragen werden von den Forschenden diskutiert und werden entsprechende Massnahmen durchgeführt?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es werden keine ethischen Fragen diskutiert und keine Massnahmen durchgeführt. <p>Falls relevant, ist eine Genehmigung einer Ethikkommission eingeholt worden?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es wurde keine Genehmigung eingeholt. 	<p>Inwiefern sind alle relevanten ethischen Fragen diskutiert und entsprechende Massnahmen durchgeführt worden? Unter anderem zum Beispiel auch die Beziehung zwischen Forschenden und Teilnehmenden?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es werden keine ethischen Fragen diskutiert.

Ergebnisse	Ergebnisse	<p>Welche Ergebnisse werden präsentiert?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beide Gruppen haben sich in allen Variablen signifikant verbessert. • Die OKC-Gruppe zeigte eine signifikant grössere Verbesserung der isokinetischen Kraft und Ausdauer der Knieextensoren als die CKC-Gruppe. <p>Welche sind die zentralen Ergebnisse der Studie?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die OKC-Gruppe zeigte eine signifikant grössere Verbesserung der isokinetischen Kraft und Ausdauer der Knieextensoren als die CKC-Gruppe. <p>Werden die Ergebnisse verständlich präsentiert (Textform, Tabellen, Grafiken)?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Ergebnisse werden in Textform sehr knapp beschrieben, jedoch mit Tabelle 2 ergänzt. • Tabelle 2 ist grundsätzlich übersichtlich und verständlich, es ist jedoch nicht sofort klar, ob die Signifikanz zwischen den Gruppen für vor, nach oder beide Zeitpunkte gilt. Es fehlt ausserdem der genaue Signifikanzwert für die Resultate. 	<p>Sind die Ergebnisse präzise?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Ergebnisse sind präzise und vollständig. <p>Wenn Tabellen / Grafiken verwendet wurden, entsprechen diese folgenden Kriterien? Sind sie präzise und vollständig (Titel, Legenden...)? Sind sie eine Ergänzung zum Text?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Kriterien sind bei beiden Tabellen erfüllt. • Bei Tabelle 2 ist nicht klar verständlich, ob die signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen für vor, nach oder beide Zeitpunkte gelten. Zudem wird der Signifikanzwert nicht angegeben.
	Diskussion	Diskussion und Interpretation der Ergebnisse	<p>Werden signifikante und nicht signifikante Ergebnisse erklärt? Wie interpretieren die Forschenden die Ergebnisse?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Ergebnisse werden beschrieben, aber ihr Zustandekommen wird nicht erklärt. Dabei werden folgende Interpretationen angestellt: <ul style="list-style-type: none"> - OKC Übungen sind besser als CKC Übungen um die Kraft und Ausdauer nach einer VKB-Rekonstruktion zu verbessern. - Kontinuierliche Durchführung von OKC-Übungen nach der Reha könnte hilfreich sein für die Ausdauer bei Aktivitäten wie dem langen Laufen oder dem Treppensteigen. - Der Unterschied der Kraft der Knieflexoren war nicht signifikant zwischen den Gruppen und dieses Resultat könnte die Resultate der CKC Gruppe beeinflusst haben.

- OKC-Übungen sind hilfreich, um die Kraft und Ausdauer der Knieextensoren nach VKB-Rekonstruktion zu verbessern. Sie können effektiv in das Rehabilitationsprogramm integriert werden.

Kann die Forschungsfrage aufgrund der Daten beantwortet werden?

- Ja.

Werden Limitationen diskutiert?

- Nein.

Werden die Ergebnisse mit ähnlichen Studien verglichen?

- Nein, es werden andere Studien in der Diskussion erwähnt, jedoch werden die Ergebnisse nicht miteinander verglichen. Somit fehlt eine kritische Betrachtung der eigenen Resultate.

Schlussfolgerung, Anwendung und Verwertung in der Praxis

Welche Implikationen für die Praxis, Theorien und zukünftige Forschung sind beschrieben?

- Praxis: OKC-Übungen können gut in Rehabilitationsprogramme integriert werden.
- Theorie: OKC-Übungen sind effektiver als CKC-Übungen, um die isokinetische Kraft der Knieextensoren nach VKB-Rekonstruktion zu verbessern.
- Zukünftige Forschung: keine Implikationen.

Werden die Resultate in Bezug auf die Fragestellung / Hypothesen, Konzepte und anderen Studien diskutiert und verglichen?

- Die Resultate werden in der Diskussion noch einmal genannt, jedoch nicht diskutiert oder mit anderen Studien verglichen.
- Dafür werden neue Informationen genannt, welche eigentlich in die Einleitung gehören.
- Ausserdem werden einige bereits in der Einleitung genannten Fakten wiederholt.

Wird nach alternativen Erklärungen gesucht?

- Nein.

Ist diese Studie sinnvoll? Werden Stärken und Schwächen aufgewogen?

- Die Studie ist sinnvoll, da sie ein kontrovers diskutiertes Thema untersucht.
- Stärken und Schwächen werden nicht erwähnt.

Wie und unter welchen Bedingungen sind die Ergebnisse in die Praxis umsetzbar?

- Die OKC-Übungen sollen in die Rehabilitation nach VKB-Rekonstruktion miteinbezogen werden. Dies ist gut umsetzbar und erfordert keine speziellen Massnahmen.

Wäre es möglich, diese Studie in einem anderen klinischen Setting zu wiederholen?

- Es fehlen Angaben zu:
 - Operationstechnik & Implantat
 - Population & Rekrutierung
 - Genauer Zeitpunkt für Trainingsstart nach OP
 - Inhalt vorhergegangene Reha
 - Ähnlichkeit zwischen den Gruppen bzgl. oben beschriebener Merkmale

-
- Teststandardisierung
 - Betreuung während der Reha und Durchführung der Tests
-

Einschätzung der Güte:

- Objektivität:
 - Es ist nicht klar, wie die Teilnehmenden während der Reha betreut wurden. Es wird nur erwähnt, dass drei Physiotherapeuten und Physiotherapeutinnen die Betreuung übernehmen, wie sich diese aufgeteilt haben, ist jedoch nicht bekannt.
 - Die Durchführung der Tests ist einerseits nicht genügend standardisiert beschrieben worden und andererseits ist unklar, von wem die Assessments durchgeführt wurden.
 - Insgesamt ungenügende Objektivität.
- Reliabilität:
 - Akzeptable bis gute Reliabilität der Messmethoden (siehe Tabelle).
- Validität:
 - Akzeptable bis gute Validität der Messmethoden (siehe Tabelle).
 - Das Design der Studie ist für die Forschungsfrage angemessen und sinnvoll.

Fazit: Die Studie kann schlecht reproduziert werden aufgrund diverser Mängel bezüglich der Objektivität und der Validität.

PEDro-skala – Deutsch Studie Tagesson et al. (2008): 6/10 Punkten

1. Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/>	wo: Materials and Methods, Patiens (S. 299)
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 checked="" type="checkbox"/>	wo: Materials and Methods, Patiens (S. 299)
3. Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/>	wo: Materials and Methods, Patiens (S. 299)
4. Zu Beginn der Studie waren die Gruppen bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/>	wo: Table 1 (S. 300)
5. Alle Probanden waren geblindet	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	wo: Keine Angaben
6. Alle Therapeuten/Innen, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblindet	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	wo: Assessments (S. 301)
7. Alle Untersucher, die zumindest ein zentrales Outcome gemessen haben, waren geblindet	nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	wo: Assessments (S. 301)
8. Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden wurde zumindest ein zentrales Outcome gemessen	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/>	wo: Figure 1 (S. 300)
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 checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	wo: Figure 1 (S. 300)
10. Für mindestens ein zentrales Outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/>	wo: Table 2 (S. 302) Table 3 (S. 303) Table 4 (S. 303) Table 5 (S. 304)
11. Die Studie berichtet sowohl Punkt- als auch Streuungsmaße für zumindest ein zentrales Outcome	nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/>	wo: (s. Frage 10)

PEDro-skala – Deutsch Studie Mikkelsen et al. (2000): 5/10 Punkten

- | | | |
|--|--|--|
| 1. Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert | nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> | wo: Patients (S. 338) |
| 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 checked="" type="checkbox"/> | wo: Patients (S. 338) |
| 3. Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen | nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> | wo: Keine Angaben |
| 4. Zu Beginn der Studie waren die Gruppen bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich | nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> | wo: Patients (S. 338) |
| 5. Alle Probanden waren geblindet | nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> | wo: Keine Angaben |
| 6. Alle Therapeuten/Innen, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblindet | nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> | wo: Keine Angaben |
| 7. Alle Untersucher, die zumindest ein zentrales Outcome gemessen haben, waren geblindet | nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> | wo: Keine Angaben |
| 8. Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden wurde zumindest ein zentrales Outcome gemessen | nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> | wo: Tabelle 4 & 5, Clinical Outcome (S. 340) |
| 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 checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> | wo: Keine Angaben |
| 10. Für mindestens ein zentrales Outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet | nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> | wo: Tabelle 3, 4 & 5 (S. 339-340) |
| 11. Die Studie berichtet sowohl Punkt- als auch Streuungsmaße für zumindest ein zentrales Outcome | nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> | wo: Tabelle 3, 4 & 5 (S. 339-340) |
-

PEDro-skala – Deutsch Studie Kang et al. (2012): 4/10 Punkten

- | | | |
|--|--|------------------------------------|
| 1. Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert | nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> | wo: Subjects and Methods (S. 1056) |
| 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 checked="" type="checkbox"/> | wo: Subjects and Methods (S. 1056) |
| 3. Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen | nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> | wo: Keine Angaben |
| 4. Zu Beginn der Studie waren die Gruppen bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich | nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> | wo: Tabelle 1 (S. 1056) |
| 5. Alle Probanden waren geblindet | nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> | wo: Subjects and Methods (S. 1056) |
| 6. Alle Therapeuten/Innen, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblindet | nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> | wo: Subjects and Methods (S. 1056) |
| 7. Alle Untersucher, die zumindest ein zentrales Outcome gemessen haben, waren geblindet | nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> | wo: Subjects and Methods (S. 1056) |
| 8. Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden wurde zumindest ein zentrales Outcome gemessen | nein <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> | wo: Keine Angaben |
| 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 checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> | wo: Keine Angaben |
| 10. Für mindestens ein zentrales Outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet | nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> | wo: Tabelle 2 (S. 1056) |
| 11. Die Studie berichtet sowohl Punkt- als auch Streuungsmaße für zumindest ein zentrales Outcome | nein <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> | wo: Tabelle 1 & 2 (S. 1056) |
-