

Bachelorarbeit

**Welche Auswirkungen bezüglich Kraft, Schmerz
und Funktionalität hat ein Training des
M.quadriceps femoris in der offenen im Vergleich
zur geschlossenen Kette beim patellofemorale
Schmerzsyndrom?**

**Fabienne Meier
Chamstrasse 66
8934 Knonau
S08257164**

**Rahel Signer
Rietblick 1
8532 Weiningen
S08256448**

**Departement: Gesundheit
Institut: Institut für Physiotherapie
Studienjahr: 2008
Eingereicht am: 20. Mai 2011
Betreuende Lehrperson: Jeannette Saner-Bissig**

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort.....	4
2	Abstract.....	5
3	Welche Auswirkungen bezüglich Kraft, Schmerz und Funktionalität hat ein Training des M.quadriceps femoris in der offenen im Vergleich zur geschlossenen Kette beim patellofemorale Schmerzsyndrom?	6
4	Theorieteil	8
	4.1 Klinisches Bild des patellofemorale Schmerzsyndroms.....	8
	4.2 Anatomie des Articulatio femoropatellaris	9
	4.2.1 Die ossären Strukturen und Gelenkflächen des Patellofemorale Gelenk	9
	4.2.2 Muskuläre Strukturen des Articulatio femoropatellaris	10
	4.2.3 Ligamentäre Strukturen des Articulatio femoropatellaris.....	12
	4.2.4 Die Funktion des M.quadriceps femoris bei der Patellazentrierung ...	12
	4.3 Biomechanik des Articulatio femoropatellaris	13
	4.3.1 Q-Winkel	13
	4.3.2 Malalignment der unteren Extremität	14
	4.4 Entstehung und Ursachen des PFPS.....	15
	4.5 Klinischer Untersuch.....	17
	4.6 Rehabilitation und physiotherapeutische Behandlung.....	19
	4.6.1 Konservativ	19
	4.6.2 Operativ	21
	4.7 Einblick Krafttraining.....	22
	4.7.1 Kraftarten	22
	4.7.2 Muskelaktionsformen	22
	4.7.3 Berechnung Belastungsintensität.....	23
	4.7.4 Krafttrainingsmethoden.....	24
	4.7.5 Isokinetik.....	25
	4.8 Biomechanik und Training in der offenen und geschlossenen Kette	26
	4.8.1 Offene Kette.....	26
	4.8.2 Geschlossene Kette.....	27
	4.8.3 Gemeinsamkeiten in der offenen und geschlossenen Kette	29
5	Studienauswertung.....	30
	5.1 Methodisches Vorgehen.....	30
	5.1.1 Einschlusskriterien	31
	5.2 Resultate	32
	5.3 Zusammenfassungen der ausgewählten Studien.....	38
	5.3.1 Herrington & Al-Sherhi 2007	38
	5.3.2 Witvrouw et al. 2000	39
	5.3.3 Witvrouw et al. 2004	40
	5.3.4 Bakhtiary & Fatemi 2007.....	41
	5.3.5 Stiene et al. 1996	42

6	Diskussion	45
	6.1 Probanden	45
	6.2 Ein- und Ausschlusskriterien	46
	6.3 Datenerhebung	47
	6.3.1 Kräfteerhebung des M.quadriceps femoris	47
	6.3.2 Schmerzerfassung	48
	6.3.3 Erhebung der Funktionalität	48
	6.4 Trainingsgestaltung	49
	6.4.1 Ort der Interventionsdurchführung	50
	6.4.2 Übungsauswahl	51
	6.4.3 Dosierung	51
	6.4.4 Interventionsdauer	52
	6.5 Schmerz	52
	6.6 Funktionalität	53
	6.7 Limitation des Studienvergleichs	54
7	Schlussfolgerung	55
	7.1 Theorie-Praxis Transfer	55
	7.2 Fazit	56
	7.3 Offene Fragen	56
8	Verzeichnisse	58
	Literaturverzeichnis	58
	Abbildungsverzeichnis	62
	Tabellenverzeichnis	63
9	Wortzahl	63
10	Eigenständigkeitserklärung	64
11	Anhang	65
	Abkürzungsverzeichnis	65
	Glossar	65
	Bewertungsbögen	68
	Übersicht Krafttrainingsmethoden	75

1 Vorwort

Die Autorinnen bedanken sich ganz herzlich bei allen, die sie bei der Erstellung dieser Bachelorarbeit unterstützt haben. Ihr besonderer Dank gilt Frau Jeannette Saner-Bissig für die Hilfe und die Betreuung während des Erstellens der Arbeit. Weiter bedanken sie sich bei Melanie Manser, Georges Meier, Nadia Müller, Claudia Neff, Andrea Stüssi und Daniel von Matt für das Korrigieren der Rechtschreibung und für die konstruktive Kritik bezüglich der Korrektheit des Inhalts. Ein weiterer Dank geht an die Familien und Freunde für die motivierende Unterstützung sowie allen zu Rate gezogenen Physiotherapeuten für die interessanten Diskussionen.

Gendergerechtigkeit: Der Einfachheit halber wurde im Text stets nur die männliche Form, wie Probanden, Patienten, etc. verwendet. Selbstverständlich ist damit aber auch immer die weibliche Form gemeint.

Limitierung: Es handelt sich hier um eine Bachelorarbeit, bei der aktuelle Studien miteinander verglichen und beurteilt werden. Es ist zu bemerken, dass in dieser Literaturarbeit Hypothesen nur generiert und nicht bewiesen werden.

2 Abstract

- Hintergrund der Thematik:** Das Patellofemorale Schmerzsyndrom (PFPS) betrifft 25% der Gesamtpopulation und ist das zweithäufigste, muskuloskelettal zu behandelnde Beschwerdebild von Physiotherapeuten (Tobin & Robinson (2000); zit. n. Jan, Lin, Cheng, 2009).
- Ziel der Arbeit:** Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist, verschiedene Studien zu analysieren, um eine Empfehlung abzugeben, welche Trainingsmethode (offene oder geschlossene Kette) des M.quadriceps femoris bei PFPS bezüglich Kraftzuwachs, Verbesserung der Funktionalität und Schmerzlinderung in der Rehabilitation zu bevorzugen ist.
- Methodik:** Die Suche erfolgte in den Datenbanken Medline, PEDro und PubMed von September 2010 bis Januar 2011 mittels unten erwähnten Schlüsselwörtern.
- Resultate:** Übungen in der offenen als auch in der geschlossenen Kette sind gleich effektiv. Beide erzielen die gleichen Ergebnisse bezüglich Kraftzuwachs und Funktionalität. Die geschlossene Kette zeigt minimale Vorteile bezüglich Schmerzlinderung zu Beginn der Rehabilitation.
- Schlussfolgerung:** In der Rehabilitation von PFPS sollten Interventionen in der offenen und geschlossenen Kette kombiniert werden. Es konnte nicht bewiesen werden, dass sich das Training in der offenen Kette für PFPS Patienten negativer auswirkt, als jenes in der geschlossenen Kette.
- Schlagwörter:** „patellofemoral pain syndrome“, „vastus“, „vastus medialis“, „vastus lateralis“, „quadriceps muscle“, „closed kinetic chain“, „open kinetic chain“, „exercise“, „exercise therapy“ und „strength training“.

3 Welche Auswirkungen bezüglich Kraft, Schmerz und Funktionalität hat ein Training des M.quadriceps femoris in der offenen im Vergleich zur geschlossenen Kette beim patellofemorale Schmerzsyndrom?

Seit einigen Jahren hat der Laufsport an Popularität zugenommen. Die Schweiz erlebte in den letzten Jahrzehnten einen regelrechten Laufboom. Viele Läufe verzeichnen jedes Jahr wieder Teilnehmerrekorde (Graf, 2002). Waren es vor zehn Jahren an den 20 grössten Schweizer Running Events insgesamt noch 130'436 Läufer, erhöhte sich 2010 die Zahl auf 197'988 Finisher. Dies entspricht einem Wachstum von plus 52% (Schild, 2011). Vor allem der Frauenanteil legte in den letzten 20 Jahren zu. Die Teilnehmer des Zürich-Marathons haben sich von 1984 bis 2007 sogar verdreifacht. 1984 waren es nur 6.8% Frauen, 2007 bereits 16.6% (Wirz, 2008).

Die Verfasserinnen sind selber begeisterte Läuferinnen und mussten sich bereits mit Kniebeschwerden auseinandersetzen. Das patellofemorale Schmerzsyndrom (PFPS) ist bei Läufern sehr verbreitet. In einer Studie über Läuferverletzungen, wurde festgestellt, dass das Knie mit 42.1% am meisten betroffen war. Davon waren 46% mit PFPS diagnostiziert (Taunton, Ryan, Clement et al., 2002; zit. n. Fagan & Delahunt, 2008). Das PFPS hat eine hohe sozioökonomische Relevanz, es tritt häufig bei jungen und sportlich aktiven Erwachsenen auf, wobei Frauen häufiger betroffen sind als Männer (Bohnsack, Börner, Rühmann, Wirth, 2005). In der Literatur weisen folgende Angaben auf die gesellschaftliche Verbreitung hin. In Sportkliniken sind 25-40% aller Knieprobleme auf das PFPS zurückzuführen (Bizzini, Childs, Piva, 2003; Chesworth, Culham, Tata, 1989; Rubin & Collins, 1980; zit. n. Fagan & Delahunt, 2008). Das patellofemorale Schmerzsyndrom, im Volksmund bekannt als Runner's Knee, ist ein Symptomkomplex aus diffusen Schmerzen, dessen Ursache nicht eindeutig bestimmt werden kann (Wright, 1999). Die Definitionen variieren deshalb in der Literatur sehr (siehe Kap. 4.1).

Laut Pschyrembel (2010) definiert sich das PFPS als „Schmerzen im Patellofemoralgelenk aufgrund einer Dysbalance im patellofemorale Gleitlager“.

Die Meinungen über die richtigen Therapieansätze gehen auseinander. Da die Ursachen dieser Knieschmerzen nicht genau geklärt sind, gestaltet sich die Rehabilitation sehr individuell. Generell ist eine konservative Behandlung zu bevorzugen (Witvrouw, Lysens, Bellemans, Peers, Vanderstraeten, 2000). Patienten mit PFPS leiden häufig an einer Schwäche der Kniestreckmuskulatur (Cowan, Bennel, Hodges et al., 2003; zit. n. Fagan & Dela-

hunt, 2008). Callaghan & Oldham (2004) zeigen, dass bei PFPS Patienten der M. quadriceps femoris des betroffenen Beines signifikant schwächer ist, als der bei den gesunden Probanden der Kontrollgruppe. Die Kräftigung des M. quadriceps femoris wird deshalb als wichtiger Bestandteil der Therapie empfohlen (Juhn, 1999). Die Kraftübungen werden entweder in offener Kette (OK) (eingelenkige Bewegung, freies distales Segment) oder in geschlossener Kette (GK) (mehrgelenkige Bewegung, aber mit fixiertem distalem Segment) ausgeführt (Witrouw et al., 2000; zit. n. Fagan & Delahunt, 2008). Gemäss Witrouw et al. (2000) soll die Rehabilitation noch vor einigen Jahren von Kräftigungsübungen in der offenen Kette geprägt worden sein. Heutzutage hat das Krafttraining in der geschlossenen Kette jedoch deutlich an Bedeutung zugenommen. Die Autoren begründen die geschlossene Kette einerseits als funktioneller, andererseits soll es weniger grosse Druckbelastungen auf das Articulatio femoropatellaris (Gelenk zwischen Knie- scheibe und Oberschenkelknochen) zur Folge haben. Witrouw, Danneels, van Tiggelen, Willems und Cambier (2004) stellten in ihrer Langzeitstudie aber keine signifikanten Unterschiede zwischen Übungen in der offenen oder geschlossenen Kette fest. Aufgrund der unterschiedlichen Empfehlungen soll diese Bachelorarbeit die Effekte beider Methoden vergleichen und aufgrund einer Analyse der bestehenden Studien eine Erklärung für die Praxis bieten. Folgende Fragestellung hat sich daraus ergeben:

„Welche Auswirkungen bezüglich Kraft, Schmerz und Funktionalität hat ein Training des M. quadriceps femoris in der offenen im Vergleich zur geschlossenen Kette beim patellofemorale Schmerzsyndrom?“

Die Hypothese, dass ein Training in der geschlossenen Kette bei PFPS Kraft, Schmerz und Funktionalität positiver beeinflusst als das Training in der offenen Kette, soll untersucht werden.

4 Theorieteil

4.1 Klinisches Bild des patellofemorales Schmerzsyndroms

Zur Beschreibung von anterioren Kniebeschwerden existieren diverse Synonyme. Laut Witvrouw, Werner, Mikkelsen, van Tiggelen, Vanden Berghe und Cerulli (2005) gehören zum anterioren Knieschmerz Chondromalazie patellae, intraartikuläre Patellachondropathie, Runner's Knee, Jumper's Knee und übertragene Schmerzen der Hüfte oder des N.saphenus. Sie schliessen intraartikuläre Pathologien wie Patellatendinopathie, peripatelläre Bursitis, das Plicasyndrom, Sinding Larsen Johanson's und Osgood Schlatter's Läsionen oder die Hoffakrankheit nicht mit ein. Die Differentialdiagnosen werden im Glossar näher beschrieben.

Norris (2004) beschreibt die Chondromalazie unter PFPS, differenziert jedoch das Jumper's Knee als eigenes Krankheitsbild. Die verschiedenen Definitionen machen es schwierig klinische Untersuchungen und Behandlungen miteinander zu vergleichen. Oft ist nicht klar, ob in einer Studie die Chondromalazie patellae zum PFPS gerechnet wurde oder nicht. Gemäss Empfehlung der „International Patellofemoral Study Group“ (1997) sollte der Begriff Chondromalacia patellae ohne operative Überprüfung der Morphologie des retropatellären Knorpels vermieden werden (Bohnsack et al., 2005). Die Techniken um einen Knorpelschaden in der Praxis zu diagnostizieren, sind wenig reliabel (Natri, 1998; zit. n. Heintjes, Berger, Bierma-Zeinstra, Bernsen, Verhaar, Koes, 2009).

Die Verfasserinnen zählen in dieser Arbeit die Chondromalazie patellae zur Definition hinzu, da im physiotherapeutischen Alltag oft nicht die Möglichkeit besteht, eine genaue Aussage über den Zustand des Knorpels zu treffen. Wenn alle Gegebenheiten berücksichtigt werden, ist die Unterscheidung zwischen Chondromalazie und PFPS eher theoretisch und in der Praxis selten anzutreffen (Heintjes et al., 2009).

Charakteristisch sind diffuse retropatelläre (hinter der Patella) und peripatelläre (rund um die Patella) Schmerzen aufgrund physischen und biomechanischen Veränderungen, welche sich wiederum auf das Patellofemoralgelenk auswirken (Dye, 2005; zit. n. Herrington & Al-Sherhi, 2007). Der Schmerz kann jedoch keiner anatomischen Struktur zugeordnet werden (Wright, 1999). Die Symptome sind meist intermittierend, verschlimmernd sind Bewegungen mit hoher Muskelaktivität des M.quadriceps femoris wie beispielsweise rennen, Treppen steigen (auf- und absteigen), aber auch längeres Sitzen mit flektiertem Knie (Brechtors & Powers, 2002; zit. n. Grenholm, Stensdotter, Häger-Ross, 2009). Die

Schmerzen stehen im Vordergrund. Instabilität wird jedoch häufig als zusätzliches Symptom erwähnt (Witvrouw et al., 2005). Das PFPS wird oft als „overuse“ Verletzung bezeichnet. „Overload“ wäre spezifischer, da das Krankheitsbild auch bei inaktiven Patienten auftritt. Im fortgeschrittenen Stadium wird sogar längeres Sitzen schmerzhaft, weshalb auch vom „Movie-goer’s Sign“ gesprochen werden kann (Juhn, 1999).

Obwohl das Krankheitsbild sehr komplex und individuell ist, sind retropatelläre Schmerzen generell selbstlimitierend und haben eine gute Prognose, vor allem bei jungen Patienten mit unilateralen Problemen ohne Krepitus (Kannus, 1994; Natri, 1998; zit. n. Heintjes et al., 2009).

4.2 Anatomie des Articulatio femoropatellaris

Anhand vorzeitlicher Knochenfunde konnte aufgezeigt werden, dass das Kniegelenk schon vor 320 Millionen Jahren existierte. Erst vor etwa 65 Millionen Jahren hat sich die Patella als Bestandteil des Kniegelenks ausgebildet (Tecklenburg, Dejour, Hoser, Fink, 2005). In diesem Kapitel wird ein Überblick über die wichtigsten Strukturen des Patellofemoralgelenks (PF) gegeben, um die Komplexität der Anatomie dieses Krankheitsbildes besser zu veranschaulichen.

4.2.1 Die ossären Strukturen und Gelenkflächen des Patellofemoralgelenk

Hochschild (2002) und Tecklenburg et al. (2005) beschreiben die ossären Strukturen wie folgt.

Femur:

Das distale Femurende verbreitert sich zu einem Condylus medialis und einem Condylus lateralis. Diese beiden werden im dorsalen Bereich durch eine breite Rinne, die so genannte Fossa intercondylaris, getrennt. Im ventralen Bereich verlaufen die beiden Kondylen in die Facies patellaris aus, die als Trochlea femoris genutzt wird und gleichzeitig das Gegenstück zur Patella darstellt. In der Mitte der Trochlea findet man einen mit Gelenkknorpel überzogenen Sulkus, in dem die Patella während der Kniegelenksflexion gleitet (Hochschild, 2002).

Patella:

Die Patella ist das grösste Sesambein (eingelagerter rundlicher Schaltknochen in Sehnen, Bändern oder der Gelenkkapsel) des menschlichen Skeletts und ist in ihrer Form sehr unterschiedlich. Der proximale Teil, die Basis patellae, ist breiter und läuft in der Regel nach kaudal hin spitz zu zum Apex patellae. Proximal setzt der M. quadriceps femoris an und zieht mit einigen längeren Fasern sogar über die Kniescheibe hinweg.

Die Facies anterior patellae ist leicht konvex und von einer rauen Oberfläche geprägt, da sie vertikal verlaufende Vertiefungen aufweist (Hochschild, 2002).

Die Facies articularis patellae wird auch retropatellare Gelenkfläche genannt und besitzt einen vertikalen First, der sie in eine breite laterale und eine schmalere mediale Fläche teilt. Die laterale Facette ist konkav und die mediale konvex.

Abbildung eins zeigt, dass mit zunehmender Kniegelenksflexion die Kontaktfläche zwischen Patella und Femur grösser wird. Dabei liegt die Patella physiologischerweise während der gesamten Kniebeugung mehr dem lateralen Femurkondylus als dem medialen auf (Bohnsack et al., 2005). Die Hauptbelastungszone der Patella wandert mit zunehmender Flexion von kaudal nach kranial.

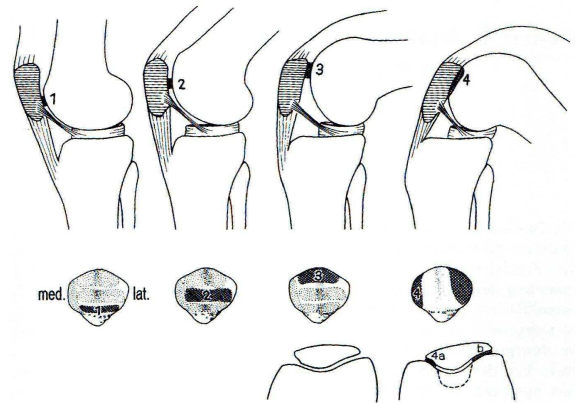


Abb. 1: Kontaktflächen während der Knieflexion, schwarz: Kontaktfläche

4.2.2 Muskuläre Strukturen des *Articulatio femoropatellaris*

Der wichtigste Stabilisator des Kniegelenks ist der M. quadriceps femoris. Hochschild (2002) beschreibt ihn folgendermassen.

M.quadriceps femoris:

Der M.quadriceps femoris wird vom N.femoralis (L2-L4) aus dem Plexus lumbalis innerviert und besteht aus vier Teilmuskeln, was in der Abbildung zwei verdeutlicht wird (Hochschild, 2002).

Der M.rectus femoris hat seinen Ursprung an der Spina iliaca anterior inferior und stellt somit die Verbindung zwischen Becken und Kniegelenk her. Er verläuft in einer Rinne auf dem M.vastus intermedius und wird seitlich von den anderen Vasti begrenzt.

Seine Endsehne ist die längste dieses Komplexes und einige Fasern setzen an der Tuberositas tibiae an. Dieser Muskel besitzt eine grosse Ausdauerfähigkeit und neigt zur Verkürzung. Der M.vastus intermedius ist der tiefste Anteil des Quadricepskomplexes. Die meisten seiner Anteile ziehen an die Basis patellae (Hochschild, 2002).

Der M.vastus lateralis (VL) ist der grösste Muskelanteil. Er setzt am lateralen Patellarand und am medialen Tibiakondylus an. Einige Fasern ziehen ins Retinaculum longitudinale.

Der M.vastus medialis (VM) besitzt hauptsächlich steil nach distal ziehende Muskelfasern, die am kranialen medialen Patellarand ansetzen. Sein unterster Teil mit den quer verlaufenden Muskelfaserbündeln, wird M.vastus medialis obliquus (VMO) bezeichnet. Abbildung drei zeigt die genaue Lokalisation des VMO's. Frank & Volker (2011) weisen darauf hin, dass mittels aufwendigen Leichenuntersuchungen unterschiedliche Faserverläufe festgestellt werden konnten, aber nicht die Existenz eines separaten Muskels bestätigt werden konnte. Des Weiteren existieren verschiedene Theorien über die Aktivierung des VMO's

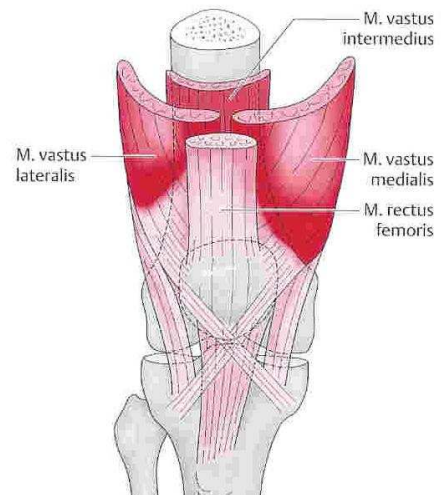


Abb. 2: Der M.quadriceps femoris mit seinen vier Anteilen

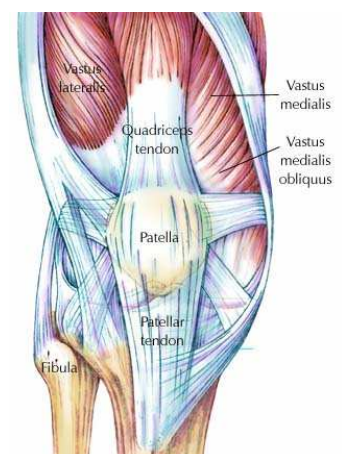


Abb. 3: Der M.vastus medialis obliquus

zusammen mit den Mm. adductor longus und magnus (Frank & Volker, 2011). Hochschild (2002) erklärt, dass der VMO zur Abschwächung neigt und dadurch oft für Beinlängsachsenabweichungen und Instabilitäten verantwortlich ist. Je stärker der M.vastus medialis obliquus abgeschwächt ist, desto mehr zieht der M.vastus lateralis die Patella nach lateral.

Tractus iliotibialis:

Der Tractus iliotibialis wird als Vereinigung der Ansatzsehnen des M.tensor fasciae latae und des M.gluteus maximus beschrieben. Er verläuft zwischen Crista iliaca und lateralem Tibiakopf und kann somit die Biegebeanspruchung des Femurs reduzieren (Schünke, Schulte, Schumacher, Voll, Wesker, 2007). Hochschild (2002) erläutert, dass einige Fasern des Tractus iliotibialis an den lateralen Patellarand ziehen und somit auf die Patellaposition Einfluss nehmen können.

4.2.3 Ligamentäre Strukturen des *Articulatio femoropatellaris*

Die Patella weist verschiedene ligamentäre Verbindungen mit anderen Strukturen im Kniegelenk auf. Als sehr kräftiges und breites Band zieht das Lig.patellae von der Patellaspitze zur Tuberositas tibiae. Es ist die Fortsetzung des M.quadriceps femoris, der mit seinen langen Fasern über die Patella zieht.

Das Retinaculum patellae mediale besitzt eine oberflächliche und eine tiefliegende Schicht. Es zieht vom medialen Patellarand zum Epicondylus medialis femoris und zum Condylus medialis tibiae und dient als ventraler Stabilisator. Das Retinaculum patellae laterale besteht ebenfalls aus einer oberflächlichen und einer tiefer liegenden Schicht. Es entspringt am lateralen Patellarand und setzt am lateralen Tibiakondylus und am Epicondylus lateralis femoris an. Es funktioniert als anterolateraler Stabilisator des Kniegelenks (Hochschild, 2002).

4.2.4 Die Funktion des *M.quadriceps femoris* bei der Patellazentrierung

Die Mm.vasti medialis und lateralis komprimieren wegen ihrer dorsalen Lage die Patella gegen den Femur (Bizzini, Biedert, Maffueletti, Impellizzeri, 2008). Sie erklären, der VMO habe eine leicht abgewinkelte Insertion und wirkt daher eher medialisierend auf die Patella. Die Kraftvektoren der Quadricepsanteile reagieren sehr kom-

plex. Im Idealfall halten sich die resultierenden Kräfte in der Femur- und Tibiaachse und zentrieren so die Patella (Hehne, 1990; zit. n. Bizzini et al., 2008).

Der VMO und VL müssen während belastenden Situationen (z.B. bei der Landung nach einem Sprung) synergistisch aktiv sein, um die Patella- und Kniegelenkstabilität zu kontrollieren (Toumi et al., 2007; zit. n. Bizzini et al., 2008).

Tang, Chen, Hsu, Chou, Hong und Lew (2001) erklären, dass eine neuromuskuläre Dysbalance zwischen dem VMO und dem VL oder eine Hypotrophie des VMO's (Bakhtiary & Fatemi, 2007) die Patellaposition beeinflussen kann. Die Patella werde bei einer verspäteten VMO-Aktivierung zu wenig nach medial gezogen und führt somit zu einer schlechteren Zentrierung. Es gibt einige Studien, welche dies bestätigen jedoch genauso viele, welche keinen Unterschied der Aktivierung zwischen VMO und VL feststellen konnten (Witvrouw et al., 2005). Schon kleine Veränderungen der physiologischen Patellazentrierung haben enorme Auswirkungen auf den retropatellären Druck und führen so zu einer Überbelastung der patellastabilisierenden Weichteile (Bohnsack et al., 2005). Grenholm et al. (2009) belegten mit ihrer Studie, dass beim Treppen absteigen acht Mal mehr retropatellärer Druck entsteht, als beim Geradeausgehen. Wenn die Patella bei PFPS Patienten in diesem Moment zu wenig stabilisiert wird, können Schmerzen provoziert werden (Grenholm et al., 2009).

4.3 Biomechanik des Articulatio femoropatellaris

4.3.1 Q-Winkel

Der Q-Winkel ist definiert als Winkel zwischen der Verbindungslinie der Spina iliaca anterior superior mit der Patellamitte und der Verbindungslinie der Patellamitte mit der Tuberositas tibiae, wie der Abbildung vier zu entnehmen ist (Pagenstert & Bachmann 2006; zit. n. Aglietti, Insall, Cerulli, 1983). Je grösser der Winkel, desto grösser ist die lateralisierende Kraft und somit die Druckbelastung im lateralen Patellofemoralgelenk (PFG) mit potentieller Subluxation.

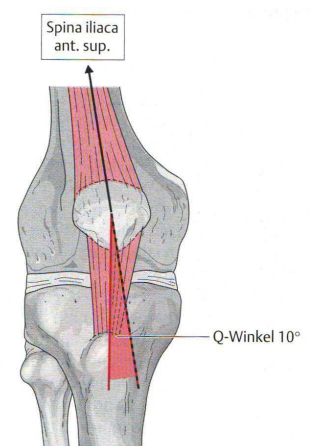


Abb. 4: Der Q-Winkel

Laut Reid (1992; zit. n. Juhn, 1999) definiert sich ein „normaler“ Q-Winkel zwischen 10-22°, wobei die Intertester Reliabilität sehr schlecht zu bewerten ist. Frauen haben aufgrund der Beckenform eher einen grösseren Q-Winkel (Green, 2003). Gemäss Messier et al. (1991; zit. n. Bohnsack et al., 2005) ist die Aussagekraft des Q-Winkels in der Diagnostik umstritten. Er begründet dies damit, dass der Winkel abhängig ist von der Position des Patienten, der Beugstellung, wie auch der Kontraktion des M. quadriceps femoris. Da es eine statische Messung ist, erhält man wenig Aussagekraft über die Funktionalität im Knie (Green, 2003). Diese Diskrepanz könnte auch durch die fehlende Standardisierung der Messung (ASTE/ Festlegung der Linien) verursacht werden (Pagenstert & Bachmann, 2008). Im Glossar sind die wichtigsten Patella Deformitäten und Positionsabweichungen beschrieben, welche als beeinflussende Faktoren des PFPS gelten.

4.3.2 Malalignment der unteren Extremität

Fehlstellungen des Fusses oder eine Vorgeschichte mit Sprunggelenksverletzungen können ein prädisponierender Faktor für ein PFPS sein (Juhn, 1999), darum werden in diesem Kapitel die Konsequenzen einer Fussfehlstellung auf das Knie erläutert. Die zwei typischen Fehlstellung definiert Juhn (1999) folgendermassen.

- **Pes Planus (Pronation):**

Durch die vermehrte Pronation des Fusses und somit einem fehlenden medialen Fussgewölbe kann es zu einer kompensatorischen Innenrotation der Tibia oder des Femurs kommen, was den patellofemorale Mechanismus (optimale Bewegungsführung/ Gleitbewegung zwischen Patella und Femur) beeinträchtigt. Dies hat zur Folge, dass sich die Patella nach innen richtet.

Auch ein Genu varum wird teils durch vermehrte Pronation kompensiert, dies kann sich ebenfalls mit einer Innenrotation der Tibia zeigen (Pagenstert & Bachmann, 2008).

- **Pes Cavus (Supination):**

Durch diese Fehlstellung hat das Bein weniger Dämpfung. Dies führt, vor allem beim Rennen zu einer erhöhten Belastung der patellofemorale Strukturen.

Es wird beschrieben, dass Läufer oft mit zu starker Pronation laufen (Kleinmann, 2006). Die Verfasserinnen können sich vorstellen, dass solche Fehlstellungen eine mögliche Erklärung sein könnten, warum häufig Läufer an PFPS leiden.

4.4 Entstehung und Ursachen des PFPS

Witvrouw et al. (2005) erklären, dass die Bezeichnung patellofemoral (PF) geeignet sei, da die Ursache nicht nur der Patella oder dem Femur zugeordnet werden kann. „Bei der Mehrheit der PFPS Patienten kann keine abnormale, anatomische oder biomechanische Gegebenheit für die Knieschmerzen gefunden werden“ (Witvrouw et al., 2005). Als Hauptursache wird vor allem das patellofemorale Malalignment (Fehlstellung der Patella) im femoropatellaren Gleitlager gesehen (Bohnsack et al., 2005). Diese Dezentrierung kann zu einer Fehlbelastung der patellastabilisierenden Weichteile und somit zu einer Retinaculopathie oder Insertionstendinose führen und längerfristig eine Atrophie des M. quadriceps femoris begünstigen (Fulkerson & Shea 1990, Guzzanti et al., 1994; zit. n. Bohnsack et al., 2005). Es wird darauf hingewiesen, dass aufgrund der ungleichen Knorpelbelastung chondrale Erweichungen und Rissbildungen mit nachfolgendem Belastungsschmerz entstehen können (Mori et al., 1991; zit. n. Bohnsack et al., 2005). Laut Thomee (1997; zit. n. Heintjes et al., 2009) erhöht die Kombination von Malalignment und Defizite der Muskelfunktion das Risiko von Überlastung und somit dem PFPS. Erhöhter intrapatellarer Druck führt zu subchondraler Degeneration und kann Knorpelläsionen verursachen. Da der Knorpel nicht innerviert ist, könnte subchondraler Knochen die Schmerzursache sein (Arnoldi 1991; Goodfellow 1976; zit. n. Heintjes et al., 2009). Andere Autoren (Bourne, 1988; Natri, 1998; Nissen, 1998; zit. n. Heintjes et al., 2009) konnten dies jedoch nicht bestätigen. Sie erwähnten eher Weichteile als Schmerzursache. Weiter wird erklärt, falls zu viel oder zu wenig Kraft auf ein Gelenk wirkt, kann sich die Gewebehomöostase (Gleichgewicht) verändern und zu Schmerzen oder anderen Dysfunktionen führen (Dye SF, 2001; zit. n. Witvrouw, 2005). Die Symptome treten häufig auf, wenn anatomisch normale Strukturen supraphysiologischen Belastungen ausgesetzt werden. Das Ziel jeder Behandlung ist demnach die Wiederherstellung der Homöostase des patellofemorale Gelenks (Dye SF, 2001; zit. n. Witvrouw et al., 2005). Sanchis (2008) sieht das laterale Retinaculum als Schlüsselrolle bei der Schmerzentwicklung. Er konnte bei Patien-

ten mit Schmerzdominanz eine höhere Anzahl nozizeptiver Fasern auffinden als bei Patienten mit dominierender Instabilität.

Eine Überlastung kann auch wegen einem Muskelungleichgewicht des M. quadriceps femoris gegenüber den Hamstrings, des M. tensor fasciae latae, des M. gluteus medius und der Mm. vasti medialis und lateralis auftreten (Liebenson 1996, Press & Young 1998; zit. n. Green, 2003). Fulkerson (2002) ist überzeugt, dass eine Dysbalance der Kniegelenksex-tensoren zur Überlastung des Retinaculum und des subchondralen Knochens führt. Des Weiteren wird beschrieben, dass Frauen im Vergleich zu Männern kleinere medio-laterale Knieabmessungen aufweisen (Conley, 2007; zit. n. Besier, Fredericson, Gold, Beaupré, Delp, 2009). Um diesen Nachteil zu kompensieren, entwickeln sie höhere Kräfte im lateralen Teil des M. gastrocnemius und den Hamstrings. Die dadurch erhöhten Gelenkkontaktkräfte können eine Erklärung dafür sein, warum Frauen mehr von PFPS betroffen sind als Männer (Besier et al., 2009).

„Verminderte Kraft der Knieextensoren ist sehr verbreitet bei PFPS und einer der häufigsten Befunde“ (Lieb & Perry, 1968; Voight & Wieder, 1991; Stiene, Brosky, Reinking, Nyland, Mason, 1996; zit. n. Witvrouw et al., 2005). Diese Autoren belegen, dass ein Kraftdefizit vor allem bei exzentrischer Aktivität beobachtet wird.

Thomee et al. (1995; zit. n. Pagenstert & Bachmann, 2008) und Witvrouw et al. (2000) beschreiben eine Korrelation von Quadrizepschwäche mit PFPS und Muskelatrophie. Andere Studien konnten dies jedoch nicht bestätigen. Milgrom, Finestone, Shalam (1996; zit. n. Witvrouw, 2004) belegen sogar das Gegenteil. Sie untersuchten Rekruten, welche ein PFPS entwickelten, die aber im Vergleich zu Gesunden eine grössere isometrische Quadrizepskraft aufbringen konnten.

Auch Callaghan & Oldham (2002) untersuchten Patienten mit PFPS und konnten keinen signifikanten Unterschied bezüglich Muskelumfang des betroffenen und gesunden Beines finden. Das betroffene Bein war aber deutlich schwächer als das Gesunde im Vergleich zur Kontrollgruppe. Es wird zusammengefasst, dass PFPS Patienten zwar schwächere Kniegelenksex-tensoren haben, dies aber nicht unbedingt mit Muskelatrophie zu erklären ist. Andere Mechanismen wie neuromuskuläre Kontrolle könnten eine Rolle spielen (Callaghan & Oldham, 2002). Die Biomechanik des PF-Gelenks kann zudem von Muskelverkürzungen der Hamstrings, der Mm. gastrocnemii, des M. rectus femoris und des Iliotibialbandes beeinflusst werden (Escamilla et al., 1998; zit. n. Witvrouw et al., 2005).

4.5 Klinischer Untersuch

Die hohe Anzahl an Therapiekonzepten bestätigt das mangelnde Wissen über die exakte Schmerzursache (Juhn, 1999). Witvrouw et al. (2005) erstellten anhand Ihres Reviews ein Klassifikationssystem, welches Therapeuten und Ärzten helfen soll, eine adäquate Untersuchung durchzuführen und eine optimale konservative Therapie darauf abzustimmen. Dies sollte als Richtlinie gelten und wird hier nicht näher besprochen.

Es wird darauf hingewiesen, zuerst Abnormalitäten der Beine auszuschliessen. Falls Dysfunktionen auftreten, gilt es, die Ursache der Kompensationsmechanismen wie Muskelschwäche, Muskelverkrampfung oder patelläre Hypermobilität etc. herauszufinden (Witvrouw et al., 2005). Abbildung fünf zeigt die Differenzierung der Ursachen.

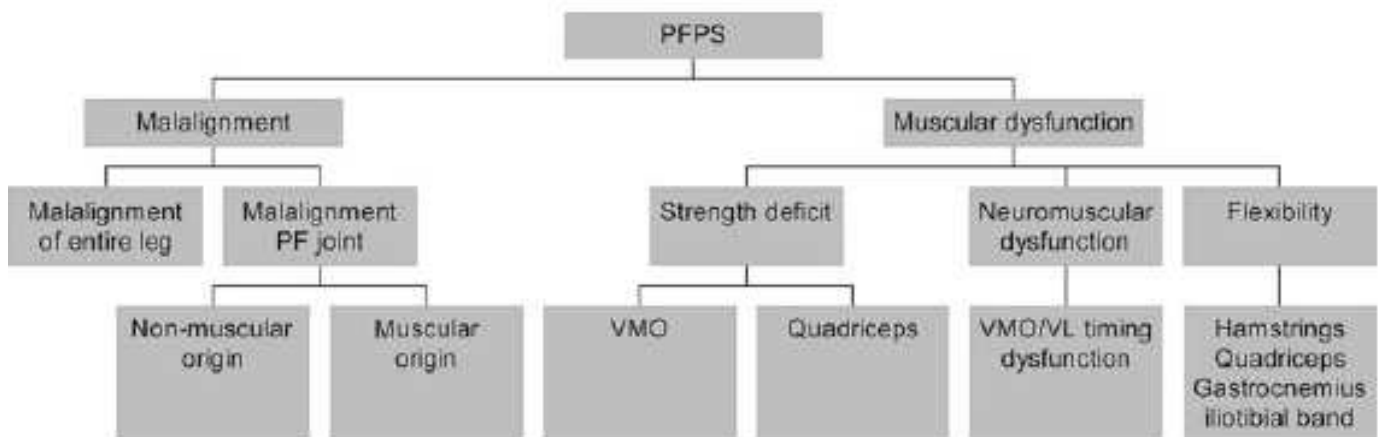


Abb. 5: Differenzierung der Ursachen des PFPS

Auch die Ursache eines PF-Malalignments soll differenziert werden. Es muss festgestellt werden, ob eine muskuläre oder nicht-muskuläre Problematik vorliegt. Steiner et al. (2001; zit. n. Witvrouw et al., 2005) konnten aufzeigen, dass bei mehr als der Hälfte der PFPS Patienten das Malalignment nur nach der Kontraktion des M. quadriceps femoris auftritt. Witvrouw et al. (2005) fassen folgende Vorschläge für ein umfassendes Assessment zusammen.

Tabelle 1: Empfehlungen für ein ganzheitliches Assessment

Symptome	<ul style="list-style-type: none"> • Schmerzlokalisierung • Instabilität
Alignment der unteren Extremität	<ul style="list-style-type: none"> • Patellasquinting • Q-Winkel • Genu valgum und Genu recurvatum • Pronation im unteren Sprunggelenk
Patellaposition	<ul style="list-style-type: none"> • Patella alta/ baja • Patella Rotation • Patellaglide/ tilt
Muskulatur und Weichteile	<ul style="list-style-type: none"> • Schwäche der Knieextensoren, Hüftflexoren, Hüftabduktoren, Hüftaussenrotatoren • Hypotrophie des VMO • Dysbalance VM/VL • Straffheit des medialen Retinaculums • Verkürzung der lateralen Muskulatur, Hamstrings und M.rectus femoris
Kniefunktion (Schmerz/ schlechte Führung oder Positionierung)	Untersuch während dynamischen Aktivitäten wie: Treppensteigen, Step up-down, Einbeinsquat, in die Hocke gehen, Ganganalyse

Die häufigsten Tests zur Untersuchung des Patellofemoralgelenks sind im Glossar aufgelistet.

Zu beachten bei der muskulären Untersuchung:

Wichtig ist die Unterscheidung zwischen einer Dysfunktion der Muskulatur und der Hypotrophie (Witvrouw et al., 2005). Die manuelle Untersuchung von Muskelkraftdefiziten ist schwierig und nicht aussagekräftig. Funktionelle Tests sind nötig, um die Anforderung während der Aktivität am Knie und der gesamten unteren Extremität in kinetischer Kette simulieren zu können (Pagenstert & Bachmann, 2008). Muskelfuntionstests werden in der Physiotherapie häufig mit der Methode M0-M5 beschrieben. Diese Methode ist gemäss den Verfasserinnen bei PFPS jedoch nicht aussagekräftig, da die Schwäche meistens nicht unter M3 fällt.

Witvrouw et al. (2005) sehen die isokinetische Methode als das optimale Prozedere für Muskelkraftmessungen bei PFPS. Die isokinetische Messmethode wird im Kapitel 4.7.5 näher beschrieben. Ein isokinetisches Dynamometer steht aber nicht immer zur Verfügung. Der einbeinige Hüpfest gilt als einer der geläufigsten funktionellen Tests und ist schneller und einfacher durchzuführen. (Witvrouw et al., 2005).

Der einbeinige, dreifache Hüpfetest:

Bei diesem Test wird mit demselben Bein abgesprungen und gelandet. Dabei sind die Hände hinter dem Rücken verschränkt. Der Test ist einfach durchzuführen und benötigt Explosivkraft, welche als wichtiger Faktor in der Entwicklung von PFPS zählt. Der Tester sollte vorsichtig sein und abschätzen können, ob der Test die Symptome des Patienten nicht verschlimmert (Witvrouw et al., 2005). Dieser Test gilt als reliable Messung der Funktionalität für die untere Extremität (Risberg et al., 1995; Bolgia & Keskula, 1997; zit. n. Syme, Rowe, Martin, Daly, 2009)

4.6 Rehabilitation und physiotherapeutische Behandlung

4.6.1 Konservativ

Das Ziel der Behandlung ist die Wiederherstellung der Funktionalität der betroffenen unteren Extremität. Dafür wird ein auf den Patienten angepasstes Behandlungskonzept entworfen. Um die Rehabilitation etwas zu beschleunigen sind die Schlüsselemente der Dysfunktion zu finden. Ein ständiges Überwachen und Anpassen des Programms muss gewährleistet werden (Green, 2003).

Akute Phase:

Die Behandlung soll mit Eiswendungen und Elektrotherapie zur Entzündungshemmung beginnen. Während dieser Phase sollte man symptomverstärkende Aktivitäten wie Klettern, Knien und Springen möglichst vermeiden. Es können aber Übungen mit limitiertem Bewegungsausmass durchgeführt werden, ohne dass Schmerzen auftreten (Green, 2003). Bizzini et al. (2008) verweisen darauf, dass während der Früh- oder Akutphase eine statische Innervation des M. quadriceps femoris in der Streckung sinnvoll und wichtig ist, denn die Muskulatur soll die Patella aktiv cranialisieren können.

Proliferationsphase:

Wenn die Entzündung einmal reduziert ist, wird die Therapie aktiver gestaltet. Zuerst sollen Übungen in der geschlossenen Kette durchgeführt werden, damit die Kontraktion des M. quadriceps femoris und der Hamstrings möglichst gut trainiert wird. Teilweise wird die Therapie in dieser Phase mit einem Brace (Knieschiene) un-

terstützt. Verschiedene Patellatapes werden oft angewendet, um die Patella in eine möglichst optimale Position zu bringen. Orthesen, wie Schuheinlagen, können als Unterstützung dienen (Green, 2003).

Eine gute Patellabeweglichkeit ist für die Zentrierung im Gleitlager wichtig. Falls eine hypermobile Patella vorliegt, sollte ein Kräftigungsprogramm des M.quadriceps femoris erfolgen, um so mehr Patellastabilität und -führung zu erhalten (Green, 2003). Oft sind bei PFPS Patienten auch abgeschwächte Hüftabduktoren zu finden. Diese sollten im Krafttraining miteinbezogen werden (Green, 2003). Es wird erklärt, dass sowohl konzentrische als auch exzentrische Muskelaktivitäten von Beginn weg ins Krafttraining integriert werden sollen. Dabei ist es wichtig auf eine qualitative und saubere Ausführung zu achten (Buchbauer & Steiniger, 2008). Des Weiteren ist für eine optimale patellofemorale Führung volles Bewegungsausmass der unteren Extremität notwendig. Darum ist es essentiell, hypertone Muskulatur zu detonisieren und verkürzte Muskeln zu dehnen, während der Therapie und auch zu Hause. Typischerweise sind beim PFPS der M.tensor fasciae latae, die Hamstrings, der M.quadriceps femoris und der M.triceps surae verkürzt (Green, 2003).

Ein weiteres Problem stellt die VMO-Schwäche dar. Es ist schwierig den VMO isoliert zu trainieren, weil er mit den Sehnen der Mm.adductor magnus und longus verwachsen ist. Aus diesem Grund sollten der VMO und die Adduktoren zusammen trainiert werden (Green, 2003). Witvrouw et al. (2004) belegten mit ihrer Langzeitstudie, dass ein weiterführendes Training mit angepassten Steigerungen für die Erhaltung der schmerzfreien Funktionalität sehr wichtig ist.

Verschiedene manuelle Techniken sind genau so wichtig bei der Behandlung eines PFPS-Patienten, wie das Krafttraining. Dabei werden LWS, Hüft-/ Patellofemoral- und proximales Tibiofemoralgelenk nach den im Befund gefunden Abnormalitäten behandelt (Lowry, Cleland, Dyke, 2008).

Als unterstützende Massnahmen kann auch ein Elektromyographie – Gerät (EMG) oder ein Tape verwendet werden.

EMG:

Stensdotter, Hodges, Öhberg und Häger-Ross (2007) erklären, dass Patienten mit PFPS im Vergleich zu gesunden Probanden eine verspätete VMO-Aktivierung im EMG in offener und geschlossener Kette zeigen. Sie argumentieren, dass Angst vor Schmerzen eine langsamere Muskelkontraktion begünstigen könnte. Was wiederum zur Folge hat, dass sich die intramuskuläre Koordination längerfristig verändert. Darum kann ein Training mit Biofeedback hilfreich sein. Dewhurst (2009; zit. n. Yip & Ng, 2006) erklärt, dass eine Trainingsunterstützung mit einem elektromyographischen Biofeedback die Patellarotation und den Patella-Tilt innerhalb von vier Wochen signifikant reduziert. Ohne Biofeedback wurden jedoch nach acht Wochen die gleichen Effekte beobachtet. Bezüglich Schmerzreduktion konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen Training mit und ohne Biofeedback festgestellt werden. Dies wird von Dursun, Dursun und Kiliç (2001) bestätigt. Dewhurst (2009) schreibt aber, dass weiter wissenschaftliche Untersuchungen nötig sind, um die Effektivität des biofeedback-unterstützten Trainings zu bestimmen.

Tape:

Das McConnell Tape wird heute als Standard von vielen Physiotherapeuten genutzt. Diese Tapetechnik kann die Knieextensorenaktivität während einer Übung in der geschlossenen Kette verbessern (Ernst, Kawaguchi, Saliba, 1999; zit. n. Fulkerson, 2002). Wie Bohnsack et al. (2005) erklären, wird das Patellatape in der Literatur kontrovers diskutiert, weil es zu einem Abbau der patellastabilisierenden Muskulatur führen kann. Andererseits konnte aufgezeigt werden dass ein Patellatape in Kombination mit einem vierwöchigen Trainingsprogramm eine schmerzlindernde Wirkung hat. Das Tape alleine habe aber keinen positiven Effekt auf die Propriozeptionsverbesserung des Kniegelenks (Bohnsack et al., 2005). Es sind zusätzliche Studien nötig, um den Effekt des Tapes als eigene Interventionsmöglichkeit oder als Ergänzung zum Training herauszufinden (Dewhurst, 2009).

4.6.2 Operativ

Wenn die konservativen Massnahmen nicht den gewünschten Erfolg bringen, können auch operative Eingriffe in Betracht gezogen werden. Fulkerson (2002) erwähnt

das laterale Release mittels Kniearthroskopie. Diese Operation wird bei Patienten mit einem zu straffen lateralen Retinaculum, welches die Patella stets nach lateral zieht, durchgeführt (Dewhurst, 2009).

4.7 Einblick Krafttraining

Unter Berücksichtigung verschiedener Literaturangaben über Krafttraining und Trainingslehre konnten unterschiedliche Begriffsdefinitionen gefunden werden, welche sich zum Teil überschneiden. Die Autorinnen benutzten für diese Arbeit die wissenschaftsorientierten Kraftbegriffe nach Radlinger (1998). In diesem Kapitel werden die wichtigsten Begriffe des Krafttrainings kurz erläutert, um die Interventionsauswertung und die Studiendiskussion besser zu verstehen.

4.7.1 Kraftarten

Die Maximalkraft ist die Basisfähigkeit aller Krafftigkeiten. Sie wird in die Subkategorien Schnellkraft (statisch/konzentrisch), Reaktivkraft (exzentrisch/ konzentrisch) und eine Kombination aus Kraft und Ausdauer (statisch/dynamisch) unterteilt. Auf die weiteren Subkomponenten wird hier nicht eingegangen.

Die Maximalkraft ist zur Verbesserung aller Krafftigkeiten von grosser Relevanz. "Maximalkraft ist definiert als die Fähigkeit des Nerv-Muskel-Systems willkürlich die grösstmögliche Kraft gegen einen Widerstand auszuüben" (Radlinger 1998, Rehabilitatives Krafttraining). Leistungsbestimmend sind die Verbesserung der intramuskulären Koordination und die Erhöhung der muskulären Masse. Der Nachweis erfolgt messtechnisch mit einer standardisierten isometrischen Kraftmessung.

4.7.2 Muskelaktionsformen

Eine Muskelaktion definiert sich als aktiver Zustand des Muskelgewebes mit dem Versuch den Muskel zu verkürzen. Muskelkontraktion wird hier als Muskelaktion bezeichnet und neutral definiert. In Radlingers Buch der Rehabilitativen Trainingslehre (1998) können folgende Formen differenziert werden.

- **Isometrisch:** gleichbleibende Länge, statisch, haltend ohne Bewegung. Unterteilung in isometrisch-konzentrisch (zunehmend muskuläre Verkürzung

- am Aktionsbeginn, bis zu dem Moment, in dem das Gewicht frei gehalten werden kann), isometrisch (volle Gewichtsübernahme, ohne Veränderung der Position), isometrisch-exzentrisch (Gewichtsabgabe ohne Bewegung)
- Dynamisch: bewegend, der Muskel verkleinert oder vergrößert seine Länge, Ansatz und Ursprung bewegen sich gegeneinander oder zueinander.
 - Dynamisch-konzentrisch: positiv-dynamisch, arbeitet überwindend und beschleunigend auf einen Widerstand. Der Ursprung und der Ansatz des arbeitenden Muskels nähern sich an.
 - Dynamisch-exzentrisch: negativ-dynamisch oder nachgebend. Der Muskel wirkt einem Widerstand nachgebend entgegen, das heisst, Ansatz und Ursprung entfernen sich voneinander. Es erfolgt eine Dehnung des Muskels entgegen seiner Arbeitsrichtung.
 - Dehnungsverkürzungs-Zyklus: Ein Muskel entfaltet nach einer exzentrischen Dehnung bei der nachfolgenden konzentrischen Muskelaktion reflektorisch eine erhöhte Kraft, weil sich der Dehnungsreflex und die tendomuskuläre Elastizität zum konzentrischen Kraftstoss aufsummieren.

Bewegungen jeglicher Art zeigen eigentlich eine auxotone Anspannung (gemischte Muskelaktion) mit statischen, so wie dynamischen Anteilen und Spannungsveränderungen.

4.7.3 Berechnung Belastungsintensität

Die Tabellen mit Prozentangaben über die optimale Muskelaufbauintensität variieren von Autor zu Autor. Es heisst, sie liege bei ca. 40-60% der Maximalkraft (100% wären das Testergebnis eines isometrischen Maximalkrafttests). Dies bezieht sich jedoch auf homogene Gruppen des Kraftsports und ist in der Physiotherapie schlecht umsetzbar. In der Therapie stehen häufig die Schmerzen im Vordergrund, darum wäre ein (100%)-Maximalkraft-Test nicht zu empfehlen (Radlinger, 1998). Eine praxisgerechte und schonende Vorgehensweise wird durch allmähliche Erhöhung der Reizintensität bei zunächst hohen Wiederholungszahlen genutzt. Grundsätzlich gilt: Es muss eine annähernde Ausbelastung (Training bis zur physikalischen Leistungsgrenze =muskuläre Ermüdung) stattfinden und die Belastungs-

dauer muss dem gewünschten Krafttrainingsziel auf neuromuskulophysiologicaler Ebene entsprechen. Im aerob-alaktaziden (nicht laktatfördernden) Energiebereich wären dies im Rahmen von 30 Sekunden etwa 6-15 Wiederholungen. Zum Austesten wird das Gewicht geschätzt. Der Patient versucht das Gewicht so oft wie möglich dynamisch zu bewegen (Radlinger, 1998). 30 Sekunden sollten nicht überschritten werden, da dann ein zu starker Übergang zum anaerob-laktaziden Stoffwechsel (Kraftausdauerbereich, laktatfördernd) stattfindet, der keine muskelhypertrophierende (muskelvergrößernde) Wirkung mehr besitzt.

4.7.4 Krafttrainingsmethoden

Es existieren verschiedene Krafttrainingsmethoden mit unterschiedlichen Therapiezielen. Radlinger (1998) beschreibt die Reihenfolge im rehabilitativen Krafttraining als die die Entwicklung der komplexen Kraft, über die differenzierte Kraft zur Entwicklung der spezifischen Kraft.

In der Physiotherapie wird die differenzierte Kraftentwicklung zur Verbesserung der Maximalkraft am häufigsten verwendet. Wesentlich ist die Orientierung an Muskeln und Muskelgruppen, die für den Patienten leistungslimitierend sind, insbesondere wenn ein deutlicher Kraftverlust vorliegt. Typischerweise spricht man im Krafttraining von einer maximalen Ausbelastung. In der Therapie ist jedoch die submaximale Ausbelastung (Belastung, bis medizinisch relevante Probleme auftreten) die Regel. Neben der differenzierten Kraftentwicklung in der Rehabilitation gilt als Ziel auch eine optimale sensomotorische Bewegung. Deswegen ist genau auf Ermüdungszeichen zu achten und Ausweich- und Kompensationsmechanismen zu korrigieren. Häufig kommt dann aber ein Patient aufgrund des Bewegungsabbruchs nicht zur maximalen muskulären Ausbelastung.

Im Anhang befindet sich eine Zusammenfassung der verschiedenen Krafttrainingsmethoden.

4.7.5 *Isokinetik*

Da bei den verwendeten Studien jeweils eine isokinetische Kraftmessung stattfand, wird hier eine kurze Einführung gegeben. Radlinger (1998) erklärt die Isokinetik als „eine gleichmässige, schnelle Bewegungsgeschwindigkeit während der Ausführung einer dynamischen Bewegung“. Die Isokinetik findet vor allem in der diagnostischen Objektivierung von Muskeldefiziten und Muskeldysbalancen ihre Anwendung. Es ist eine standardisierte, objektivierbare, reliable sowie valide Testmöglichkeit (Felder, 1999).

Bei herkömmlichen Trainingsgeräten wird eine Kraft gefordert, die höher sein muss als die äussere Belastung, um überhaupt eine Bewegung zu initiieren. Der Muskel kann so keine konstante Kraft entwickeln. Die von aussen wirkende Kraft ist konstant (gewähltes Gewicht) und kann zu Unter- oder Überforderung der Muskulatur führen. In der Isokinetik orientiert sich die Belastung an den Möglichkeiten des Muskels und gewährleistet somit eine adäquate Reizapplikation und Beanspruchung. Die Last wird über die Bewegungsamplitude variabel gehalten. In Positionen, in denen der Muskel viel Kraft entwickeln kann, sind die Lasten höher als in Winkelbereichen wo der Muskel weniger Kraft entwickeln kann. Dieses Prinzip gewährleistet, dass der Muskel in jeder Winkelposition adäquat belastet wird (Felder, 1999).

Bei Geschwindigkeiten ab $180^\circ/\text{s}$ nimmt die Beeinflussung der Bewegung durch Beschleunigungs- und Bremskräfte stark zu. Unterschiedliche Geschwindigkeiten zur Identifikation der unterschiedlichen Kraftqualitäten sind zum Testen zu empfehlen; langsam (z.B. $60^\circ/\text{s}$), mittel (z.B. $150^\circ/\text{s}$) und schnell (z.B. $300^\circ/\text{s}$) (Felder, 1999).

Defizite von mehr als 15% gegenüber dem kontralateralen Bein gelten als abnormal und sollten behandelt werden. Differenzen unter 10% seien im Rahmen der methodischen Fehlergrenzen zu sehen. Eine Seitengleichheit in der Leistungsfähigkeit sollte angestrebt werden (Witvrouw et al., 2005). Laut Felder (1999) ist darauf hinzuweisen, dass eine standardisierte Ausführung mit konstanter und individueller Geräteeinstellung (korrekte Positionierung mit entsprechender Fixierung) für eine genaue Aussage entscheidend ist. Augustsson & Thomeé (2000) bemängeln, dass die isolierte eingelenkige Testung wenig Ähnlichkeit mit der funktionellen Beanspruchung im Alltag hat. Sie sagen, im Alltag finde man keine rein isokinetischen Bewe-

gungen, weil kein konstanter Widerstand vorhanden ist und so eine Beschleunigungsphase und Abbremsphase zu Stande kommt. Sie weisen deshalb darauf hin, dass sich die Trainingseffekte oder Rehabilitationsüberprüfungen nicht nur auf Muskelkraftmessungen beschränken sollten. In ihrer Studie von 2000 zeigte sich nur eine minimale statistisch signifikante Verbesserung der Muskelkraft (isokinetisch gemessen) im Vergleich zu einem funktionellen Hüpfest.

Felder (1999) erklärt, dass aufgrund der unterschiedlichen Bau- und Funktionsweisen der isokinetischen Testgeräte ein direkter Vergleich nicht möglich ist. Untersuchungen verschiedener Geräte ergaben nicht nur deutliche Unterschiede in der Wirkungsweise, sondern auch in den Testergebnissen.



Abb. 6: Cybex 350

4.8 Biomechanik und Training in der offenen und geschlossenen Kette

4.8.1 Offene Kette

In der offenen Kette ist das zu trainierende distale Segment frei, es hat also keinen äusseren Widerstand an der Fusssohle (Steindler, 1955; zit. n. Escamilla et al., 1996). Es wird nur ein Gelenk (Singlejoint-Funktion) bewegt, in diesem Fall das Kniegelenk (Irish, Millward, Wride, Haas, Shum, 2010).

Die Aktivität des M.quadriceps femoris ist in offener Kette zwischen 15-60° Knieflexion signifikant höher als in geschlossener Kette (Escamilla et al., 1998; Stensdotter et al., 2003). Weiter erklären Escamilla et al. (1998), dass ohne fixiertes distales Segment 45% mehr M.rectus femoris Aktivität aufgebaut werden kann als in der geschlossenen Kette.

Während den ersten 30° Knieflexion ist das Verhältnis der VM und VL Aktivität schwierig optimal zu dosieren. Es besteht die Gefahr, dass der VL im Verhältnis zum VM mehr Aktivität übernimmt und somit ein Ungleichgewicht begünstigt. Darum sollte in der offenen Kette nicht von 0° bis 30° Flexion trainiert werden. Falls doch, sollte ein Biofeedback hinzugezogen werden. Mit zunehmender Flexion ab 30° ist die Patella in der Trochlea besser zentralisiert. Ähnlicher Ansicht sind Bizzini et al.

(2008), sie sagen dass dynamische Aktivierungen des M.quadriceps femoris in der offenen Kette nicht zwischen 40° und 0° ausgeführt werden soll, weil sich der Hebelarm des M.quadriceps femoris vergrössert.

4.8.2 Geschlossene Kette

In der geschlossenen Kette wird das distale Segment fixiert. Es wird unterschieden, ob bei der Übung von proximal (z.B. Leg Press: der Sitz bewegt sich und die Fussplatte ist fix) oder von distal (z.B. Leg Press: der Sitz ist fix und die Fussplatte bewegt sich) bewegt wird (Steindler 1955; zit. n. Escamilla et al., 1996) In der geschlossener Kette sind mehrere Gelenke (Multijoint-Funktion) an der Bewegungsausführung beteiligt (Irish et al., 2010).

Bei Aktivitäten in der geschlossenen Kette spielt die ganze untere Extremität, das Hüft-/ Knie- und untere Sprunggelenk zusammen. Es entsteht eine Innenrotation des Femurs und der Tibia, sowie eine Pronation im Subtalargelenk (Doucette & Child, 1996). Die Kokontraktion (gleichzeitige Aktivierung) vom M.quadriceps femoris und den Hamstrings ist in geschlossener Kette besser als in offener, was grössere Kompressionskräfte hervorruft und dem Knie mehr Stabilität verleiht (Escamilla et al., 1998). Es kann angenommen werden, dass durch das Aufeinanderpressen von Tibia und Femur eine translatorische Verschiebung erschwert oder verhindert wird (Kvist 2005; Graham, Gehlsen, Edwards, 1993; Wild et al., 1996; zit. n. Diemer & Sutor, 2001). Green (2003) beschreibt, dass bei PFPS Patienten die geschlossene Kette eine frühere Quadricepsaktivierung hervorruft, weil mit anderen Muskelgruppen kompensiert und mitgeholfen werden kann. Wegen des Innenrotationseffekts und der synergistischen Muskelaktivität wird die Patella während den ersten 20° Flexion bei dieser Trainingsform weniger nach lateral gezogen (Doucette & Child, 1996). Es wird belegt, dass in der geschlossenen Kette 20% mehr VM und 5% mehr VL Aktivität aufgebaut werden kann, als in offener Kette (Escamilla et al., 1998). Somit ist für den VMO-Aufbau ein Training in geschlossener Kette positiver.

Legpress versus Squat:

Escamilla et al. (1998) konnten feststellen, dass der Squat den etwas besseren Effekt auf den M.rectus femoris, die Mm.vastus medialis und lateralis hat, als die Kräf-

tigung mit der Leg Press. Auf die Hamstrings wirke sich der Squat sogar doppelt so gut aus, wie eine Leg Press Kräftigung. Es wurde nicht weiter erläutert weshalb sie zu diesem Schluss kamen. Die Autorinnen stellen sich vor, dass auf der Leg Press der ganze Körper besser fixiert ist, als beim Squat, welcher im Stand ausgeführt wird. Bestätigen können dies Diemer & Sutor (2011) welche sagen, dass bei der Legpress der Rumpf nicht gegen die Schwerkraft stabilisiert werden muss und darum eine Neutralisation ventraler Scherkräfte durch die Hamstrings nicht zu erwarten ist. Diemer & Sutor (2011) weisen ebenfalls darauf hin, dass die Hüftextensoren im geschlossenen System nur dann besser arbeiten, wenn der Körperschwerpunkt vor das Kniegelenk verlagert wird, um automatisch fallverhindernde Kräfte in den dorsalen Strukturen zu fordern. Übungen mit komplett vertikalisiertem Oberkörper (LegPress) weisen nur eine geringe Aktivität der Hamstrings auf und können so die Scherkräfte nicht eliminieren (Escamilla et al., 2001; Fleming et al., 2003; Palmitier et al., 1991; zit. n. Diemer & Sutor, 2011).

Die untenstehende Tabelle zeigt signifikante Unterschiede der Muskelaktivitäten bei Knieextension (KE → OK), Leg Press (LP → GK) und Squat (SQ → GK).

Tabelle 2: Die signifikanten Muskelaktivitätsunterschiede bei Knieextension, Leg Press und Squat

Muskel	Phase	Kniegelenkwinkel (Grad)	Signifikante Differenz (p < 0.05)
M.rectus femoris	Knieflexion	15-65	KE > SQ & LP
M.vastus medialis	Knieextension	83-95	SQ & LP > KE
	Knieflexion	15-45	KE > SQ & LP
M.vastus lateralis	Knieextension	59-95	SQ & LP > KE
	Knieflexion	15-45	KE > SQ & LP
M. biceps femoris	Knieextension	70-95	SQ & LP > KE
	Knieflexion	Keine Signifikanz	Keine Signifikanz
	Knieextension	90-95	SQ > KE

Fortsetzung Tabelle 2: Die signifikanten Muskelaktivitätsunterschiede bei Knieextension, Leg Press und Squat

Muskel	Phase	Kniegelenkwinkel (Grad)	Signifikante Differenz ($p < 0.05$)
Mediale Hamstrings	Knieflexion	Keine Signifikanz	Keine Signifikanz
	Knieextension	Keine Signifikanz	Keine Signifikanz
Mm.gastrocnemii	Knieflexion	15-29	KE > SQ & LP
	Knieextension	69-95	SQ & LP > KE

4.8.3 Gemeinsamkeiten in der offenen und geschlossenen Kette

Der patellofemorale Druck nimmt in offener wie in geschlossener Kette mit zunehmender Flexion bis 70° zu, da die Kontaktfläche zwischen Trochlea femoris und Patella immer grösser wird (Escamilla et al., 1998). Nach 70° Knieflexion nimmt der patellofemorale Druck mit steigender Flexion wieder ab (Escamilla et al., 1998). Während einer Knieextension von voller Flexion zu 60° Flexion nimmt der retropatelläre Druck zu, danach nimmt er mit zunehmender Extension stetig ab (Escamilla et al., 1998; Kaufmann et al., 1991).

Die Kraft der Hamstrings zeigt in offener und geschlossener Kette keine signifikanten Unterschiede (Escamilla et al., 1998).

5 Studienauswertung

5.1 Methodisches Vorgehen

Die Grundlagenliteratur zum Theorieteil über die Anatomie des Patellofemorallenk und das Krankheitsbild PFPS wurde in der Bibliothek des Departements Gesundheit an der Zürcher Fachhochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW) recherchiert. Zusätzliche Theorieartikel wurden in verschiedenen Zeitschriften, die an der ZHAW abonniert sind, gesucht.

- The American Journal of Sports Medicine
- British Journal of Sports Medicine

Einige Studien, die relevante theoretische Inhalte aufwiesen, wurden beim Studienverfasser selbst angefordert, weil die ZHAW keinen kostenlosen Zugang bieten konnte. A.K Stensdotter und R.F Escamila schickten den Autorinnen Ihre Studien zu. Somit konnten wichtige Informationen in die dazugehörenden Kapitel dieser Arbeit miteinbezogen werden. Die vorliegenden, ausschliesslich wissenschaftlichen Studien wurden in den relevanten Datenbanken PubMed, Medline, PEDro von September 2010 bis Januar 2011 gesucht. Folgende Keywords wurden für die Suche in den Datenbanken angewendet: „patellofemoral pain syndrome“, „vastus“, „vastus medialis“, „vastus lateralis“, „quadriceps muscle“, „closed kinetic chain“, „open kinetic chain“, „exercise“, „exercise therapy“ und „strength training“. Um die Ergebnisse einzuschränken, wurden die Suchbegriffe mit „AND“ verbunden. Da viele Studien offene und geschlossene Kette nach VKB-Plastik untersuchten, mussten diese durch NOT ausgeschlossen werden. Die Resultate der einzelnen Datenbanken sind in Tabelle drei ersichtlich. In jeder Datenbank wurde bei den gefundenen Studien auf Grund des Titels und des Abstracts das erste Mal selektioniert. Danach wurden die gewählten Studien gelesen und nur die Studien eingeschlossen, welche die untenstehenden Einschlusskriterien erfüllten.

Studien, die in den Datenbanken nur mit Abstract vorhanden waren, wurden direkt im angegebenen Artikelverzeichnis der Homepage dieser Zeitschriften gesucht, um den Fulltext zu erhalten.

Tabelle 3: Das Suchvorgehen in den einzelnen Datenbanken

Datenbank(en)	Stichwortkombinationen	Gefundene Studien
CINAHL	<ul style="list-style-type: none"> • “PFPS“ AND “closed kinetic chain“ AND “open kinetic chain“ 	Witvrouw et al. (2000) Witvrouw et al. (2004)
Medline	<ul style="list-style-type: none"> • “PFPS“ AND “quadriceps muscle“ 	Herrington et al. (2007) Stiene et al. (1996)
PEDro	<ul style="list-style-type: none"> • „PFPS“AND „Strength training“ • “PFPS“ AND “closed kinetic chain“ AND “open kinetic chain“ 	Herrington et al. (2007) Witvrouw (2000) Bakhitary (2007) Witvrouw (2004)
PubMed	<ul style="list-style-type: none"> • “PFPS“ AND “exercise“ • “PFPS“ AND “open kinetic chain“ 	Herrington et al. (2007) Bakhitary (2007) Witvrouw (2000) Herrington et al. (2007) Bakhtiary (2007)

Diese quantitativen Studien wurden mit Hilfe des Law-Formulars, welches die Verfasserinnen angepasst haben, analysiert. Es wurde ein Punktesystem eingeführt, um die Qualität der Studien zu veranschaulichen und besser miteinander vergleichen zu können. Die Verfasserinnen bearbeiteten jede Studie im Alleingang und diskutieren im Anschluss die Vor- und Nachteile.

5.1.1 *Einschlusskriterien*

1. Ein diagnostiziertes PFPS (keine vorhergehenden Kineoperationen, Schmerzen beim Treppen steigen, rennen, knien, springen oder bei längerem Sitzen mit flektiertem Knie)
2. Nur randomisierte klinische Versuchsreihen (RCTs). Dabei musste nicht unbedingt eine Kontrollgruppe vorhanden sein, da auch zwei Interventionsgruppen miteinander vergleichbar sind. „RCTs werden oft zum Testen der Wirksamkeit einer Behandlung gewählt oder zum Vergleich verschiedener Behandlungsformen, zudem wird die Möglichkeit dass irgendein anderer Faktor(confounding variable) die Resultate beeinflusst minimiert“ (Law, Stewart, Pollock, Letts, Bosch, Westmorland, 1998, S. 2-3).
3. Es durfte nur eine konservative Intervention, mittels Kniegelenksexpressorenkräftigung, stattgefunden haben. Dabei musste ein Vergleich zwischen offener und geschlossener Kette stattfinden.

4. Nur Studien, die in englischer oder deutscher Sprache verfasst sind.
5. Nur Studien, die den Effekt bezüglich Schmerzlinderung, Muskelkraft oder Funktionalität untersuchten.
6. Studien, die Probanden mit einer diagnostizierten Chondromalazie untersuchten, da beim Recherchieren in den Datenbanken mit dem Begriff PFPS auch Studien zu Chondromalazie angezeigt wurden.
7. Studien, die ab 1996 bis heute geschrieben wurden. Der Zeitraum musste geöffnet werden, weil es nicht genügend aktuelle (ab 2000) Studien zum gewählten Thema gab.

5.2 Resultate

Auf Grund des oben beschriebenen Einschlussverfahrens konnten folgende fünf Studien ausgesucht werden.

- **Herrington** L., Al-Sherhi A., (2007). A controlled trial of weight-bearing versus non-weight-bearing exercises for PFPS. *Journal of Orthopedic Sports Physical Therapy*, 37, 155-159.
- **Witvrouw** E., Danneels L., van Tiggelen D., Willems TM., Cambier D. (2004). Open Versus Closed Kinetic Chain Exercises in Patellofemoral Pain: A 5-Year Prospective Randomized Study. *American Journal of Sports Medicine*, 32, 1121-1130.
- **Witvrouw** E., Lysens R., Bellemans J., Peers K., Vanderstraeten G. (2000). Open versus closed kinetic chain exercises for patellofemoral pain. *American Journal of Sports Medicine*, 28, 687-694.
- **Bakhtiary**, A.H., Fatemi, E. (2007). Open versus closed kinetic chain exercises for patellar chondromalacia. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 99-102.
- **Stiene** H.A., Brosky, T., Reinking, M.F., Nyland, J., Mason, M.B. (1996). A Comparison of Closed Kinetic Chain and Isokinetic Joint Isolation Exercise in Patients with Patellofemoral Dysfunction. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 24, 136-141.

Wie in der folgenden Tabelle zu erkennen ist, erzielten die Studien von Herrington & Al-Sherhi (2007) und Witvrouw et al. (2004) am meisten Punkte. Die Aussagen und Ergeb-

nisse dieser Studie werden deshalb mehr gewichtet. Bewertungspunkte mit mehr Aussagekraft bezüglich der Studienqualität wurden mit mehr Punkten gewichtet. Die Beurteilungsfomulare sind im Anhang zu finden.

Tabelle 4: Überblick der ausgewählten Studien

Autor, Jahr	Fragestellung	Studienpopulation	Dauer der Intervention und Follow up	Intervention	Ergebnisse	Punkte
Herrington & Al-Sherhi (2007)	Vergleich: Effektivität von SJNWBE (offen) und MJWBE (geschlossen) Übungen bei PFPS Patienten, um Kraft, Schmerz und Funktionalität zu steigern.	N= 45 Alter: 18-35 Geschlecht: nur Männer	Intervention: 6 Wochen Kein Follow-up	3 Gruppen à 15 Probanden SJNWBE (OK): sitzen, Knie extendieren, 90° F-0° E MJWBE (GK): Legpress, Knie extendieren, 90° F-0° E Kontrollgruppe: keine Übungen	Funktion gesteigert bei SJNWBE und MJWBE (zwischen den Interventionsgruppen kein signifikante Differenz), Funktion verschlechtert bei Kontrollgruppe Kraft gesteigert bei SJNWBE und MJWBE im Vergleich mit Kontrollgruppe Schmerz gesenkt bei SJNWBE und MJWBE im Vergleich mit Kontrollgruppe	16/20
Witvrouw et al. (2004)	Unterschied in Langzeit PFPS Beschwerden zw. OK und GK Übungen (Hypothesenbestätigung dass die GK in Langzeit signifikant besser sei als die OK) Herausfinden ob die positiven Kurzzeitergebnisse auch in der Langzeit-testung bestehen	N=60 Alter: 14-33 Geschlecht: 40 Frauen 20 Männer	Intervention: 5 Wochen Follow up nach 5 Jahren	Dosierung: RM von 10x herausuchen, Training bei 60% des 10x RM, jede Woche neues 10x RM bestimmt, gute Anpassung Training mit Supervision OK: Max. Quadricepskontraktion, SLR in RL, ADD, von 10° Flexion in maximale Extension (short arc movements) →isometrisch 6sec gehalten, 3sec Pause GK: Legpress, ein-/ zweibeinige Squats, Cycling, Rowingmaschine, Step-up/down, Jumping →dynamisch mit 3sec Pause Alle: Quadriceps, Hamstrings und Gastrocnemius Stretching 3x 30 sec	Nach 5 Jahren: 19 (20%) von 49 schmerzfrei 37 (75%) von 49 sportlich aktiv. Davon sind 22 (92%) der OK und nur 15 (60%) GK. Aufforderung nach dem Programm bis jetzt die Übungen weiterzuführen: 66% OK, 35% GK kein Training 13% OK 24% GK täglich geübt, aber nur für weiter 5 Wochen 13% OK, 41% GK trainieren bis heute wöchentlich Unterschied OK/GK nach 5 Jahren: Reduzierte Schmerzen beim Treppengehen und während Nacht, Schwellung mehr reduziert in OK als in GK Vergleich OK nach 3 Monaten und 5 Jahren: Einziger signifikanter Unterschied in VAS bezgl. Sitzen mit max. flektiertem Knie. Nach 5 Jahren >Schmerz als nach 3 Monaten	15/20

Fortsetzung Tabelle 4: Überblick der ausgewählten Studien

Autor, Jahr	Fragestellung	Studienpopulation	Dauer der Intervention und Follow up	Intervention	Ergebnisse	Punkte
					<p>Squat-test: nach 5 Jahren +10° schmerzfrei Knieflexion</p> <p>Triple-Jump Test: nach 5 Jahren 92% schmerzfrei, nach 3 Monaten nur 73%</p> <p>Vergleich GK nach 3 Monaten und 5 Jahren: VAS: nach 5 Jahren >Schmerz als nach 3 Monaten bei Treppensteigen, hüpfen, sportliche Aktivität, sitzen mit max. flektiertem Knie Klicken im Knie nach 5 Jahren > 3 Monaten Hamstringskraft nach 5 Jahren < als nach 3 Monaten bei allen 3 Geschwindigkeiten</p> <p>Alle nicht erwähnten Vergleiche zeigten keinen signifikanten Unterschied (p>0.05)</p>	

Fortsetzung Tabelle 4: Überblick der ausgewählten Studien

Autor, Jahr	Fragestellung	Studienpopulation	Dauer der Intervention und Follow up	Intervention	Ergebnisse	Punkte
Witvrouw et al. (2000)	Effekt von OK versus GK bei nicht operiertem PFPS → hat die GK einen Vorteil im Vergleich zum bisherigen Training in der OK?	N=60 Alter: 14-33 Geschlecht: 40 Frauen 20 Männer	Intervention: 5 Wochen Follow-up nach 3 Monaten	<p>Dosierung: Repetitionsmaximum (RM) von 10x herausuchen, Training bei 60% des 10x RM, jede Woche neues 10x RM bestimmt, gute Anpassung Training mit Supervision</p> <p>OK: Maximale Quadricepskontraktion, SLR in RL, ADD, von 10° Flexion in maximale Extension (short arc movements) → isometrisch 6sec gehalten, 3sec Pause</p> <p>GK: Legpress, ein-/zweibeinige Squats, Cycling, Rowingmaschine, Step-up/down, Jumping → dynamisch mit 3sec Pause</p> <p>Alle: Quadriceps, Hamstrings und Gastrocnemius Stretching 3x 30 sec</p>	Beide Gruppen verbesserten sich bezüglich Schmerz (Kujala), Funktion, Muskelkraft und Muskellänge, aber keine Signifikanz zwischen den Gruppen	14/20
Bakhitay & Fatemi (2007)	Vergleich des Effekts von Training in der OK und der GK bei Chondromalazie patellae	N=32 Alter: keine Angaben Geschlecht: Nur Frauen	Intervention: 3 Wochen Follow-up nach 5 Wochen	<p>20Wh, 2x/Tag, jeder 2.Tag um 5 Wh erhöht, nach 21Tagen 70 Wh</p> <p>SLR (OK): Fuss in Supination, Knie in Extension, anderes Bein angewinkelt, Bein bis 45° Hüftflexion heben, 3-4s halten und wieder zurück</p> <p>Semi-Squat (GK): Einbeinstand,</p>	<p>Q-Winkel: in GK signifikant reduziert</p> <p>Crepitation: reduziert in beiden Gruppen</p> <p>Kraft: signifikant höher in GK Gruppe</p> <p>Umfang: in GK signifikant grösser</p> <p>VAS: in beiden Gruppen signifikant weniger</p>	14/20

Fortsetzung Tabelle 4: Überblick der ausgewählten Studien

Autor, Jahr	Fragestellung	Studienpopulation	Dauer der Intervention und Follow up	Intervention	Ergebnisse	Punkte
Stiene et al. (1996)	Vergleich der Effektivität von Isokinetic Joint Isolation Exercise (offene Kette) und geschlossener Kette auf den M.quadriceps femoris bezüglich Kraft und Funktion.	N=23 Alter: 14-26 Geschlecht: gemischt	Intervention: 8 Wochen Follow-up nach einem Jahr	anderes Bein 90° Hüft- und Knieflexion, Knie des Standbeins 15-20° flektieren, 3-4s halten und zurück in maximale Extension, Abstützen erlaubt 1.Woche Instruktion über Eismassage und Stretching für alle Ab 2. Woche, während 8 Wochen Training OK: Dynamometer 3x/Woche, 2 Sets à 10Wiederholungen (Wh), 20s Pause zw. Set, 1min Pause zwischen Geschwindigkeitswechsel GK: Squats (0-45°), 4inch seitlich/ retro step-up 3x/Woche, 3 Sets à 10Wh, mit Supervision Bei Mögl. 30Wh: - Hanteln dazu - Gewichtserhöhung -4.54kg	Semi-squat effektiver als SLR Retro Step-up OK: keinen Unterschied vorher/ nachher beim betroffenen Bein GK: Bei jeder Messung Pre-post und Follow-up Steigerung bei beiden Beinen. Im Vergleich zu OK, signifikanter Unterschied nach 8 Wochen und 1Jahr Isokinetic Test: Keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen, bei beiden jedoch Steigerung des Peak-Torques beim post-test. Fragebogen: Signifikanter Unterschied zwischen Messungen in der GK Gruppe, nicht aber in der OK Gruppe.	14/20

5.3 Zusammenfassungen der ausgewählten Studien

In diesem Kapitel werden alle ausgewählten Studien zusammengefasst. Die statistische Signifikanz wurde bei allen Studien bei $p < 0.05$ angelegt. Ein Informed consent (wohlinformierte Zustimmung) wurde von allen Probanden unterschrieben.

5.3.1 Herrington & Al-Sherhi 2007

A Controlled Trial of Weight-Bearing versus Non-Weight-Bearing Exercises for Patellofemoral Pain

Die Autoren verglichen 45 männliche Patienten von 18 – 35 Jahren mit anterioren Knieschmerzen, patellofemoralem Gelenksyndrom oder Patella Maltracking. Die Probanden wurden von einem Orthopäden untersucht und nach Erfüllung der Ein- und Ausschlusskriterien zur Studienteilnahme in die Physiotherapie überwiesen. Die Schmerzen sollten seit mindestens einem Monat bestehen und auf der VAS (Visual Analog Scale) drei oder höher betragen (beim Treppensteigen). Die Schmerzen mussten bei mindestens zwei Aktivitäten (Treppensteigen, lange sitzen, rennen, knien oder hüpfen) bestehen. Zwei klinische Kriterien (Schmerz beim Apprehensionstest, Schmerz oder Krepitation beim Kompressionstest) sollten ebenfalls positiv sein. Nicht teilnehmen konnten Patienten mit vorhergehender Knieoperation, Arthritis oder einer bestehenden Patellarsehnen- oder Knorpelproblematik. Zudem durften keine spinalen Schmerzen oder Beinabnormalitäten vorhanden sein und keine Schmerzmittel eingenommen werden. Die letzte physiotherapeutische Behandlung durfte nicht mehr als 30 Tage zurückliegen. Die Patienten wurden zufällig in eine der drei Gruppen eingeteilt. Die Kontrollgruppe (n=15) nahm nur an der Testung teil. Die Interventionsgruppen „single-joint non-weight-bearing exercises“ (SJNWBE) (n=15) und „multi-joint weight-bearing exercises“ (MJWBE) (n=15) führten ein sechs wöchiges Trainingsprogramm drei Mal pro Woche durch. Die SJNWBE Gruppe führte eine Übung der offenen Kette in sitzender Position durch. Die MJWBE Gruppe trainierte in geschlossener Kette an der Leg Press. Beide vollbrachten den Bewegungsablauf von 90° Knieflexion zu voller Extension. Die Funktionalität wurde mittels Kujala-Fragebogen, die Kraft mit einem isometrischen Dynamometer und die Schmerzen während der Knieextension und dem Step-up und down Test mittels VAS eruiert.

Herrington & Al-Sherhi (2007) mussten ihre Hypothese, dass Non-weight-bearing (offene Kette) Übungen schlechter seien als Weight-bearing Übungen (geschlossene Kette) widerlegen. Beide Trainingsmöglichkeiten zeigten eine signifikante Verbesserung bezüglich Schmerz, Funktionalität und Knie-Extensionskraft nach sechs wöchigem Training. Die Kontrollgruppe zeigte jedoch eine statistisch signifikante Verschlechterung in ihrer Funktion und keine Veränderungen bezüglich Muskelkraft und Schmerzlinderung.

5.3.2 Witvrouw et al. 2000

Open versus closed kinetic chain exercise for patellofemoral pain

Die Autoren untersuchten an 60 Probanden im Alter von 14-33 Jahren mit nicht operiertem PFPS die Effektivität von Trainingselementen in der offenen sowie in der geschlossenen Kette. Die Hypothese von Witvrouw et al. war, dass die geschlossene Kette besser sei als die offene, weil dabei die Funktionalität besser trainiert wird. Die Einschlusskriterien wurden gleich gewählt wie in früheren Studien, um eine möglichst gute Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Es wurden nur Patienten in die Studie eingeschlossen, welche mindestens sechs Wochen Knieschmerzen hatten und zwei der folgenden Tests positiv ausfielen: Schmerzen bei Patellakompression in voller Knieextension, Schmerzen während anhaltender Knieextension oder isometrische Quadricepsaktivität mit einem suprapatellären Widerstand. Beide Gruppen (n=30) bestanden aus zehn Männern und 20 Frauen. Es wurde nur unter Supervision trainiert. Folgende Trainingselemente wurden in der offenen Kette geübt: maximale statische Quadricepsaktivität in voller Knieextension, SLR (Straight Leg Raise), Knieextension von 10° Flexion zu voller Extension und Hüftgelenksadduktoren. Die nachfolgenden Übungen wurden in der geschlossenen Kette praktiziert: Leg Press sitzend, 1/3 Kniebeuge ein- und zweibeinig, Velo fahren auf dem Home-trainer, step up und down Übungen und progressives Hüpftraining. Zudem wurden in beiden Gruppen Dehnungsübungen für den M.quadriceps femoris, die Hamstrings und die Mm.gastrocnemii instruiert. Nach fünf-wöchigem Trainingsprogramm wurden die Probanden aufgefordert, ihre Muskelkraft zu erhalten. Der mit dem Kujala-Fragebogen und die VAS dienten zur Schmerzerfassung. Für die Funktionalität verwendete man Squats und den Triple Jump Test. Mittels isokinetischen Dynamometers wurde die Kraft gemessen und mit dem Goniometer die Muskellän-

ge bestimmt. Beide Gruppen verbesserten sich bezüglich Schmerz, Funktion, Muskelkraft und Muskellänge. Es gab aber keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Muskelkraft zwischen den Gruppen, weder nach fünf Wochen Intervention noch nach dem drei monatigen Follow-up. Bei der Auswertung des Triple Jump Test's, Nachtschmerzen und Schmerzen bei der Testausführung zeigten sich wenig bessere Resultate bei den Trainierenden der geschlossenen Kette. Die anderen Schmerzangaben (Treppensteigen, rennen, Sportausführung, Häufigkeit und Intensität der Schmerzen ganztags und Instabilität) konnten keine signifikanten Unterschiede aufzeigen. Die Autoren vermuten deshalb, dass Übungen der geschlossenen Kette minim besser seien bezüglich Schmerzlinderung und Verbesserung der Funktionalität.

5.3.3 *Witvrouw et al. 2004*

Open versus Closed Kinetic Chain Exercises in Patellofemoral Pain, 5 Year prospective randomized Study

Diese Studie war gemäss den Autoren die erste Studie, welche den Langzeiteffekt fünf Jahre nach Abschluss der Interventionsperiode von Training in offener und geschlossener Kette untersuchte. Die Autoren waren daran interessiert, ob die positiven Resultate des drei monatigen Follow-ups ihrer früheren Studie (Witvrouw et al., 2000) auch im Langzeit-Follow-up nach fünf Jahren noch vorhanden waren. Die Folgestudie wurde aufgrund Unfall, Operation oder Umzug neu mit 49 statt 60 Probanden (25 GK, 24 OK) durchgeführt. Die Testung nach fünf Jahren wurde vom gleichen Tester durchgeführt. Er war verblindet und mit den Messmethoden vertraut. Die Fortschritte konnten erhalten werden, mit leicht besseren Ergebnissen bei der VAS Messung in der Gruppe der offenen Kette. Sie zeigten signifikant bessere Resultate bezüglich Schwellung, Schmerzen während dem Treppensteigen und Nachtschmerz als die Probanden, die in der geschlossenen Kette trainierten. Der Kujala-Fragebogen konnte keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen aufzeigen. Die Tendenz neigte aber zu einer schlechteren Funktionalität der geschlossenen Kette. Auch die isokinetischen Muskelkraftmessungen des M.quadriceps femoris und der Hamstrings ergaben keine signifikanten Differenzen zwischen der OK und GK nach fünf Jahren. Die Autoren konnten mit ihrer Studie bestätigen, dass das Quadricepstraining ein wichtiger Bestandteil der Rehabilitation

ist, egal ob in OK oder GK trainiert wird. Die meisten Verbesserungen bezüglich Kraft, Funktionalität und Schmerz konnten über fünf Jahre bestehen. Die leicht besseren Resultate der GK nach fünfwöchigem Training konnten nach fünf Jahren nicht erhalten werden.

5.3.4 Bakhtiary & Fatemi 2007

Open versus closed kinetic chain exercises for patellar chondromalacia

Die Studie erforschte den Effekt von Training in offener- und geschlossener Kette bei Chondromalazie patellae an 32 Patientinnen im Alter von 20-23 Jahren. Die Studentinnen mussten zu Beginn einen Fragebogen ausfüllen. Um an der Studie teilnehmen zu können, mussten sie während dem Treppensteigen Schmerzen haben, beim Gehen eine Instabilität verspüren und einen positiven Clarktest aufweisen. Als Ausschlusskriterium galten Kniedeformitäten, neuromuskuläre oder muskuloskeletale Veränderungen. Man teilte die Studentinnen anschliessend zufällig in die beiden Interventionsgruppen ein. Die Probanden der offenen Kette führten einen SLR (Straight Leg Raise) durch. Es waren 16 Probanden (n=16). In der geschlossene Kette trainierten ebenfalls 16 Probanden (n=16) mittels Squat. Dieses Heimprogramm führten sie während drei Wochen durch. Die Überprüfung beinhaltete verschiedene Messparameter wie der Q-Winkel und Krepitationsangabe für die Funktionalität, die Umfangmessung des distalen M.quadriceps femoris und eine Extensionskraftmessung des M.quadriceps femoris mittels Kraftmesszelle für den Kraftzuwachs und die VAS als Überprüfung der Schmerzreduktion. Die Ergebnisse zeigten bei beiden Gruppen eine reduzierte Krepitation und eine signifikante Schmerzlinderung (tiefere VAS-Werte). Die Veränderungen des Q-Winkels, der Kraft und der Umfangmessung waren in der geschlossenen Kette besser. Am Ende dieser Untersuchung konnten die Autoren feststellen, dass die Übung der Einbein-Squat-Gruppe (geschlossene Kette) in den letzten Graden der Extension die patellofemorale Gelenksführung aufgrund erhöhter Quadricepskraft und Patellaalignmentkorrektur verbesserten. Eine signifikante Schmerzlinderung wurde in beiden Gruppen erreicht, es gab jedoch keinen Unterschied zwischen den Gruppen.

5.3.5 *Stiene et al. 1996*

A comparison of Closed Kinetic Chain and Isokinetic Joint Isolation Exercise in patients with patellofemoral Dysfunction

Die Studie erforschte an 23 Probanden, die zwischen 14 - 26 Jahren alt waren, mit diagnostizierten patellofemorale Schmerzen die Trainingseffekte in der offenen und in der geschlossenen Kette bezüglich Kraft und Funktion des M. quadriceps femoris. Es wurden nur Patienten zur Studie zugelassen, die folgende Kriterien erfüllten: Seit mindestens vier Wochen Knieschmerzen, älter als elf Jahre, keine vorhergehenden Knieoperationen und keine Frakturen der unteren Extremität. Schlussendlich fand man 33 Patienten, davon beendeten aber nur 23 Teilnehmer die Studie. Die restlichen zehn wurden wegen mangelndem Verständnis ausgeschlossen. Mit einem selbst kreierten Fragebogen wurden das Schmerzverhalten sowie die Funktionalität in Erfahrung gebracht. Die Gruppeneinteilung erfolgte willkürlich. Anhand der erreichten Punktzahl bildete man zwei ausgeglichene Gruppen. Elf Probanden wurden in die erste Gruppe mit den Übungen der offenen Kette eingeteilt und die restlichen zwölf in die zweite Gruppe mit den Übungen der geschlossenen Kette. Beide Gruppen erhielten zuerst Informationen über Eiswendungen und Stretching. Die erste Gruppe (OK) absolvierte dreimal wöchentlich ein Training mit dem isokinetischen Dynamometer mit verschiedenen Geschwindigkeiten. Die zweite Gruppe (GK) trainierte auch dreimal wöchentlich mit Squats und retro step up-Übungen. Zur Kraftmessung benutzte man das isokinetische Dynamometer, die Funktionalität wurde mittels Retro step-up Test und erneutem Ausfüllen des Fragebogens erhoben. Ergebnisse bezüglich Schmerzlinderung wurden keine erwähnt. Nach acht wöchigem Training verbesserte sich die Muskelkraft in beiden Gruppen. Aber nur in der zweiten Gruppe (GK) verbesserte sich auch die Funktionalität signifikant.

Tabelle fünf zeigt die genauen Interventionen der einzelnen Studien und die präzise Dosierung dazu.

Tabelle 5: Übersicht zur Intervention, Dosierung und Muskelaktionsform

Studie	Kointervention	Übung OK und Dosierung	Übung GK und Dosierung	Muskelaktionsform und Progression
Herrington & Al-Sherhi (2007)	Sport war nicht erlaubt	SJNWBE (OK): sitzen, Knie extendieren, 90°F-0°E Dosierung: 6 Wochen Training 3x/Wo, keine Angaben zu Serien- und Wiederholungsanzahl	MJWBE (GK): Legpress, Knie extendieren, 90°F-0°E Dosierung: 6 Wochen Training 3x/Wo, keine Angaben zu Serien- und Wiederholungsanzahl Kontrollgruppe: keine Übungen	Konzentrisch und exzentrisch, isometrisch 2 sec halten während Repetitionen
Stiene et al. (1996)	Alles wie bisher weiterführen, aber nichts neues dazu	OK: Dynamometer Dosierung: 8 Wochen Training, 3x/Woche, 3x/Wo, 2 Sets à 10Wh, 20s Pause zw. Set, 1min Pause zw. Geschw.wechsel	GK: Squats (0-45°), 4inch seitlich/retro step-up Dosierung: 8 Wochen Training, 3x/Woche, 3x/Wo, 3 Sets à 10Wh, mit Supervision Bei Mögl. 30Wh-Hanteln dazu	Konzentrisch und exzentrisch
Bakhitary & Fatemi (2007)	Keine Angaben	SLR (OK): in Supination, Knie in Extension, anderes Bein angewinkelt, Bein bis 45° Hüftflexion heben und 3-4s halten Dosierung: 3 Wochen, 20Wh, 2x/d, jeder 2.Tag um 5Wh erhöht, nach 21d 70Wh	Semi-Squat (GK): in Endposition 3-4s halten, Abstützen erlaubt Dosierung: 3 Wochen, 20Wh, 2x/d, jeder 2.Tag um 5Wh erhöht, nach 21d 70Wh	Isometrie, konzentrisch und exzentrisch
Witvrouw et al. (2000)	Kein Sport, kein Tape, kein Brace	OK: Maximale Quadricepskontraktion, SLR in RL, ADD, von 10° Flexion in max. Extension (short arc movements) Dosierung: 5 Wochen, 3x/ Woche RM von 10x heraussuchen, Training bei 60% des 10x RM, jede Woche neues 10x RM bestimmt Alle: Quadriceps, Hamstring und Gastro	GK: Legpress, ein-/zweibeinige Squats, Cycling, Rowing-machine, Step-up/down, Jumping Dosierung: dynamisch mit 3 sec Pause Alle: Quadriceps, Hamstring und Gastro Streching 3x 30 sec	OK: Isometrie, GK: konzentrisch und exzentrisch

Fortsetzung Tabelle 5: Übersicht zur Intervention, Dosierung und Muskelaktionsform

Studie	Kointervention	Übung OK und Dosierung	Übung GK und Dosierung	Muskelaktionsform und Progression
Witvrouw et al. (2004)	Kein Sport, kein Tape, kein Brace	<p>Stretching 3x 30 sec</p> <p>OK: Max. Quadricepskontraktion, SLR in RL, ADD, von 10° Flexion in max. Extension (short arc movements)</p> <p>Dosierung: 5 Wochen, 3x/ Woche RM von 10x heraussuchen, Training bei 60% des 10x RM, jede Woche neues 10x RM bestimmt</p> <p>Alle: Quadriceps, Hamstring und Gastro Stretching 3x 30 sec</p>	<p>GK: Legpress, ein-/zweibeinige Squats, Cycling, Rowing-machine, Step-up/down, Jumping</p> <p>Dosierung: GK: dynamisch mit 3 sec Pause</p> <p>Alle: Quadriceps, Hamstring und Gastro Stretching 3x 30 sec</p>	<p>OK: Isometrie und</p> <p>GK: konzentrisch und exzentrisch</p>

6 Diskussion

In diesem Kapitel werden die Resultate der ausgewählten Studien diskutiert.

Nochmals der Kernpunkt der Arbeit:

„Welche Auswirkungen bezüglich Kraft, Schmerz und Funktionalität hat ein Training des M.quadriceps femoris in der offenen im Vergleich zur geschlossenen Kette beim patellofemorale Schmerzsyndrom?“

Der Bezug zur Fragestellung wird nach der kritischen Auseinandersetzung mit den Studien im Kapitel 7 hergestellt.

6.1 Probanden

Herrington & Al-Sherhi (2007) waren die Einzigen, welche eine Kontrollgruppe miteinbezogen. Bei den restlichen Studien fehlte der Vergleich mit einer Kontrollgruppe, weshalb keine Aussage darüber gemacht werden kann, welche Verbesserungen therapieabhängig und welche natürlicher Herkunft sind. Dropouts waren nur bei Stiene et al. (1996) zu beklagen. Er startete mit 33 Probanden, vollendete seine Studie aber nur mit 23, da zehn Probanden nicht willig waren, das Training exakt durchzuführen. Stiene et al. (1996) beinhalteten somit die kleinste Probandenzahl, Witvrouw et al. (2000, 2004) konnten mit der dreifachen Grösse von 60 Probanden die Studie beenden. Gemäss Kool (n.d.) kann bei einer kleinen Stichprobengrösse eine grössere Bias (Messfehler) auftreten.

Die Randomisation (zufällige Gruppeneinteilung) wurde bei allen durch die Ziehung von beschrifteten Couverts vollzogen. Nur Stiene et al. (1996) bildeten willkürlich ausgeglichene Gruppen anhand der Fragebogenergebnisse (excellent, good, fair, poor). Die Verfasserinnen konnten sich nicht einigen, ob dies als positiv oder negativ zu bewerten ist. Einerseits ist eine Balance der Gruppen erstrebenswert, andererseits ist die Randomisierung nicht mehr gegeben, welche aber für eine allgemeingültige Aussage wichtig wäre. Es wurde bestätigt, dass es sich dann um eine kontrollierte Kohorte ohne Randomisation handeln müsste (A. Meichtry, persönliche Kommunikation, 18. April 2011).

Aufgrund der Heterogenität der Gruppen sind die gewonnenen Rückschlüsse mit Vorsicht zu beurteilen. Herrington & Al-Sherhi (2007) untersuchten nur männliche Patienten, Bakhtiary & Fatemi (2007) jedoch nur weibliche Studentinnen. Diese Auswahl wurde von beiden nicht kommentiert. Witvrouw et al. (2000, 2004) untersuchten in ihren Studien homogene (Männer-/ Frauenanteil ausgeglichen) Gruppen. Stiene et al. (1996) hatten auch

gemischte Gruppen, wobei die Aufteilung ungleichmässig erfolgte (in einer Gruppe deutlich mehr Frauen).

Im Bezug auf das Alter waren alle Probanden im jungen Erwachsenenalter von 14-35 Jahren. Gemäss der Theorie sind vor allem junge, weibliche Erwachsene betroffen. Wobei „junge“ nicht klar definiert ist. Eine Wachstumsproblematik sollte deshalb gemäss den Verfasserinnen nicht ausser Acht gelassen werden.

Bakhtiary & Fatemi (2007) und Witvrouw et al. (2000,2004) wiesen auf keine signifikanten Unterschiede der beiden Gruppen zu Beginn der Testung hin. Herrington & Al-Sherhi (2007) erwähnten zusätzlich, dass ihre Gruppen auch aufgrund der Körpergrösse und des BMI-Index zu Beginn vergleichbar waren. Bei Stiene et al. (1996) wurde die Gruppenvergleichbarkeit nicht detailliert beschrieben, was eine genaue Interpretation erschwert.

Des Weiteren ist die unterschiedliche Dauer der Symptome bezüglich Vergleichbarkeit als negativ zu bewerten. Bei Witvrouw et al. (2000, 2004) waren es im Schnitt 15.1 Monate (sechs Wochen - 28 Monate) und Herrington & Al-Sherhi (2007) entschlossen sich für mindestens vier Wochen. Stiene et al. (1996) hingegen schlossen nur Probanden mit einer akuten Exazerbation (Verschlimmerung) von nicht mehr als vier Wochen vor dem Arztbesuch ein. Bei Bakhtiary & Fatemi (2007) fehlte eine Aussage über die Schmerzdauer. Die Verfasserinnen können sich vorstellen, dass zusätzlich das Aktivitätslevel, beziehungsweise die sportliche Betätigung der Probanden eine wichtige Rolle spielen könnte. Dies kommt vor allem in der Follow-up Studie von Witvrouw et al. (2004) zum Vorschein. Keine der untersuchten Studien haben dies erwähnt.

6.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Bei Herrington & Al-Sherhi (2007) wurden die Ein -und Ausschlusskriterien gemäss diversen früheren Studien ausgewählt. Auch Witvrouw et al. (2000, 2004) übernahmen ihre Kriterien einer bestehenden Studie (Insall, Falvo, Wise, 1976; zit. n. Witvrouw et al., 2000). Dies ist ein wichtiger Ansatz zur besseren Vergleichbarkeit bereits bestehender Studien. Leider benutzten beide verschiedene Studien als Grundlage. Bei allen fünf verwendeten Studien wurde die Schmerzangabe bei funktionellen Bewegungen wie Treppensteigen, längerem Sitzen oder Knien erhoben. Der Patellakompressionstest musste bei allen ausser bei Stiene et al. (1996) positiv sein. Keiner der Probanden durfte eine Knieoperationen oder knöchernen Deformitäten aufweisen. Witvrouw et al. (2000, 2004) schlossen alle Knieschmerzen, welche nicht patellofemorale Herkunft waren aus. Herrington &

Al-Sherhi (2007) schlossen auch Probanden mit PatellaMalalignment aus. Die Verfasserinnen konnten keinen Grund dafür finden, da das Malalignment, wie in der Theorie beschrieben, ein auslösender Faktor sein könnte. Die Autoren begründeten ihre Auswahl nicht. Herrington & Al-Sherhi (2007) erwähnten auch eine medikamentöse Therapie als Ausschluss, was die anderen Autoren nicht berücksichtigten. Dies ist gemäss den Verfasserinnen aber sehr relevant und als positiv einzustufen, da unter Medikamenteneinnahme die Schmerzempfindungen verändert werden können.

Bezüglich der Knorpelbeteiligungsproblematik können folgende Aussagen gemacht werden: Bei Witvrouw et al. (2000, 2004) und Stiene et al. (1996) war nicht ersichtlich, ob die Patienten auch an einer Knorpelpathologie litten oder nicht. Nur Herrington & Al-Sherhi (2007) schlossen Probanden mit Knorpelschaden aus. Bei Bakhtiary & Fatemi (2007) nahmen nur Patienten mit Chondromalazie patellae an der Studie teil.

6.3 Datenerhebung

Herrington & Al-Sherhi (2007) führten eine Pilotstudie durch, in welcher die Messmethoden getestet wurden. Sie konnten eine gute bis exzellente Reliabilität der Messinstrumente (VAS, Kujala Fragebogen, Dynamometer) vorweisen. Den anderen Autoren fehlte die Beurteilung ihrer Messinstrumente bezüglich Reliabilität und Validität.

6.3.1 Krafterhebung des *M.quadriceps femoris*

Die Verfasserinnen sind der Meinung, dass die Messmethoden von Bakhtiary & Fatemi (2007) ungünstig gewählt wurden. Wie bereits in der Theorie beschrieben, gelten der Q-Winkel sowie die Krepitation als wenig reliabel (Pagenstert & Bachmann, 2008). Des Weiteren ist das Überprüfen des Kraftzuwachs mittels einer Umfangmessung nicht geeignet (Oesch, 2007). Er erklärt, dass die Validität von Umfangmessungen in Bezug auf die muskuläre Funktion bisher fraglich sei. Die Verfasserinnen denken, dass drei Wochen zudem eine sehr kurze Interventionsdauer sind, um einen Zuwachs an Muskelvolumen zu ermöglichen. Ausserdem sollte, wie von Radlinger (1998) beschrieben, für eine Massenzunahme eher ein Hypertrophietraining, als ein Kraftausdauertraining, absolviert werden. Callaghan & Oldham (2002) erwähnen ebenfalls, dass eine verminderte Muskelkraft nicht mit Abnahme der Muskelgrösse einhergehen muss.

Bakhtiary & Fatemi (2007) ermittelten die Kraft mittels Kraftmesszelle. Gemäss Oesch (2006) gilt die Kraftmesszelle als einfache, wenig Zeit beanspruchende, quantitative Methode zur isometrischen Muskelkraftmessung. Er ergänzt jedoch, dass die Tagesform und Motivation des Patienten, wie auch die Kraft des Testers als Beeinflussung berücksichtigt werden müssen.

Die anderen Autoren verwendeten alle ein isokinetisches Dynamometer. Stiene et al. (1996) und Witvrouw et al. (2000, 2004) erwähnten, dass die Messung konzentrisch erfolgte, bei Herrington & Al-Sherhi (2007) wurde nichts angegeben. Witvrouw et al. (2000, 2004) haben sogar den M.quadriceps femoris und die Hamstrings gemessen, was als positiv zu bewerten ist. Oesch (2006) verweist auf eine Studie von Bohannon (1990), welcher bestätigen konnte, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den Messwerten der isokinetischen Testung und der Kraftmesszelle besteht. Trotzdem sollte beachtet werden, dass jeweils verschiedene Dynamometer mit unterschiedlichen Winkelgeschwindigkeiten verwendet wurden. Deshalb erschwert sich die Vergleichbarkeit.

Witvrouw et al. (2000, 2004) waren die Einzigen, welche zusätzlich die Muskellängen (M.quadriceps femoris, Hamstrings, Mm.gastrocnemii) erhoben haben. Dies wäre gemäss den Verfasserinnen auch bei den Anderen nötig gewesen, weil die Länge auch Einfluss auf die Muskelkraft und das Alignment haben kann.

6.3.2 Schmerzerfassung

Herrington & Al-Sherhi (2007) verwendeten die VAS (0-10) beim Treppen auf- und absteigen und den Kujala-Fragebogen. Stiene et al. (1996) benutzten einen Teil des Kujala-Fragebogens. Bakhtiary & Fatemi (2007) ermittelten die Schmerzen ebenfalls mittels VAS (0-10) während dem Ausführen der Übungen. Auch Witvrouw et al. (2000, 2004) arbeiteten mit einer Schmerzskala, diese ging aber von 0-100 und untersuchte die Schmerzen in Ruhe und bei verschiedenen Aktivitäten, was die Vergleichbarkeit erschwert.

6.3.3 Erhebung der Funktionalität

Herrington & Al-Sherhi (2007) und Witvrouw et al. (2000, 2004) benutzten denn eigens für PFPS Patienten kreierte Kujala-Fragebogen, Stiene et al. (1996) einen Ausschnitt daraus. Stiene et al. (1996) und Witvrouw et al. (2000, 2004) ergänzten

ihre Testung mit funktionellen Übungen wie Step-up, Squat und Hüpftest. Wie bereits in der Theorie erwähnt ist die Funktionalität als Ergänzung zum Kraftassessment ein essentieller Parameter. Bakhtiary & Fatemi (2007) führten keine funktionellen Übungen durch. Sie benützten einen Fragebogen beim Einschlussprozedere. Dieser wurde am Ende der Intervention aber nicht nochmals überprüft.

6.4 Trainingsgestaltung

Herrington & Al-Sherhi (2007) belegten in der offenen wie auch in der geschlossenen Kette eine signifikante Kraftzunahme des M.quadriceps femoris im Vergleich zur Kontrollgruppe. Zwischen den beiden Trainingsgruppen konnten aber keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Dies bestätigt, dass Krafttraining eine positiv beeinflussende Massnahme in der Rehabilitation des PFPS ist. Auch Stiene et al. (1996) stellten eine deutliche Kraftzunahme, aber keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen fest. Hier ist anzumerken, dass Stiene et al. (1996) in der offenen Kette die Übungen weniger stark dosierten als die in der geschlossenen Kette. Diese Gegebenheit könnte erwarten lassen, dass die GK Gruppe eine deutlichere Kraftzunahme aufweisen würde. Bakhtiary & Fatemi (2007) zeigten mit ihren Messungen auf, dass eine signifikante Muskelkraftsteigerung in der geschlossenen Kette und eine Umfangvergrösserung des M.quadriceps femoris nach drei Wochen Training vorliegt. In der offenen Kette stellten sie keine bedeutende Muskelkraftverbesserung fest. Wie in der Übungsauswahl näher beschrieben wird, könnte der SLR als Übung der GK einen vermeintlich positiveren Effekt der GK Gruppe hervorgerufen haben. Es ist zudem fraglich, ob der Muskelquerschnitt deutlich vergrössert wurde, da die Dosierungen nicht im Hypertrophiebereich lagen und die Interventionsperiode von drei Wochen sehr kurz war. Am Ende der Interventionsdauer wurden bis zu 72 Wiederholungen absolviert. Acht bis Zwölf Wiederholungen wären gemäss Radlinger (1998) ein Hypertrophietraining. Weiter ist zu beachten, dass die Probanden nur 70% des Trainingsumfangs absolvieren mussten, um an der Studie teilzunehmen. Somit sind die Probanden laut den Verfasserinnen nicht mehr miteinander vergleichbar, wenn der eine 100% und der andere nur 70% des Trainingsumfangs durchgeführt hat. Witvrouw et al. (2000) konnten zwischen den beiden Gruppen keine signifikante Unterschiede bezüglich Kraftzuwachs feststellen. Die Dosierung (Hypertrophie) wurde von den Autoren gut gewählt und war in beiden Gruppen (OK und GK) dieselbe.

Bezüglich der Kraft des M.quadriceps femoris und der Hamstrings ergaben die Messungen von Witvrouw et al. (2004) keine signifikanten Unterschiede nach dem fünf jahres Follow-up zwischen der OK und GK Gruppe. Die Probanden der OK Gruppe waren zwar aktiver bezüglich Sportausübung, führten die Heimübungen aber weniger oft durch. Die Probanden der GK Gruppe waren sportlich weniger aktiv, jedoch führten 41% (zehn Patienten) das Heimprogramm während fünf Jahren wöchentlich durch. Die OK Gruppe zeigte nach fünf Jahren eine signifikante Verbesserung beim einbeinigen Squat Test. Sie erreichten 10° mehr Kniegelenksflexion. Der Triple-jump Test fiel nach fünf Jahren jedoch schlechter aus. Bei den Trainierenden der GK Gruppe gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Follow-ups nach drei Monaten und fünf Jahren.

Es könnte sein, dass die Probanden der OK Gruppe durch die höhere sportliche Aktivität die exzentrische Kraft beim Squat verbessern konnten. Bezüglich Schnellkraft (Triple-jump Test) konnten sie aber keine Fortschritte erzielen. Als weiterer beeinflussender Faktor der Vergleichbarkeit ist die Muskelaktionsform zu erwähnen. Da bei Witvrouw et al. (2000, 2004) und Stiene et al. (1996) mit dem isokinetischen Dynamometer (OK) nur konzentrisch trainiert wurde und in der GK auch exzentrische Muskelarbeit vorkam, wäre keine gleiche Kraftsteigerung zu erwarten. Denn die exzentrische Muskelarbeit erzielt einen grösseren Traininseffekt als die konzentrische Form (Witvrouw et al., 2000).

Die zu Beginn aufgestellte Hypothese kann mit diesen Ergebnissen nicht bestätigt werden. Im Vergleich zum PFPS ist bei der Rehabilitation einer vorderen Kreuzbandrekonstruktion anfangs Vorsicht geboten mit dem Training in der offenen Kette. Die geschlossene Kette wird bevorzugt, da die entscheidende Kokontraktion der gesamten kniegelenkstabilisierenden Muskulatur aktiviert wird und somit das vordere Kreuzband schützt (Gröger, Mang, Burgkart, Gradinger, 2010).

6.4.1 Ort der Interventionsdurchführung

Die Verfasserinnen sind der Meinung, dass ein Training unter Supervision stattfinden sollte, damit die Übungselemente qualitativ gut ausgeführt werden. Witvrouw et al. (2000, 2004) liessen die Probanden unter Aufsicht eines Physiotherapeuten mit spezieller Erfahrung im Knierehabilitationsbereich trainieren. Auch Herrington & Al-Sherhi (2007) beaufsichtigten das Training. Sie legten auf ein schmerzfreies Training Wert. Bei Schmerzen wurde das Trainingsgewicht reduziert.

Bakhitary & Fatemi (2007) führten die Probanden jedoch nur ins Trainingsprogramm ein, trainiert wurde anschliessend selbstständig. Sie mussten nur abhaken, ob das Training durchgeführt wurde oder nicht. Dies wird als negativ bewertet, weil Ausweichbewegungen so nicht korrigiert werden konnten. In der Studie von Stiene et al. (1996) waren keine Angaben bezüglich des Interventionsortes vorhanden. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass die Intervention nicht alleine zu Hause durchgeführt wurde, da die Patienten ein isokinetisches Dynamometer benützten.

6.4.2 Übungsauswahl

Gemäss den theoretischen Grundlagen (Kapitel Biomechanik 4.3) wurden die Übungen bei allen ausgewählten Studien gut gewählt, um gezielt den M.quadriceps femoris zu trainieren, ausser der SLR bei Bakhitary & Fatemi (2007) in der OK Gruppe. Diese Übung ist nicht geeignet, weil sich das Kniegelenk bereits in voller Extension befindet. Dabei arbeitet der M.quadriceps femoris hauptsächlich isometrisch. Nur der M.rectus femoris abreitet dynamisch, in dem er das Hüftgelenk flektiert, auf das Kniegelenk wirkt er aber auch isometrisch. Es kann deshalb keine isolierte dynamische Kräftigung des M.quadriceps femoris stattfinden, weil mit den anderen Hüftflexoren wie zum Beispiel dem M.iliopsoas mitgeholfen werden kann. Zudem sind die Verfasserinnen der Meinung, dass je nach Ausgangsstellung (Neigung des Oberkörpers) die Rumpfflexoren mittrainiert werden. Die Übungen der anderen Studien sind gut miteinander vergleichbar. In der GK Gruppe wurde der M.quadriceps femoris mittels Squat oder Leg Press und in der OK Gruppe mit dem Dynamometer oder mit einer maximalen isometrischen Kontraktion trainiert.

6.4.3 Dosierung

Bei fast allen Studien wurde die Dosierung ausführlich beschrieben, meist jedoch nicht begründet. Für ein schnellstmögliches Erreichen der Maximalkraft ist die Intensität (Stärke der Muskelkontraktion) wichtiger als der Umfang (Quantität) (Weineck, 2000). Dies wurde von Witvrouw et al. (2000, 2004) und Stiene et al. (1996) umgesetzt. Bei Herrington & Al-Sherhi (2007) fehlen genaue Angaben bezüglich Serien- und Wiederholungszahl. Die Studienteilnehmer von Bakhitary & Fatemi (2007) trainierten nicht optimal, da sie die Übungen zweimal täglich mit einer hohen Wiederholungszahl durchführten. Für einen optimalen Trainingseffekt ist nach einem

Krafttraining eine Pause von ungefähr 18 Stunden einzulegen. Die Dauer der Regeneration variiert von Person zu Person, deren Trainingszustand und von der Art des Krafttrainings (Weineck, 2000).

6.4.4 Interventionsdauer

Obwohl die Interventionsperioden eher kurz waren (am höchsten: Acht Wochen bei Stiene et al., 1996), sehen die Verfasserinnen dies als realistische Zeitperiode in Anbetracht einer 9er Serie Physiotherapie, welche ungefähr sechs bis acht Wochen dauert. Laut Weineck (2000) dauert es mehrere Wochen bis eine Zunahme der Muskelmasse erfolgt. Die Kraft kann aber bereits nach einer Woche gesteigert werden, weil sich die inter- und intramuskuläre Koordination verbessert und die einzelnen Muskelfasern so effizienter innerviert und genutzt werden können.

6.5 Schmerz

Herrington & Al-Sherhi (2007) und Bakhitary & Fatemi (2007) stellten eine signifikante Schmerzlinderung nach der Interventionsperiode fest. Dabei gab es keine Unterschiede beim Training in offener oder geschlossener Kette. Es ist interessant, dass beide Studien verschiedene Übungen sowohl für die geschlossene als auch für die offene Kette verwendeten. Somit kann kein Zusammenhang zwischen dem gewählten Trainingselement und einer Schmerzlinderung gesehen werden. Aufgrund Herrington & Al-Sherhi's (2007) Resultaten kann gesagt werden, dass Krafttraining unabhängig der Ausführung besser ist als kein Training, denn die Kontrollgruppe konnte keine Schmerzlinderung aufweisen. Witvrouw et al. (2000) und Stiene et al. (1996) hingegen konnten eine signifikante Schmerzreduktion in der GK Gruppe belegen, was die Hypothese der Verfasserinnen bestätigt. Beide Autoren wählten in der geschlossenen Kette unter anderem den Squat und in der offenen Kette den Cybex Dynamometer. Daraus lässt sich schliessen, dass der Squat bezüglich Schmerzlinderung eine geeignete Wahl ist.

Die Schmerzen wurden bei Witvrouw (2000, 2004) nicht nur mittels VAS, sondern auch mit dem Kujala-Fragebogen erfragt. Dank des Kujala-Fragebogens können die Schmerzen bei verschiedenen Aktivitäten erfasst werden. Dies ermöglicht eine umfassendere Aussage als die VAS, welche sich meist auf eine Aktivität oder auf Ruheschmerzen bezieht. Die Langzeitstudie von Witvrouw et al. (2004) zeigte, dass Patienten, die in der offenen Kette trainierten, nach fünf Jahren signifikant weniger Schmerzen beim Treppen steigen und

während der Nacht haben, als diejenigen, die in geschlossener Kette trainierten. Dies spricht gegen die am Anfang gestellte Hypothese. Die Schmerzangabe bezüglich längeren Sitzens hat sich jedoch in beiden Gruppen nach fünf Jahren (im Vergleich zum drei- Monats Follow-up) verschlechtert. Hier ist anzufügen, dass 92% der Probanden der offenen Kette nach dem Studienende weiterhin Sport ausübten und in der geschlossenen Kette waren es nur gerade 60%. Die Verfasserinnen gehen davon aus, dass das weitergeführte Training das Schmerzverhalten positiv beeinflusst hat.

Obwohl Verbesserungen bezüglich Funktionalität und Kraft vorzuweisen waren, berichteten nur 20% aller Patienten nach fünf Jahren komplett schmerzfrei zu sein. Witvrouw et al. (2004) bestätigen damit die Ergebnisse von früheren Studien (Milgrom et al., 1996; Kan-nus, Natri, Paakkala, Järvinen, 1999; zit. n. Witvrouw et al., 2004).

6.6 Funktionalität

Herrington & Al-Sherhi (2007) konnten in der OK und GK Gruppe eine signifikante Steigerung der Funktion aufzeigen (gemessen mit dem Kujala Fragebogen). Beide Interventionsgruppen waren signifikant besser als die Kontrollgruppe. Eine signifikante Differenz zwischen beiden Interventionen konnte aber nicht gefunden werden. Auch Witvrouw et al. (2000) ermittelten bei beiden Gruppen signifikant bessere Werte, zwischen den Gruppen gab es auch keinen Unterschied. Im Follow-up nach fünf Jahren waren keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen zu messen. Bakhitary & Fatemi (2007) hatten kein Messinstrument für die Funktionalität. Sie argumentierten, dass aufgrund des kleineren Q-Winkels und der reduzierten Krepitation eine bessere Funktionalität zu erwarten ist. Bei Stiene et al. (1996) zeigte die GK Gruppe eine signifikante Verbesserung im Retro step-up Test. Die Probanden der OK Gruppe konnten keine signifikanten Unterschiede weder nach acht Wochen noch nach einem Jahr vorweisen.

Die Verfasserinnen sehen Schwierigkeiten in der Vergleichbarkeit, da jeweils verschiedene Funktionstests oder nur ein Fragebogen zur Beurteilung der Funktionalität verwendet wurden. Als Vorteil des Fragebogens ist die umfassende Abklärung bezüglich verschiedener Alltagsaktivitäten zu sehen. Er ist jedoch eher subjektiv. Hingegen ein Funktionstest ist objektiv und erfasst exakt eine Situation. Aufgrund der verschiedenen Resultate kann die zu Beginn aufgestellte Hypothese, dass die geschlossene Kette bessere Resultate bezüglich der Funktion liefert, nicht bestätigt werden.

6.7 Limitation des Studienvergleichs

Die Interventionen wurden entweder als Heimprogramm oder in der Klinik unter Aufsicht durchgeführt. Die Resultate werden dadurch beeinflusst, dass man nicht überprüfen kann, wie die Übungen zu Hause durchgeführt wurden. Dabei spielt auch die Motivation eine grosse Rolle. Engagierte Probanden könnten das Programm pflichtbewusst ausgeführt haben und weniger motivierte Teilnehmer könnten mit weniger Wiederholungen oder nicht korrekter Ausführung die Ergebnisse verfälscht haben. Witvrouw et al. (2004) stellten fest, dass die Compliance bei Übungen der geschlossenen Kette besser war, was wiederum die Relevanz der Übungsauswahl bestätigt.

Die Studienteilnehmer wurden meist zu wenig genau beschrieben. Faktoren wie Körpergrösse, Körpergewicht, konditionelle Verfassung und genaue Befundaufnahme des PF-Gelenks können die Resultate ebenfalls beeinflussen.

Die Übungen waren in den Studien unterschiedlich gewählt. Dehnungen waren nur einmal Teil des Programms und es fehlten Angaben über nebenbei betriebene Freizeit- und Berufsaktivitäten.

Das Fehlen einer Kontrollgruppe erschwert die Aussage ob die Effekte wirklich trainingsbedingt sind. Witvrouw et al. (2000) erklärten jedoch in ihrer Studie, dass es unethisch wäre einer Gruppe von PFPS Patienten ein Krafttraining zu verweigern. Da die Patienten aber meist über chronische Schmerzen klagen, seien die Verbesserungen eher auf das Training zurückzuführen.

Die Grösse der Interventionsgruppe war bei allen fünf Studien eher klein. So entstanden Aussagen wie 41% der GK-Trainierenden, was schlussendlich aber nur zehn Probanden waren. Witvrouw et al. (2004) bestätigten, dass eine grössere Probandenzahl die Resultate beeinflussen könnte.

7 Schlussfolgerung

7.1 Theorie-Praxis Transfer

Das Ziel dieser Arbeit war, die Auswirkungen bezüglich Kraft, Schmerz und Funktionalität bei PFPS Patienten in der offenen und geschlossenen Kette zu vergleichen. Die dafür verwendeten Studien zeigen widersprüchliche Ergebnisse. Die qualitativ besseren Studien zeigen aber deutlich, dass sowohl die offene als auch die geschlossene Kette zur Behandlung des PFPS verwendet werden können. Dabei werden in der geschlossenen Kette bezüglich Schmerzlinderung kurzfristig leicht bessere Resultate gemessen, welche aber in der Langzeitstudie nicht bestätigt werden können. Die Resultate bezüglich Kraftsteigerung und Funktionalität zeigen keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen. Die viel verbreitete Annahme, dass die offene Kette einen negativen Einfluss hat, kann deshalb nicht bestätigt werden. Beide Übungsformen gelten als funktionell, da sie Bewegungen beinhalten, die im Alltag vorkommen (Frank & Volker, 2011). Herrington & Al-Sherhi (2007) zeigen die Wichtigkeit des Krafttrainings bezüglich der Funktionalität auf, in dem ihre Kontrollgruppe signifikant schlechtere Resultate aufwies als beide Interventionsgruppen. Sportliche Aktivität bleibt ein wichtiger Bestandteil nach Abschluss der Physiotherapie, wie Witvrouw et al. (2004) mit ihrem fünf-Jahres-Follow-up darlegen konnten. Die Erhaltung der Muskelkraft des M.quadriceps femoris ist essentiell, denn eine gute Funktion des M.quadriceps femoris ist die Voraussetzung für ein gutes funktionelles Resultat (Witvrouw et al., 2004).

Die Verfasserinnen weisen darauf hin, dass bei der Behandlung von PFPS Patienten darauf geachtet werden soll, ob von Sportlern oder Nichtsportlern die Rede ist, weil die physiologischen und psychischen Gegebenheiten nicht gleich sind. Die Individualität spielt eine zentrale Rolle beim PFPS. Da es ein sehr komplexes Krankheitsbild ist, gibt es diverse Ursachen und unterschiedliche Symptome. Das Training ist nur ein Bestandteil der gesamten Rehabilitation. Auch manualtherapeutische Massnahmen und andere physiotherapeutische Interventionen sollten nicht vergessen werden. Falls Fortschritte ausbleiben, besteht die Möglichkeit, auch innerhalb des Trainings in einer geschlossenen oder offenen Kette die Übungen zu variieren.

In der folgenden Tabelle werden die Anwendungsbereiche der geschlossenen und der offenen Kette aufgezeigt.

Tabelle 6: Empfehlungen des Trainings in der offenen und geschlossenen Kette

Anwendung der geschlossenen Kette:	Anwendung der offenen Kette:
<ul style="list-style-type: none"> • Für ein schmerzfreies oder schmerzreduzierteres Training werden Übungen bei weniger als 45° Flexion empfohlen, weil dabei die kleinste Gelenksreaktionskraft herrscht (Tang et al., 2001). • Wegen der besseren VM-Aktivität in der GK wird ein lateral Tracking der Patella verhindert, somit kann die Balance zwischen VM und VL besser trainiert werden (Irish et al., 2010; Escamilla et al., 1998). • Der Squat wie auch die Legpress kann mit einer isometrischen Hüftgelenksadduktion kombiniert werden. Weil der VMO mit einigen Fasern der Adduktoren verwachsen ist, könnte er so besser aktiviert werden (Irish et al., 2010; Witvrouw et al., 2000; Stiene et al., 1996). • Patienten zeigen eine bessere Compliance, weil die Übungen alltagsbezogener sind (Witvrouw et al., 2004). • Vor allem während der Frührehabilitation bei Schmerzdominanz anzuwenden (Bizzini et al., 2008). 	<ul style="list-style-type: none"> • Bietet Vorteile bezüglich Testung und Training spezifischer Muskeldefizite, da grössere Muskelaktivitäten festgestellt wurden (Augustsson & Thomeé, 1999; Stensdotter et al., 2007). • Ist bei Patienten mit grossem Body Mass Index, kognitiven oder multiplen Pathologien oder bei Sturzrisiko zu bevorzugen (Irish et al., 2010). Die Verfasserinnen sind jedoch der Meinung, dass gerade Patienten mit erhöhtem Sturzrisiko von alltagsnahen Übungen wie einem Squat oder Lunges mehr profitieren würden. • Nur bei einem Flexionswinkel von über 30° trainieren, um eine zu hohe VL-Aktivität zu vermeiden (Escamilla et al., 1998).

7.2 Fazit

Um die optimale Trainingsform zu finden, muss jeder Patient individuell untersucht werden. Stehen die Schmerzen im Vordergrund, wird initial ein Training in der geschlossenen Kette bevorzugt, da dieses einen minim besseren Effekt bezüglich Schmerzlinde- rung aufweist. Bezüglich Kraft und Funktionalität werden Übungen in der offenen als auch geschlossenen Kette angewendet, da keine signifikanten Unterschiede feststellbar sind.

7.3 Offene Fragen

Auch wenn Witvrouw et al. (2004) die Ersten waren, die eine Folgestudie zur Analyse der Langzeiteffekte durchführten, sind weitere Langzeitstudien erforderlich um den Trainingsaspekten des PFPS gerecht zu werden. Jeder vierte Patient mit PFPS leidet bis zu 20 Jahren an Schmerzen (Nimon et al., 1998; zit. n. Fagan & Delahunt, 2008). In der Literatur ist bezüglich der Trainingsgestaltung und Dosierung im Verlauf der Rehabilitation

wenig zu finden. Die Verfasserinnen sehen hier noch Handlungsbedarf, gerade im Hinblick auf die lange Schmerzdauer der betroffenen Patienten.

Es ist noch unklar, was ein betreutes Langzeittraining von zum Beispiel mehr als zwei Monaten für Auswirkung auf die Schmerzen, die Funktionalität und die Kraft hat.

Denn Weineck (2000) bestätigt, dass ein schnell erworbener Kraftzuwachs bei Beendigung des Trainings auch schnell wieder zurückgeht. Folglich sollte ein Krafttraining über einen längeren Zeitraum ausgeführt werden.

Des Weiteren sollte beachtet werden, dass die Übungen vergleichbar sind. Es sollte sowohl in der geschlossenen, als auch in der offenen Kette die gleiche Dosierung und dieselbe Muskelaktionsform gewählt werden.

8 Verzeichnisse

Literaturverzeichnis

- Arbeitsgruppe „Assessment und Intervention“ der ZHAW. (2008). *Assessment und Intervention: Grundlagen*. (S. 31) Winterthur: ZHAW Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften.
- Augustsson J., Thomeé R. (1999). Ability of closed and open kinetic chain tests of muscular strength to assess functional performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sport*, 21, 164-168.
- Bakhtiary, A.H., Fatemi, E. (2007). Open versus closed kinetic chain exercises for patellar chondromalacia. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 99-102.
- Besier T., Fredericson M., Gold G., Beaupré G., Delp S. (2009). Knee muscle forces during walking and running in patellofemoral pain patients and pain-free controls. *Journal of biomechanics*, 42 (7), 898-905.
- Bizzini, M., Biedert, R., Maffiuletti, N., Impellizzeri F. (2008). Biomechanische Aspekte in der Rehabilitation des Patellofemoralgelenks. *Der Orthopäde*, 9, 864-871.
- Bohnsack M., Börner N., Rühmann O., Wirth C.J. (2005). Patellofemorales Schmerzsyndrom. *Der Orthopäde*, 34, 668-676.
- Buchbauer J. und Steininger K. (2008). *Funktionelles Kraftaufbautraining in der Rehabilitation*. (6.Aufl.). München: Elsevier.
- Callaghan MJ., Oldham JA. (2004). Quadriceps atrophy: to what extent does it exist in patellofemoral pain syndrome? *British Journal of Sports Medicine*, 38, 295-299.
- Dewhurst Ph. (2009). Conservative management of patellofemoral pain syndrome: What is the best approach? *Clinical Chiropractic*, 12, 79-82.
- Diemer F., Sutor V. (2011). *Physiofachbuch: Praxis der medizinischen Trainingstherapie 1: Lendenwirbelsäule, Sakroiliakgelenk und untere Extremität* (2. Aufl.). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Doucette SA., Child DD. (1996). The Effect of Open and Closed Chain Exercise and Knee Joint Position on Patellar Tracking in Lateral Patellar Compression Syndrome. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 23, 104- 110.
- 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 exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 556-569.

- Fagan V., Delahunt E. (2008). PFPS: A review on the associated neuromuscular deficits and current treatment options. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 789-795.
- Felder H. (1999). *Isokinetik in Sport und Therapie*. Heidelberg: Pflaum Physiotherapie
- Fulkerson John P. (2002). Diagnosis and treatment of patients with patellofemoral pain. *American Journal of Sports Medicine*, 30, 447-456.
- Graf M. (2002). Laufen im Aufschwung. Fit for Life: Sonderheft laufen. Aarau: AZ Fachverlage AG.
- Green ST. (2003). Patellofemoral syndrome. *Journal of bodywork and movement therapies*, 9, 16-26.
- Grenholm A., Stensdotter AK., Häger-Ross C. (2009). Kinematic analyses during stair descent in young women with patellofemoral pain. *Clinical biomechanics*, 24, 88-94.
- Gröger A., Mang, A., Burgkart R., Gradinger R. (2010). Individuelles und funktionsabhängiges Therapiekonzept nach vorderer Kreuzbandruptur. *Sportverletzung- Sportschade*, 24, 85-90.
- Heintjes EM, Berger M, Bierma-Zeinstra SMA, Bernsen RMD, Verhaar JAN, Koes BW. (2009). Exercise therapy for patellofemoral pain syndrome (Review). *The Cochrane Library, Issue 1*.
- Herrington L., Al-Sherhi A. (2007). A controlled trial of weight-bearing versus non-weight-bearing exercises for Patellofemoral Pain. *Journal of Orthopedic Sports Physical Therapy*, 37, 155-159.
- Hochschild, J. (2002). *Strukturen und Funktionen begreifen. Funktionelle Anatomie- Therapierrelevante Details Band 2; LWS Becken und Hüftgelenk Untere Extremität*. (2.Aufl.). New York: Georg Thieme Verlag.
- Irish S.E., Millward A.J., Wride J., Haas B.M., Shum G. L.K. (2010). The effect of closed-kinetic chain exercises and open-kinetic chain exercises in the muscle activity of vastus medialis obliquus and vastus lateralis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 1256-1262.
- Jan MH., Lin DH., Lin CH., Lin YF., Cheng CK. (2009). The effects of quadriceps contraction on different patellofemoral alignment subtypes: an axial computed tomography study. *Journal of Orthopaedic Sports Physical Therapy*, 39, 264-269.
- Juhn M.S. (1999). Patellofemoral pain syndrome: A review an guidelines for treatment. *American Academy of Family Physicians*, 60(7), 2012-22.
- Kool, J. (n.d.). *Quantitative Forschung. Die interne Validität von Effektivitätsstudien*. Departement Gesundheit, ZHAW Winterthur.

- Laktat (2011) Fitness-Lexikon. Heruntergeladen von <http://cardio.de/fitness-und-sport/fitness-lexikon/laktat> am 12.04.2011.
- Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. und Westmorland, M. (1998). *Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien*. Heruntergeladen von <http://www.srs-mcmaster.ca/Portals/20/pdf/ebp/quantform.pdf> am 14.04.2011.
- Lowry C.D., Cleland J.A., Dyke K. (2008). Management of patients with patellofemoral pain syndrome using a multimodal approach: A case series. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 38, 691-702.
- Norris Ch. (2004). *Sports Injuries Diagnosis & Management*. (3.Aufl.). Butterworth Heine-
mann, Imprint of Elsevier.
- Oesch P. (2006). Assessment: Kraftmesszelle. *Physiopraxis: Fachzeitschrift für Physiotherapie*, 7-8. S. 42-43. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Oesch P. (2007). Assessment: Umfangmessungen. *Physiopraxis: Fachzeitschrift für Physiotherapie*, 1. S. 34-35. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Pagenstert GJ, Bachmann M. (2008). Klinische Untersuchung bei patellofemorale Problemen. *Der Orthopäde*, 37, 890-903.
- Pförringer W., Gorschewsky O. (2005). *Die Patella aus orthopädischer und sportmedizinischer Sicht*. Stuttgart: Schattauer.
- Patellofemorales Schmerzsyndrom. (2010). In Pschyrembel. Heruntergeladen von [http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=anita46hofmann64zhwin46ch2844712041600&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel12507918%27](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=anita46hofmann64zhwin46ch2844712041600&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel12507918%27) am 14.09.2010.
- Radlinger L., Bachmann W., Homburg J., Leuenberger U., Thaddey G. (1998). *Rehabilitative Trainingslehre*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Radlinger L., Bachmann W., Homburg J., Leuenberger U., Thaddey G. (1998). *Rehabilitatives Krafttraining*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Sanchis-Alfonso V. (2008). Patellofemorale Schmerzen. *Der Orthopäde*, 37, 835-840.
- Schild H. (2011). Laufszenen Schweiz wächst weiter. *Fit for Life*. Aarau: AZ Fachverlage AG.
- Schünke M., Schulte E., Schumacher U., Voll M. und Wesker K. (2007). *Prometheus: Lernatlas der Anatomie*. (2. Aufl.) Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Stensdotter AK., Hodges P., Mellor R., Sundelin G., Häger-Ross C. (2003). Quadriceps activation in closed and in open kinetic chain exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 2043-2047.

- Stensdotter AK., Hodges P., Öhberg F., Häger-Ross Ch. (2007). Quadriceps EMG in Open and Closed Kinetic Chain Tasks in Women With Patellofemoral Pain. *Journal of Motor Behavior*, 39, 194-202.
- Stiene, H.A., Brosky, T., Reinking, M.F., Nyland, J., Mason, M.B. (1996). A comparison of closed kinetic chain and isokinetic joint isolation exercise in patients with patellofemoral dysfunction. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 24, 136-141.
- Syme G., Rowe P., Martin D., Daly G. (2008). Disability in patients with chronic patellofemoral pain syndrome: A randomised controlled trial of VMO selective training versus general quadriceps strengthening. *Manual Therapy*, 14, 252-263.
- Tang S., Chen C.K., Hsu R., Chou S.W., Hong W.H., Lew H. (2001). Vastus medialis obliquus and vastus lateralis activity in open and closed kinetic chain exercises in patients with patellofemoral pain syndrome: An electromyographic study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 82, 1441-1445.
- Tecklenburg K., Dejour D., Hoser C., Fink C. (2005). Ossäre und chondrale Anatomie des patellofemorales Gelenks. *Arthroskopie*, 18, 282-288.
- Weineck J. (2000). *Optimales Training Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings*. (11. Aufl.) Balingen: Spitta-Verlag.
- Wieden T., Sittig H.B. (2005). *Leitfaden Schmerztherapie*. München: Urban und Fischer Verlag.
- Wirz J. (2008). Keep on Running. *Fit for Life: Sonderheft laufen*. Aarau: AZ Fachverlage AG.
- Witvrouw E., Lysens R., Bellemans J., Peers K., Vanderstraeten G. (2000). Open versus closed kinetic chain exercises for patellofemoral pain. *American Journal of Sports Medicine*, 28, 687-694.
- Witvrouw E., Danneels L., Van Tiggelen D., Willems TM., Cambier D. (2004). Open versus closed kinetic chain exercises for patellofemoral pain: A 5-year prospective randomized study. *American Journal of Sports Medicine*, 32, 1122-1130.
- Witvrouw E., Werner S., Mikkelsen C., Van Tiggelen D., Vanden Berghe L., Cerulli G. (2005). Clinical classification of patellofemoral pain syndrome: Guidelines for non-operative treatment. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 13, 122-130.
- Wolansky R. (2006). *Krankheitsbilder in der Podologie Anatomie, Bildgebende Diagnostik, Therapie*. Stuttgart: MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH und Co.

Wright A.F. (1999). Runner's knee: what is it and what helps? *British Journal of General Practice*, 49, 92-93.

Abbildungsverzeichnis

	Titel	Quelle
Abb. 1	Kontaktflächen während der Knieflexion	Bohnsack et al., (2005), S.670
Abb. 2	Der M.quadriceps femoris mit seinen vier Anteilen	Hochschild J., (2002) S.203
Abb. 3	Der M.vastus medialis obliquus	http://www.google.ch/imgres?imgurl=http://3.bp.blogspot.com/_GvgDy0mNzdc/TCnnP53ofvl/AAAAAAAAAAB4/_SRuW57MsYw/s1600/PFJ3.jpg&imgrefurl=http://lftriathlon.blogspot.com/2010_06_01_archive.html&usq=__RVW-hLgbAmyhYiAb-NIYp4egp2HA=&h=432&w=323&sz=32&hl=de&start=0&zoom=1&tbnid=duIVuJbPqDgcpM:&tbnh=147&tbnw=110&ei=3zmTTeHeOo_sObjW6KwC&prev=/images%3Fq%3Dvastus%2Bmedialis%2Bobliquus%26um%3D1%26hl%3Dde%26client%3Dfirefox%26sa%3DN%26rls%3Dorg.mozilla:de:official%26biw%3D1280%26bih%3D610%26tbs%3Disch:1&um=1&itbs=1&iact=hc&vpx=721&vpy=51&dur=58&hovh=260&hovw=194&tx=89&ty=150&oei=wjmTTcHZM5GVOreT2HQ&page=1&ndsp=22&ved=1t:429,r:4,s:0
Abb. 4	Der Q-Winkel	Hochschild J., (2002) S.205
Abb. 5	Differenzierung der Ursachen des PFPS	Witvrouw et al., (2005) S. 125
Abb. 6	Cybex 350	http://www.csmisolutions.com/PDFS/Cybex350_0106.pdf

Tabellenverzeichnis

	Titel	Quelle
Tab. 1	Ein umfassendes Assessment wie Witvrouw (2005) es beschreibt	Nach Vorlage von Witvrouw et al., (2005) von den Autorinnen übersetzt, S. 128
Tab. 2	Die signifikanten Muskelaktivitätsunterschiede bei Knieextension, Leg Press und Squat	Escamilla et al., (1998) S. 563.
Tab. 3	Das Suchvorgehen in den einzelnen Datenbanken	Von den Autorinnen selbst erstellt
Tab. 4	Überblick der ausgewählten Studien	Von den Autorinnen selbst erstellt
Tab. 5	Übersicht zur Intervention, Dosierung und Muskelaktionsform	Von den Autorinnen selbst erstellt
Tab. 6	Empfehlungen des Trainings in der offenen und geschlossenen Kette	Von den Autorinnen selbst erstellt

9 Wortzahl

Abstract: 192

Arbeit: 12'161

10 Eigenständigkeitserklärung

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

Winterthur, 20.Mai 2011

Fabienne Meier

Rahel Signer

11 Anhang

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Ausgeschriebener Begriff
GK	Geschlossene Kette
OK	Offene Kette
MJWBE	Multi-joint weight-bearing exercises; Übungen in geschlossener Kette
n.D	No Date
PF	Patellofemoralgelenk
PFPS	Patello Femoral Pain Syndrom, deutsch: Patellofemorales Schmerzsyndrom
RL	Rückenlage
RM	Repetition Maximum, maximale Wiederholungsanzahl
SJNWBE	Single-joint non-weight-bearing exercises; Übungen in offener Kette
SLR	Straight Leg Raise
VAS	Visual Analog Scale; Die VAS ist eine valide, jedoch sehr subjektive Schmerzskala von 0-10. Dabei bedeutet 0 kein Schmerz und 10 ist extrem intensiver Schmerz.
Wh	Wiederholungen

Glossar

Differentialdiagnosen:

Jumper's Knee:	Schmerzen der Patella, welche die Insertion der Patellarsehne oder die Tuberositas tibiae betreffen. Betrifft vor allem Athleten über 40 Jahren. (Norris, 2004 S.245)
Sinding-Larsen-Johansson:	Betrifft vor allem die proximale Insertion der Patellarsehne. Es beinhaltet Weichteilschwellung, ev Fragmentablösung des inferioren Patellapols, die Patellarsehne ist vergrößert und kann knöcherne Bestandteile erhalten. Temporäre Osteoporose wird beschrieben. Es betrifft vor allem junge Erwachsene. (Norris, 2004 S.246)
Osgood Schlatter:	Lösung der Tuberositatis tibiae von der Tibia. Zuerst Fragmentlösung, später Ossifikation. Prominenter Vorsprung der Tuberositas tibia ist typisch. Es sind vor allem junge männliche Sportler betroffen. (Norris, 2004, S.247)
Plicasyndrom:	Überzählige Synovialfalten führen palpatorisch zu Schmerzen medial der Patella und bei flektiertem Knie. Definitive Diagnosestellung durch Arthroskopie. (Green, 2003)

Hoffa-Krankheit/ Hoffa Syndrom:	Eine Vergrößerung des infrapatellaren Fettkörpers führt zu erhöhtem Druck und resultiert in Schmerzen. (Norris, 2004, S.250)
---------------------------------	--

Krafttrainingsbegriffe:

Aerob: Energiebereitstellung mit Sauerstoff

Anaerob: Energiebereitstellung ohne Sauerstoff

Laktat: Salz der Milchsäure, welches als Abfallprodukt des anaeroben Stoffwechsels (Verbrennung von Glucose unter Ausschluss von Sauerstoff) entsteht

Kujala-Fragebogen: Dieser Fragebogen wurde speziell für PFPS Patienten entwickelt. Er evaluiert Schmerz während dem Treppensteigen, Squatting, rennen, springen und längerem sitzen mit flektiertem Knie. Des Weiteren das Vorhandensein von Schwellung, Subluxation, den Umfang der M.quadriceps femoris Atrophie, ob eine Knie Flexionseinschränkung besteht und ob eine Unterstützung beim Gehen notwendig ist. Das vollständige Formular ist bei Herrington & Al-Sherhi (2007) zu finden.

Patellofemoralgelenktests:

„Clark’s-Test“ (Synonyme: Kompressionstest und Axialer Druck)	Die Patella wird gegen den Femur gedrückt und dabei der M.quadriceps femoris kontrahiert. Positiv bei Schmerz oder Krepitus. Laut Gaffney (1992; zit. n. Cochrane Review, 2009) haben nur die Hälfte der Patienten einen positiven Clark Test.
„Krepitus“	Gemäss Dupont (1997; zit. n. Fulkerson, 2002, S.449) spricht ein Krepitus in Extension eher für einen distalen Knorpelschaden, in Flexion eher für eine proximale Läsion der Patella. Krepitus kann durch Kniebeugen lokalisiert werden. Peripatellarer Krepitus ist ein häufiges Zeichen von PFPS und kann durch hypertrophe Plicae oder einen Knorpeldefekt ausgelöst werden. Krepitus per se ist nicht pathologisch, es gibt keine Korrelation zwischen Krepitus und Schmerz (Pagenstert & Bachmann, 2008).
„Apprehension Test“	Ist dasselbe wie der „Clark’s Test“ einfach mit nach lateral gerichteten Druck auf die Patella. Spezifität und Sensitivität wird in der Literatur noch diskutiert. Die Bewertung der Patellamobilität und des Patellastandes wird in verschiedenen Beugepositionen durchgeführt. (Pagenstert & Bachmann, 2008)

Patellaposition:

Patella alta:	Pagenstert & Bachmann (2008) erklären die Patella alta wie folgt. Normalerweise zeigt die Patella im Sitzen nach vorne. Bei einer Patella alta wird diese aber nicht so weit in die Trochlea
---------------	--

	<p>des Femurs gezogen, so dass sie eher nach oben zeigt. In dieser Position erhält die Patella zu Beginn der Flexion zu wenig femorale Führung, da die Trochlea erst weiter distal beginnt. Ein weiteres Zeichen für ein Patella alta ist die schielende Patella, das heisst, der proximale Teil dreht sich nach lateral und der distale Teil zeigt dann nach medial.</p>
Patella baja:	<p>Tecklenburg et al. (2005) verwendet das Synonym Patella inferia oder Patellatiefstand für die Beschreibung der Patella baja. Zur Bestimmung der Patellaposition wird das Verhältnis der Patellarsehnenlänge zum vertikalen Durchmesser der Patella kleiner oder gleich 0.8 definiert. Die Ursache eines Patellatiefstandes kann eine abgelaufene Verletzung sein, die in vielen Fällen zu einer Atrophie des Kniestreckapparats führt.</p>
Patella - Glide und Patella- Tilt:	<p>Pförringer & Groschewsky (2005) zeigen auf, dass der Patella - Glide eine laterale oder mediale Verschieblichkeit grösser als 25% des Patelladurchmessers ist. Die Patella wird also in der Frontalebene verschoben.</p> <p>Hingegen weist der Patella - Tilt beim Verschieben der Patella nach lateral ein Abheben der lateralen Patellafacette vom Femur auf, wenn das laterale Retinaculum zu lax ist. Bei zu straffem lateralen Retinaculum nähert sich die laterale Patellafacette dem Femur, was auch pathologisch ist (Wieden, 2005).</p>

Bewertungsbögen

A Controlled Trial of Weight-Bearing versus Non-Weight-Bearing Exercises for Patellofemoral Pain, Herrington & Al-Sherhi (2007)		
	BEMERKUNGEN	PUNKTE
ZIEL UND ZWECK <input checked="" type="checkbox"/> ja (1) <input type="checkbox"/> nein (0)	Herrington & Al-Sherhi bemängeln an den Studien von Witvrouw et al. (2000) und Stiene et al. (1996), dass sie keine Kontrollgruppe hatten. Darum führten sie eine Studie mit einer Kontrollgruppe durch.	(1)
DESIGN <input checked="" type="checkbox"/> randomisierte kontrollierte Studie (7) <input type="checkbox"/> Kohortendesign (6) <input type="checkbox"/> Einzelfall Desing (5) <input type="checkbox"/> VorherNachher Desing (4) <input type="checkbox"/> FallKontroll Studie (3) <input type="checkbox"/> Querschnittsstudie (2) <input type="checkbox"/> Fallstudie (1)		(7)
STICHPROBE Detaillierter Beschrieb: <input checked="" type="checkbox"/> ja (2) <input type="checkbox"/> nein (0) Begründung Stichproben-grösse: <input type="checkbox"/> ja (2) <input checked="" type="checkbox"/> nein (0)	Die beiden Gruppen waren bezüglich Alter/ BMI und Grösse ähnlich, was für eine gute Vergleichbarkeit spricht. Warum nur männliche Probanden genommen wurden, ist nicht begründet.	(2)
ERGEBNISSE (OUTCOMES) Reliabilität: <input checked="" type="checkbox"/> ja (1) <input type="checkbox"/> nein (0) <input type="checkbox"/> nicht angegeben (0) Validität: <input type="checkbox"/> ja (1) <input type="checkbox"/> nein (0) <input checked="" type="checkbox"/> nicht angegeben (0)	verblindeter Physiotherapeut Reliabilität der Messinstrumente in einer Pilotstudie getestet. Es gab keine Follow-up-Messungen.	(1)
INTERVENTION Detaillierter Beschrieb: <input checked="" type="checkbox"/> ja (2) <input type="checkbox"/> nein (0) <input type="checkbox"/> nicht angegeben (0) Kontamination: Nein Kointervention: Sport, Schmerz auslösende Tätigkeit verboten		(2)
ERGEBNISSE	Training (egal wie) besser als keine Ü-	(3)

Statistische Signifikanz angegeben: <input checked="" type="checkbox"/> ja (2) <input type="checkbox"/> nein (0)	bungen	
Geeignete Analysemethoden(n): <input type="checkbox"/> ja (1) <input type="checkbox"/> nein (0) <input checked="" type="checkbox"/> nicht angegeben (0)		
Klinische Bedeutung angegeben: <input checked="" type="checkbox"/> ja (1) <input type="checkbox"/> nein (0) Drop outs: keine		
TOTALPUNKTE		16/20

Open versus Closed Kinetic Chain Exercises in Patellofemoral Pain A 5-Year Prospective Randomized Study, Witvrouw et al. (2004)		
	NOTIZEN	PUNKTE
ZIEL UND ZWECK <input checked="" type="checkbox"/> ja (1) <input type="checkbox"/> nein (0)	Es ist die erste Studie die einen Langzeiteffekt untersucht.	(1)
DESIGN <input type="checkbox"/> randomisierte kontrollierte Studie (7) <input checked="" type="checkbox"/> Kohortendesign (6) <input type="checkbox"/> Einzelfall Desing (5) <input type="checkbox"/> Vorher Nachher Desing (4) <input type="checkbox"/> FallKontroll Studie (3) <input type="checkbox"/> Querschnittsstudie (2) <input type="checkbox"/> Fallstudie (1)		(6)
STICHPROBE Detaillierter Beschrieb: <input checked="" type="checkbox"/> ja (2) <input type="checkbox"/> nein (0)		(2)
Begründung Stichprobengrösse: <input type="checkbox"/> ja (2) <input checked="" type="checkbox"/> nein (0)		
ERGEBNISSE (OUTCOMES) Reliabilität: <input type="checkbox"/> ja (1) <input type="checkbox"/> nein (0) <input checked="" type="checkbox"/> nicht angegeben (0)	Immer derselbe verblindete Tester, sehr viele Assessments	(0)
Validität:		

<input type="radio"/> ja (1) <input type="radio"/> nein (0) <input checked="" type="radio"/> nicht angegeben (0)		
INTERVENTION Detaillierter Beschrieb: <input checked="" type="radio"/> ja (2) <input type="radio"/> nein (0) <input type="radio"/> nicht angegeben (0) Kontamination: Nein Kointervention: kein Sport, kein Tape, kein Brace		(2)
ERGEBNISSE Statistische Signifikanz angegeben: <input checked="" type="radio"/> ja (2) <input type="radio"/> nein (0) Geeignete Analysemethoden(n): <input checked="" type="radio"/> ja (1) <input type="radio"/> nein (0) <input type="radio"/> nicht angegeben (0) Klinische Bedeutung angegeben: <input checked="" type="radio"/> ja (1) <input type="radio"/> nein (0) Drop outs: 9 (Umzug, Tod, nicht auffindbar oder verletzt)		(4)
TOTAL PUNKTE		15/20

Open versus closed kinetic chain exercise for patellofemoral pain, Witvrouw et al. (2000)		
	BEMERKUNGEN	PUNKTE
ZIEL UND ZWECK <input checked="" type="radio"/> ja (1) <input type="radio"/> nein (0)	Die Autoren sagen, es sei die erste Studie zu genau diesem Thema.	(1)
DESIGN <input type="radio"/> randomisierte kontrollierte Studie (7) <input checked="" type="radio"/> Kohortendesign (6) <input type="radio"/> Einzelfall Desing (5) <input type="radio"/> VorherNachher Desing (4) <input type="radio"/> FallKontroll Studie (3) <input type="radio"/> Querschnittsstudie (2) <input type="radio"/> Fallstudie (1)	Aus ethischen Gründen gab es keine Kontrollgruppe.	(6)

<p>STICHPROBE Detaillierter Beschrieb: <input checked="" type="radio"/> ja (2) <input type="radio"/> nein (0)</p> <p>Begründung Stichproben- grösse: <input type="radio"/> ja (2) <input checked="" type="radio"/> nein (0)</p>	<p>Die Einschlusskriterien sind die gleichen wie bei der Studie von Insall et al. Somit kann ein Vergleich mit einer bereits bestehenden Studie angestellt werden.</p>	<p>(2)</p>
<p>ERGEBNISSE (OUTCOMES) Reliabilität: <input type="radio"/> ja (1) <input type="radio"/> nein (0) <input checked="" type="radio"/> nicht angegeben (0)</p> <p>Validität: <input type="radio"/> ja (1) <input type="radio"/> nein (0) <input checked="" type="radio"/> nicht angegeben (0)</p>		<p>(0)</p>
<p>INTERVENTION Detaillierter Beschrieb: <input checked="" type="radio"/> ja (2) <input type="radio"/> nein (0) <input type="radio"/> nicht angegeben (0)</p> <p>Kontamination: Nein</p> <p>Kointervention: kein Sport, kein Tape, kein Brace</p>		<p>(2)</p>
<p>ERGEBNISSE Statistische Signifikanz angegeben: <input checked="" type="radio"/> ja (2) <input type="radio"/> nein (0)</p> <p>Geeignete Analysemethode(n): <input type="radio"/> ja (1) <input type="radio"/> nein (0) <input checked="" type="radio"/> nicht angegeben (0)</p> <p>Klinische Bedeutung angegeben: <input checked="" type="radio"/> ja (1) <input type="radio"/> nein (0)</p> <p>Drop outs: 10 (Keine Compliance)</p>		<p>(3)</p>
<p>TOTAL PUNKTE</p>		<p>14/20</p>

Open versus closed kinetic chain exercises for patellar chondromalacia, Bakhtiary & Fatemi (2007)		
	BEMERKUNGEN	PUNKTE
ZIEL UND ZWECK <input checked="" type="checkbox"/> ja (1) <input type="checkbox"/> nein (0)	Die Autoren beziehen sich auf die Studie von Witvroue et al. (2000) und möchten herausfinden, ob auch bei Chondromalazie das gleiche gilt wie bei PFPS.	(1)
DESIGN <input type="checkbox"/> randomisierte kontrollierte Studie (7) <input checked="" type="checkbox"/> Kohortendesign (6) <input type="checkbox"/> Einzelfall Desing (5) <input type="checkbox"/> VorherNachher Desing (4) <input type="checkbox"/> FallKontroll Studie (3) <input type="checkbox"/> Querschnittsstudie (2) <input type="checkbox"/> Fallstudie (1)		(6)
STICHPROBE Detaillierter Beschrieb: <input checked="" type="checkbox"/> ja (2) <input type="checkbox"/> nein (0) Begründung Stichproben- grösse: <input type="checkbox"/> ja (2) <input checked="" type="checkbox"/> nein (0)		(2)
ERGEBNISSE (OUTCOMES) Reliabilität: <input type="checkbox"/> ja (1) <input type="checkbox"/> nein (0) <input checked="" type="checkbox"/> nicht angegeben (0) Validität: <input type="checkbox"/> ja (1) <input type="checkbox"/> nein (0) <input checked="" type="checkbox"/> nicht angegeben (0)		(0)
INTERVENTION Detaillierter Beschrieb: <input checked="" type="checkbox"/> ja (2) <input type="checkbox"/> nein (0) <input type="checkbox"/> nicht angegeben (0) Kontamination: Nein Kointervention: keine Angaben	Die Dosierungen erscheinen eher problematisch. Die Wiederholungszahl ist zu hoch, um im Hypertrophie- oder Kraftausdauerbereich zu arbeiten. Die Übung der OKC (SLR) scheint ungeeignet zu sein. Der M.quadriceps femoris arbeitet dabei isometrisch, dafür wird der M.iliopectus konzentrisch und exzentrisch trainiert.	(2)
ERGEBNISSE Statistische Signifikanz angeben: <input checked="" type="checkbox"/> ja (2)	Es ist fraglich, ob die Umfangmessung nach drei Wochen Training tatsächlich verbessert wird oder ob die Interventionsdauer zu kurz ist.	(3)

<input type="radio"/> nein (0) Geeignete Analysemethode(n): <input type="radio"/> ja (1) <input type="radio"/> nein (0) <input checked="" type="radio"/> nicht angegeben (0) Klinische Bedeutung angegeben: <input checked="" type="radio"/> ja (1) <input type="radio"/> nein (0) Drop outs: 10 (Keine Compliance)		
TOTAL PUNKTE		14/20

A Comparison of Closed Kineic Chain and Isokinetic Joint Isolation Exercise in Patients With Patellofemoral Dysfunction, Stiene et al. (1996)		
	BEMERKUNGEN	PUNKTE
ZIEL UND ZWECK <input checked="" type="radio"/> ja (1) <input type="radio"/> nein (0)	Stiene et al. möchten die Widersprüchlichkeit von früheren Studien aufdecken.	(1)
DESIGN <input type="radio"/> randomisierte kontrollierte Studie (7) <input checked="" type="radio"/> Kohortendesign (6) <input type="radio"/> Einzelfall Desing (5) <input type="radio"/> VorherNachher Desing (4) <input type="radio"/> FallKontroll Studie (3) <input type="radio"/> Querschnittsstudie (2) <input type="radio"/> Fallstudie (1)		(6)
STICHPROBE Detaillierter Beschrieb: <input checked="" type="radio"/> ja (2) <input type="radio"/> nein (0) Begründung Stichprobengrösse: <input type="radio"/> ja (2) <input checked="" type="radio"/> nein (0)	Sieben Probanden nahmen nicht an der Fragebogenauswertung teil. Warum in der CKC-Gruppe deutlich mehr Frauen als Männer waren, ist nur aus in einer Tabelle ersichtlich, aber nicht begründet.	(2)
ERGEBNISSE (OUTCOMES) Reliabilität: <input type="radio"/> ja (1) <input type="radio"/> nein (0) <input checked="" type="radio"/> nicht angegeben (0) Validität: <input type="radio"/> ja (1) <input type="radio"/> nein (0)		(0)

x nicht angegeben (0)		
INTERVENTION Detaillierter Beschrieb: x ja (2) o nein (0) o nicht angegeben (0) Kontamination: Nein Kointervention: Alles weiter- machen wie bisher, aber nichts neues dazu	Die Probanden mussten nur 70% des ange- gebenen Trainingsumfangs erfüllen. Dies lässt die Resultate schlecht vergleichen.	(2)
ERGEBNISSE Statistische Signifikanz an- gegeben: x ja (2) o nein (0) Geeignete Analysemetho- de(n): o ja (1) o nein (0) x nicht angegeben (0) Klinische Bedeutung angege- ben: x ja (1) o nein (0) Drop outs: 10 (Keine Com- pliance)		(3)
TOTAL PUNKTE		14/20

Übersicht Krafttrainingsmethoden

	Komplexe Kraftentwicklung	Differenzierte Kraftentwicklung (Maximalkrafttraining)		Weitere Subgruppen der differenzierten Kraftentwicklung
Trainingsart	(Re-) Aktivierungsmethoden	Hypertrophie-Training (Muskelaufbau) MA-Methode	Intramuskuläre Koordination IK-Methode	<p><i>Reaktivkrafttraining:</i> aus der Muskelaktionsform des Dehnungsverkürzungszyklus. Es wird vor allem für die Beinmuskulatur als fallverhindernde Arbeitsweise angewendet, da häufig das Problem besteht, dass kurze impulsive Kräfte mit der Funktionsmuskulatur nicht abgefangen werden können. Supramaximale Methode: Betonung konzentrischer und explosiver Bewegungen.</p> <p>1) Der Patient spannt innerhalb kurzer Zeit (2-3s) maximal isometrisch gegen Widerstand an und hält diese Spannung aufrecht. Der exzentrische Bewegungsaus Schlag ist sehr klein, die konzentrische Bewegung folgt sofort (Bsp. PNF)</p> <p>2) Der Patient erhält einen exzentrischen Impuls, dem eine entgegengerichtete konzentrische Bewegung folgt. (Bsp. Treppablaufen, Fangen eines Balles, senkrechter Sprung..)</p> <p><i>Maximalkraftausdauer:</i> identisch mit Hypertrophietraining mit Beeinflussung der intramuskulären Koordination</p> <p><i>Kraftausdauer:</i> anaerob-laktazid (maximale Glykolyse). Wird nicht weiter erläutert, da es eher Nachteile birgt für physiotherapeutische Anwendung.</p> <p><i>Ausdauerkraft:</i> deutlich aerob-anaerob gemischter Stoffwechsel, ähnelt mehr einem Ausdauertraining unterhalb der anaeroben Schwelle.</p>
Therapie Methode	Geringe Belastungsintensität, hohe Wiederholungszahlen, keine maximale Ausbelastung	Submaximaler Intensitätsbereich Wiederholte submaximale Kontraktionen. Krafteinsätze gegen submaximale Widerstände bei langsamer bis zügiger Bewegungsausführung mit mittleren Serienzahlen	Maximaler Intensitätsbereich Maximale Kontraktionen, kurzzeitige oder explosive Muskelaktionen gegen maximale oder supramaximale Widerstände	
Anwendungsbereich, Therapiewirkungen	Gesundheit/Fitness und Prävention (Anfänger-Fortgeschrittene) „unspezifische Kräftigung“ Kräftigungseffekt: vor allem Innervationsverbesserung	Muskelquerschnittvergrößerung, Phosphatspeichererhöhung Verbesserung anaerob-alkalischer Stoffwechsel Die Kombination von IK und MA kann als Überleitung zwischen beiden Formen genutzt werden. Dies ist gut um Zeit zu sparen, der Effekt ist jedoch kleiner als bei der separaten Anwendung.	Verbesserung der Innervation (Frequenzierung, Rekrutierung, Dehnungsverkürzungszyklus) Genereller neuromuskuläre Funktionen	