

Open keten training vs. gesloten keten training bij het patellofemoraal pijnsyndroom.

Afstudeeropdracht afdeling fysiotherapie, Hogeschool Utrecht.

Geschreven door: Rosanne Meester fysiotherapeute i.o.

Scriptiebegeleider: Annemarie van Ulsen

Datum: april 2013

Samenvatting:

Achtergrond: Het patellofemoraal pijnsyndroom is een veel voorkomende knie aandoening bij sporters en niet-sporters. Het patellofemoraal pijnsyndroom wordt gekarakteriseerd door diffuse retropatellaire en peripatellaire pijn, als gevolg van fysieke en biomechanische veranderingen van het patellofemoraal gewricht. De etiologie en de exacte pathologie van het patellofemoraal pijnsyndroom zijn niet bekend. Volgens Bakhtiary & Fatemi (2008) zijn 80-90% van de behandelingen conservatief en speelt m. quadriceps training een grote rol. Krachttraining kan gedaan worden met open en gesloten keten oefeningen.

Vraagstelling: Welke behandeling is effectiever, gericht op pijn en functionaliteit bij het patellofemoraal pijnsyndroom. Gesloten keten training of open keten training?

Methode: De databanken: PubMed, PEDro, EBSCO host en Google Scholar zijn geraadpleegd voor deze literatuurstudie. Er is gezocht naar artikelen die open en gesloten keten training vergeleken bij mensen met het patellofemoraal pijnsyndroom. 7 RCT's zijn geïnccludeerd en de methodologische kwaliteit is beoordeeld met de PEDro-schaal.

Resultaten: De geïnccludeerde artikelen tonen aan dat open keten training en gesloten keten training beide effectief zijn in de behandeling van pijn en functionaliteit bij het patellofemoraal pijnsyndroom. Witvrouw et al. (2000) en Fehr et al. (2006) tonen aan dat gesloten keten oefeningen (significant) betere resultaten geven dan de open keten oefeningen op de korte termijn. Witvrouw et al. (2004) hebben naar de lange termijn effecten gekeken voor de behandeling van het patellofemoraal pijnsyndroom. In dat artikel is er beperkt bewijs gevonden, dat open keten oefeningen (significant) meer effectief zijn in de behandeling van pijn en functionaliteit dan gesloten keten oefeningen.

Conclusie: Op basis van de gevonden literatuur kan er geconcludeerd worden dat gesloten keten training en open keten training beide effectief zijn in de behandeling van pijn en functionaliteit bij het patellofemoraal pijnsyndroom.

Trefwoorden: patellofemoraal pijn syndroom, open keten oefeningen, gesloten keten oefeningen, revalidatie, kracht training, pijn.

Abstract:

Background: The patellofemoral pain syndrome is a common knee disorder, both in the athletic and the non-athletic population. The patellofemoral pain syndrome is characterized by diffuse retropatellaire and peripatellaire pain. That is a result of physical and biomechanical changes of the patellofemoral joint. The etiology and the exact pathology of the patellofemoral pain syndrome are unknown. According to Bakhtiary & Fatemi (2008) 80-90% of the treatments are conservative, and strengthening of the m. quadriceps is a common use. Strength training can be done with open kinetic chain exercises and closed kinetic chain exercises.

Objective: Focused on pain and functionality, which treatment is more effective in patellofemoral pain syndrome? Closed kinetic chain training or open kinetic chain training?

Methods: The databases: PubMed, PEDro, EBSCO host and Google Scholar are used for this review. Eligible studies are those who have compared open kinetic chain exercises with closed kinetic chain exercises in the subject of patellofemoral pain syndrome. 7 RCT's are included and the methodological quality is established with the PEDro-scale.

Results: The included studies demonstrate that closed kinetic chain training and open kinetic chain training both are effective in the treatment of pain and functionality in patients with patellofemoral pain syndrome. Witvrouw et al. (2000) and Fehr et al. (2006) have proven that closed kinetic chain exercises give better (significant) results compared with the open kinetic chain exercises in the short-term. Witvrouw et al. (2004) have investigated the long-term effects in the treatment of the patellofemoral pain syndrome. In this study there is found little evidence, that open kinetic chain exercises are (significant) more effective in the treatment of pain en functionality compared with closed kinetic chain exercises.

Conclusion: Based on the included literature, the conclusion is that closed kinetic chain training and open kinetic chain training are effective in the treatment of pain and functionality in the patellofemoral pain syndrome.

Keywords: patellofemoral pain syndrome, open kinetic chain exercises, closed kinetic chain exercises, rehabilitation, strength training, pain.

Inleiding:

Het patellofemorale pijnsyndroom is een veel voorkomende knie aandoening bij sporters en niet-sporters. Patellofemorale klachten worden gekarakteriseerd door een diffuse retropatellaire en peripatellaire pijn, als gevolg van fysieke en biomechanische veranderingen van het patellofemorale gewricht (Fagan et al., 2008; Felicio et al., 2012; Herrinton & Al-Sheri, 2007; Irish et al., 2010; O'Sullivan & Popelas, 2005; Sokhangooei, Anbarian, Khanlari & Rahimi, 2010; Tang et al., 2001). De symptomen zijn intermitterende periodes van pijn en de klachten zijn progressief bij compressie op het patellofemorale gewricht. Compressie op het patellofemorale gewricht is de oorzaak van het ontstaan van klachten bij lang zitten, rennen, traplopen, helling aflopen en squaten (Fagan et al., 2008; Felicio et al., 2012; Herrinton et al., 2007; O'Sullivan et al., 2005; Stensdotter, Hodges, Ohberg & Häger-Ross, 2007). De biomechanica wordt gecontroleerd door de statische en dynamische componenten van de knie. De belangrijkste dynamische stabilisator is de quadriceps met assistentie van de tractus iliotibialis, adductor magnus, adductor longus, de pes anserinus groep en de biceps femoralis groep (Tang et al., 2001).

De incidentie van het patellofemorale pijnsyndroom komt in veel wetenschappelijke literatuur vrijwel overeen. Zo rapporteren Irish, Millward, Wride, Haas & Shu, (2010) de incidentie op 25% van de gehele populatie en op 60% van de sporters. Witvrouw et al. (2003) vermelden een incidentie van 1 op 4 in de gehele populatie en geven aan dat de incidentie hoger is bij mensen die sporten. Het komt met name voor bij jong volwassen vrouwen tussen de 16-25 jaar. Volgens Witvrouw, Danneels, Van Tiggelen, Willems & Cambier (2004) wordt het patellofemorale pijnsyndroom het meeste gezien bij mensen die fysiek actief zijn en de incidentie van het patellofemorale pijnsyndroom is 10% van alle mensen die naar een sportkliniek gaan. Fagan & Delahunt (2008) rapporteren een incidentie van 25-40% van alle knieproblemen. De incidentie vrouwen: mannen staat 2:1. Terwijl bij sporters, mannen een grotere incidentie vertonen (Fagan et al., 2008).

Er zijn veel verschillende theorieën over het ontstaan van het patellofemorale pijnsyndroom. Alleen de etiologie en de exacte pathologie zijn niet bekend. Het is een combinatie van factoren die meespelen (Fagan et al., 2008; Fehr, Cliquet Junior, Cacho & de Miranda, 2006; Felicio, Saad, Liporaci, do Prado Baffa, Dos Santos & Bevilacqua-Grossi, 2012; Herrinton et al., 2007; Irish et al., 2010; O'Sullivan et al., 2005; Sokhangooei et al., 2010; Stensdotter et al., 2007; Tang et al., 2001; Witvrouw et al., 2003). Theorieën worden gebaseerd op biomechanische veranderingen, overbelasting, musculaire disbalans van de m. vastus medialis obliquus: m. vastus lateralis (O'Sullivan et al., 2005), spierkracht vermindering van de m. quadriceps (Herrinton et al., 2007), laterale tracking van de patella, een patella tilt (Stensdotter et al., 2003), een vergrote Q-hoek (Sokhangooei et al., 2010) en anatomische malalignment (Stensdotter et al., 2007).

In het algemeen wordt er eerder voor een conservatieve behandeling gekozen bij het patellofemorale pijnsyndroom dan voor een operatie. Ongeveer 80-90% van de behandelingen zijn conservatief (Bakhtiary & Fatemi, 2008). Het revalidatieprogramma bestaat uit versterken van de m. quadriceps, verminderen van de druk en krachten op het patellofemorale gewricht (Stensdotter et al., 2007; Tang et al., 2001; Witvrouw, Daneels, Van Tiggelen, Willems & Cambier, 2004). De m. quadriceps worden getraind, omdat deze spieren een belangrijke rol spelen tijdens de bewegingen van de patella (O'Sullivan et al., 2005). Belangrijk is dat de patellofemorale klachten niet toenemen tijdens het uitvoeren van de oefeningen. Dat wordt verkregen door op een lage intensiteit te trainen, de druk op het patellofemorale gewricht laag te houden en relatief hoge herhalingen (Witvrouw et al., 2004).

Doordat er voldoende wetenschappelijk bewijs is gevonden naar krachttraining bij het patellofemoraal syndroom, worden er gesloten keten (GK) en open keten (OK) oefeningen gebruikt in revalidatieprogramma's (Fagan et al., 2008; Harrison, 2006; Herrinton et al., 2007). Een GK oefening wordt uitgevoerd met een gefixeerde distale extremititeit. Het activeert verschillende gewrichten, terwijl er voorkomen wordt dat er geïsoleerde gewrichten bewegen. Een OK oefening wordt uitgevoerd zonder fixatie van de distale extremititeit. Gewrichten kunnen dus onafhankelijk van elkaar bewegen (Stensdotter et al., 2007). Volgens Fagan et al. (2008) & Witvrouw et al. (2000 & 2004) worden OK oefeningen gebruikt om geïsoleerd de m. quadriceps te trainen. GK oefeningen simuleren de rol van onderste extremititeit tijdens het uitvoeren van ADL-activiteiten (Fagan et al., 2008; Harrison et al., 2006; Witvrouw et al., 2000, 2004;).

In het verleden werd er met name open keten training toegepast bij het patellofemoraal pijnsyndroom. Gesloten keten training steeds populairder geworden in de loop der tijd. Op dit moment worden open en de gesloten keten training met elkaar afgewisseld. Er is nog geen standaard voor de behandeling van het patellofemoraal pijnsyndroom. De relevantie voor dit onderwerp is dus van belang voor de fysiotherapeuten. Dit onderzoek richt zich op het effect van open keten training of gesloten keten training bij patellofemorale klachten. De vraagstelling van dit literatuuronderzoek:

Welke behandeling is effectiever, gericht op pijn en functionaliteit bij het patellofemoraal pijnsyndroom, gesloten keten training of open keten training?

Om de vraagstelling te beantwoorden wordt er in deze literatuurstudie aangegeven welke methode er gebruikt is om de geïncludeerde artikelen te verkrijgen. In de resultaten worden de meetinstrumenten beschreven die gebruikt zijn in de verschillende onderzoeken, wordt er nader op de verschillende onderzoeken ingegaan en is er een uitwerking te zien over het effect op pijn en functie. In discussie worden er aanbevelingen gedaan en wordt er kritisch gekeken naar de resultaten van deze literatuurstudie.

Methode

Er is gezocht in de databases: PubMed, PEDro, EBSCO host (Cinahl) en Google Scholar. Voor het zoeken naar relevante literatuur is er op de volgende trefwoorden gezocht: patellofemoral pain syndrome, resistance training, open kinetic chain exercise, closed kinetic chain exercise, weight bearing en lower leg or knee. De titel is gescreend op overeenstemming met de vraagstelling van deze literatuurstudie. Het abstract is gescreend op de vraagstelling van de studie en op de deelname van proefpersonen met het patellofemoraal pijnsyndroom. De full-text publicaties zijn gescreend op de inclusiecriteria en op de exclusiecriteria.

Inclusiecriteria

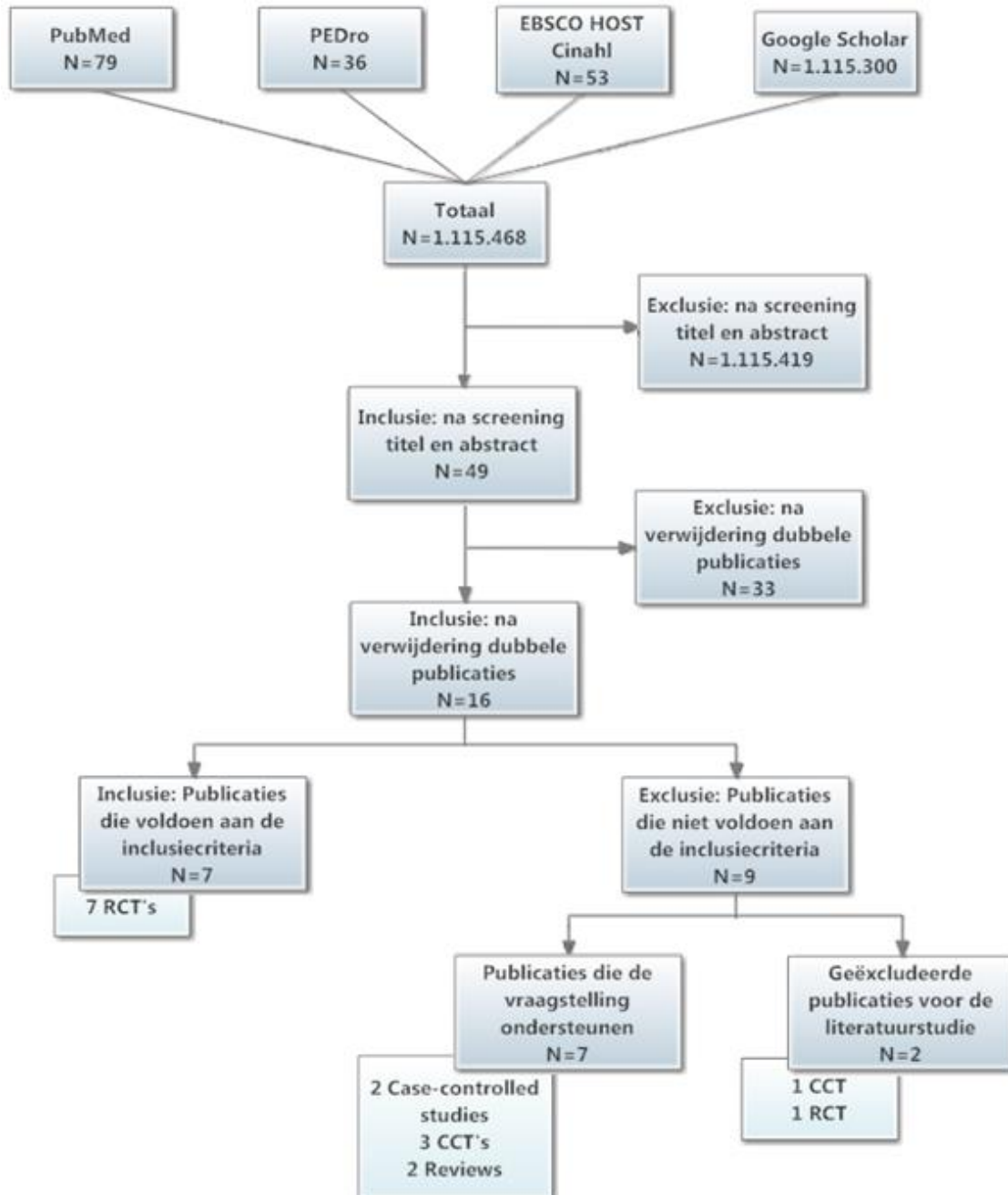
- *Geschreven in het Engels.*
- *De onderzoeksgroep bestond uit mensen met patellofemorale klachten.*
- *Studie publicatiedatum vanaf 2002.*
- *In de studies werden open keten en gesloten keten training met elkaar vergeleken.*
- *De studies onderzoeken het effect van de open of gesloten keten oefeningen op minimaal één symptoom van het patellofemoraal pijnsyndroom.*

Exclusiecriteria

- *Kniepathologie anders dan het patellofemoraal pijnsyndroom.*
- *Studie publicatiedatum voor 2002.*
- *Oefentherapie anders dan open keten training en gesloten keten training.*

De zoekstrategie heeft uiteindelijk zestien artikelen opgeleverd. Van de zestien artikelen zijn er elf artikelen beoordeeld op relevantie en betrouwbaarheid. In totaal zijn er zeven RCT's geïnccludeerd en de negen overige artikelen zijn geëxcludeerd. Drie Clinical Trials, twee Case Controlled Study's en twee Reviews zijn gebruikt ter ondersteuning van de vraagstelling. Een overzicht van de zoekstrategie is te zien in Figuur 1.

Figuur 1. Flowchart van de zoekstrategie.



Methodologische kwaliteit

De methodologische kwaliteit van de artikelen is onderzocht met de PEDro-schaal. De PEDro-schaal is gebaseerd op de Delphi lijst die ontwikkeld is door Verhagen et al. (1998). De PEDro-schaal bestaat uit 11 items en 10 items beoordelen de kwaliteit het artikel. Op de items 2 t/m 11 kunnen de punten behaald worden. Bij een positief item wordt er één punt toegekend en de totaalscore wordt opgeteld. De classificatie van de PEDro is te zien in Tabel 1. De methodologische kwaliteit van de RCT's is te zien in Tabel 2.

Het artikel van Witvrouw et al. (2000) is voor 2002 gepubliceerd. Het artikel is gebruikt voor deze literatuurstudie, omdat er in verscheidene studies naar dit artikel geverifieerd wordt. Bovendien is het artikel van Witvrouw et al. (2004) de follow-up na vijf jaar van het artikel Witvrouw et al. (2000).

Tabel 1. *Classificatie PEDro-schaal*

PEDro-score	Kwaliteit
9-10 punten	Zeer goed
6-8 punten	Goed
4-5 punten	Redelijk
0-3 punten	Slecht

Tabel 2. *Methodologische kwaliteit RCT*

Auteur en jaar	Studie	PEDro
Bakhtiary et al., 2008	RCT	6/10
Fehr et al., 2006	RCT	6/10
Herrinton et al., 2007	RCT	7/10
Sokhangooei et al., 2010	RCT	5/10
Witvrouw et al., 2000	RCT	6/10
Witvrouw et al., 2003	RCT	7/10
Witvrouw et al., 2004	RCT	7/10

Beschrijving resultaten

De geïnccludeerde artikelen zijn geanalyseerd, beoordeeld en worden gebruikt om de vraagstelling van de literatuurstudie te beantwoorden. De resultaten zijn in de vorm van een uiteenzetting apart verwerkt in deze literatuurstudie.

Resultaten

Metingen

VAS schaal

De Visual Analogue Scale is een a-specifieke meetschaal die pijn of sensatie meet. Op een horizontale lijn van 100 mm dient de patiënt loodrecht een lijn te trekken in welke mate hij pijn of een andere sensatie beleeft. Aan de linkerkant staat de minimumscore en aan de rechterkant de maximumscore. Matige pijn is een score van 49 mm en ernstige pijn is een score van 75 mm. In de studies van Bakhtiary et al. (2008), Fehr et al. (2006) en Herrinton et al. (2007) wordt er geen gebruik gemaakt van 0-100 millimeter, maar van 0-10 centimeter. Sokhangooei et al. (2010) maken gebruik van de McGill Pain Scale. De McGill Pain Scale komt volledig overeen met de VAS schaal 0-10. De betrouwbaarheid voor acute pijn is ICC: 0.97.

Kujala schaal

De Kujala Patellofemoral Score Questionnaire wordt ook wel de Anterior Knee Pain Scale genoemd. Het is ontwikkeld om de subjectieve symptomen en de functionele beperkingen die voorkomen bij het patellofemorale pijnsyndroom te evalueren. De vragenlijst bestaat uit de volgende 13 items: mank lopen, belastbaarheid, wandelen, traplopen, hurken, hardlopen, springen, langdurig zitten met gebogen knieën, pijn, zwelling, patella dislocatie, m. quadriceps atrofie, volledige knie flexie. Bij een maximale score van 100 punten zijn er geen beperkingen aanwezig. Herrinton et al. (2007) hebben onderzocht dat de betrouwbaarheid ICC: 0,94 is.

Triple hop test

De triple hop test wordt gebruikt bij Witvrouw et al. (2000, 2004). De patiënt voert de test uit door op het aangedane been te staan en drie sprongen over een rechte lijn te maken. De gesprongen afstand wordt gemeten in centimeters. Na de test wordt de VAS-schaal afgenomen.

Semi-squat

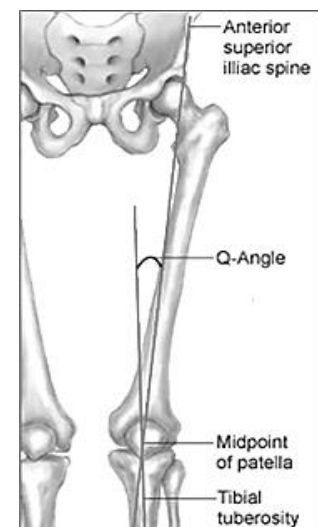
De semi-squat wordt ook wel de single leg squat genoemd. Deze meting wordt gebruikt in de artikelen van Witvrouw et al. (2000, 2004) en de semi-squat wordt als onderdeel van de revalidatie gebruikt in de artikelen van Bakhtiary et al. (2008) en Fehr et al. (2006). In de artikelen van Witvrouw et al. (2000, 2004) wordt een maximale squat op het aangedane been gevraagd zonder pijn ervaring. De maximale flexie van de knie die zonder pijn uitgevoerd kan worden, wordt gemeten met een goniometer. Wanneer een patiënt de test heeft uitgevoerd zonder pijn ervaring, dan wordt er symptoom vrij genoteerd.

Op- en afstappen

De op- en afstaptest worden gebruikt in de artikelen van Herrinton et al. (2007) en van Witvrouw et al. (2000, 2004). In de studies van Witvrouw et al. (2000, 2004) wordt er gebruikt gemaakt van een 10 cm step. Wanneer op- en afstappen zonder pijn wordt uitgevoerd, wordt de step verhoogd met 5 cm tot er een maximale hoogte van 45 cm is bereikt. Uiteindelijk wordt er genoteerd hoeveel patiënten pijnvrij kunnen op- en afstappen van een step van 45 cm. Herrinton et al. (2007) hebben gebruikt gemaakt van een step van 25 cm en een VAS schaal. De gemiddelde uitkomsten van de VAS per onderzoeksgroep zijn beschreven. Op- en afstappen zijn als oefeningen gebruikt in het artikel van Witvrouw et al. (2003).

Q-hoek

De quadriceps hoek is een krachtvector die de patella naar lateraal trekt. De Q-hoek wordt volgens Sokhangooei et al. (2010) en Bakhtiary et al (2008) gevormd door een kruising van twee lijnen in het centrum van de patella. Een lijn is afkomstig van de tuberositas tibiae en een lijn van de spina iliaca anterior superior. De hoek wordt gemeten met een goniometer. De gemiddelde Q-hoek is te zien in Tabel 3. In het artikel van Sokhangooei et al. (2010) wordt er van afwijkend gesproken als de hoek bij mannen buiten de range ligt van 10°-14° en bij vrouwen buiten de range van 14°-17°.



Tabel 3. De gemiddelde Q-hoek.

Geslacht	Gemiddelde Q-hoek	Standaard Deviatie
Mannen	11.2°	± 3.0°
Vrouwen	15.8°	± 4.5°

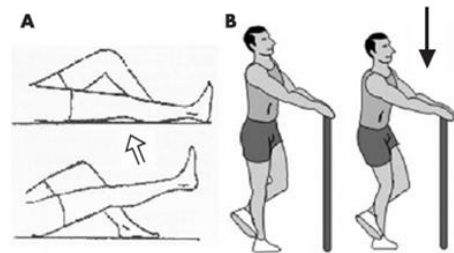
De ratio vastus medialis obliquus: vastus lateralis

Bij het patellofemorale syndroom wordt er vaak een verminderde of een verlate m. vastus medialis obliquus activiteit gemeten in vergelijking met de m. vastus lateralis. Theoretisch is het, het meest ideaal als de VMO:VL ratio gelijk is aan 1. Beide spieren geven dan een even grote contractie. In de studie van Stensdotter et al. (2003) komt naar voren dat de ratio bij mensen met patellofemorale klachten op 0,54:1 ligt. Verstoring van deze ratio kan leiden tot laterale tracking van de patella, wat de klachten van het patellofemorale syndroom zou kunnen verklaren. In de literatuur wordt daar nog niet eenduidig over geschreven. Stensdotter et al. (2003) hebben gesuggereerd dat deze disbalans hersteld moet worden, door krachttraining specifiek voor de m. vastus medialis obliquus. Volgens Kushion et al. (2012) is er nog geen wetenschappelijke literatuur die eenduidig is over het selectief laten aanspannen van de m. vastus medialis obliquus. Fehr et al. (2006) hebben de ratio contractie kracht van de VMO en VL gemeten tijdens de concentrische en excentrische fase. In de GK groep is de ratio gemeten tijdens de semi-squat en in de OK groep is de ratio gemeten tijdens de flexie-extensie oefening.

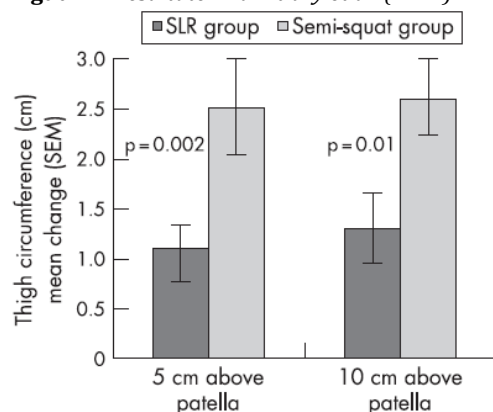
Witvrouw et al. (2003) hebben de reactietijd ratio gemeten van de VMO en VL. De reactietijd is gemeten door gebruik te maken van een elektromyografie en de kniepeesreflex. De tijd vanaf het moment dat de kniepeesreflex wordt opgewekt tot de contractie van de VMO of de VL wordt genoteerd. Voor de reactietijd ratio zijn die gegevens tegen elkaar afgezet.

Korte termijn effecten

Bakhtiary et al. (2008) hebben het effect van de straight leg raise met het effect van een semi-squat bij mensen met patella chondromalacia vergeleken. In deze studie zijn tweeëndertig vrouwelijke studenten met patella chondromalacia geïncludeerd. De proefpersonen werden random verdeeld over de OK groep (n=16) of aan de GK groep (n=16). De OK groep volgde een Straight Leg Raise (SLR) programma gedurende drie weken en de GK groep volgde een Semi-Squat programma gedurende drie weken. De oefeningen werden 2 keer per dag 20 keer uitgevoerd. Om de twee dagen werden de oefeningen met 5 herhalingen verhoogd, zodat aan het eind van het programma een proefpersoon 70 x 2 keer per dag de oefening kon uitvoeren. De oefening moest 3-4 seconden vastgehouden worden en daarna was er 3-4 seconden rust. De SLR wordt uitgevoerd met 0° extensie knie en tot 45° flexie heup. De semi-squat wordt uitgevoerd tot 15°-20° flexie knie. Metingen die gedaan zijn, zijn de Q-hoek, dijbeen omtrek, mate van pijn (VAS 0-10), crepetaties en de maximale isometrische contractie m. quadriceps. Elke week wordt de VAS afgenomen, wordt de dijbeen omtrek gemeten en worden de crepetaties onderzocht. Deze worden opnieuw gemeten met de overige metingen aan het begin, na zes weken therapie en twee weken na de therapie uitgevoerd. Na de therapie is de Q-hoek in beide groepen verminderd. Bij het vergelijken van de gemiddelde afname in graden wordt er een significant verschil gevonden tussen de GK groep (1.6° (SD 0.4)) en de OK groep (0.7° (SD 0.3)) (p=0,016). De crepetaties zijn bij 90% van de proefpersonen aanwezig voor de behandeling. Na de behandeling hebben 55.6% van de proefpersonen in de OK groep nog last van crepetaties en 36.7% in de GK groep. Er staat niet beschreven of dit verschil ook significant is. De maximale isometrische contractie van de m. quadriceps is na de therapie significant vergroot in de GK groep (55.9 N (SD 20.2)) t.o.v. de OK groep (40.1 N (SD 28.5)) (p=0,01). De dijbeen omtrek laat een significante vergroting zien na de therapie op 5 cm (p=0,002) en 10 cm (p=0,01) bij de GK groep t.o.v. de OK groep (zie Figuur 2). Er is een significante afname van pijn op de VAS-schaal in de SLR groep (3.1 (SD 1.5)) en de semi-squat groep (2.8 (SD 2.3)), maar geen significant verschil tussen beide groepen (p=0,13). De uitkomsten van de crepetaties, maximale isometrische contractie, dijbeen omtrek en de VAS schaal blijven stabiel na twee weken follow-up. Bakhtiary et al. (2006) hebben geconcludeerd dat GK oefeningen tot een toename van de quadriceps kracht en een patella alignment correctie leiden. Semi-squat oefeningen zijn meer effectief dan straight leg raise oefeningen in de behandeling van patella chondromalacia.

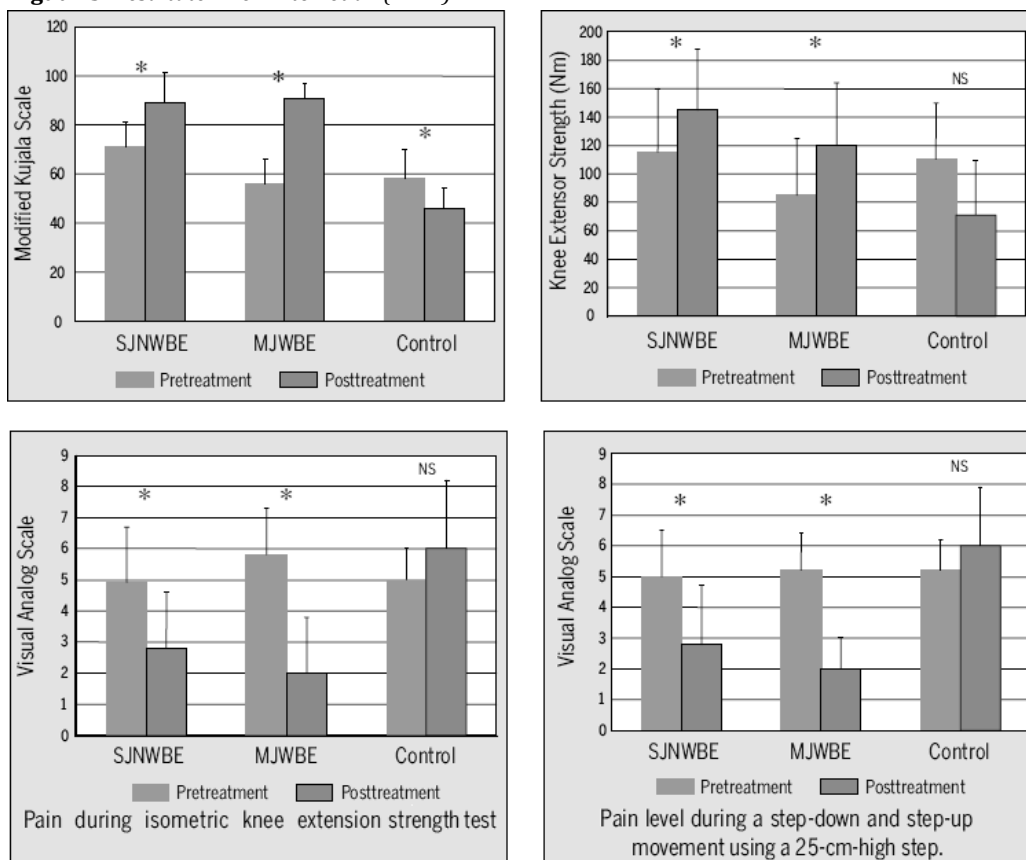


Figuur 2. Resultaten Bakhtiary et al. (2008).



Herrinton et al. (2007) hebben de effectiviteit van geen gewichtnemende quadriceps oefeningen en gewichtnemende quadriceps oefeningen vergeleken, om de quadriceps kracht, pijn en functionaliteit te beïnvloeden bij mensen met het patellofemorale pijnsyndroom. Voor het onderzoek zijn vijfenveertig mannelijke proefpersonen met patellofemorale klachten geïncludeerd. De proefpersonen zijn random aan groep 1 controle (n=15), groep 2 OK (n=15) of groep 3 GK (n=15) toegewezen. De controle groep was alleen op de test dagen aanwezig. De behandeling van de OK groep en de GK groep bestond uit drie keer in de week therapie, gedurende 6 weken. Beide groepen hadden een warming-up van vijf minuten op de hometrainer op 50W. Het aantal series en herhalingen worden berekend op 6 RM. Na elke herhaling is er een periode van 2 seconden rust en na elke serie is er een periode van 2 minuten rust. De proefpersonen in de OK groep voerden een knie extensie uit vanaf 90° flexie. Proefpersonen in de CK groep voerden een knie extensie uit vanaf 90° flexie op de leg press. Metingen die zijn uitgevoerd, zijn de Kujala schaal, maximale isometrische contractie van de m. quadriceps incl. de pijn (VAS) en de VAS bij op- en afstappen van een 25cm step. De metingen zijn aan het begin en na zes weken revalidatie afgenomen. Na zes weken revalidatie laten de OK groep en de GK groep beide een significante toename zien op de Kujala schaal en in knie extensie kracht ($p < 0.05$). In de controle groep is er een significante afname van de kujala schaal (zie Tabel 4). De VAS schalen zijn in beide oefengroepen significant afgenomen, in de controle groep is deze niet-significant toegenomen. Er zijn geen significante verschillen gevonden tussen de OK groep en de GK groep ($p > 0.05$). De OK groep en de GK groep geven significant betere resultaten na de revalidatie ten opzichte van de controle groep ($p < 0.05$) (zie Figuur 3 en Tabel 4). Herrinton et al. (2007) hebben geconcludeerd dat OK oefeningen en GK oefeningen een gelijkwaardige invloed hebben op pijn, knie extensie kracht en functionaliteit bij mensen met het patellofemorale pijnsyndroom. GK en OK oefeningen zijn dus beide effectief in de behandeling van het patellofemorale pijnsyndroom.

Figuur 3. Resultaten Herrinton et al. (2007)



SJNWBE: Single Joint Non Weight Bearing Exercise; MJWBE: Multiple Joint Weight Bearing Exercise

De beginwaardes en de eindwaardes van de Kujala schaal, maximale isometrische contractie en de VAS schalen staan niet beschreven in de studie van Herrinton et al.

Tabel 4. Resultaten Herrinton et al. (2007) p-waardes

	OK groep	GK groep	CO groep	p ¹ -waarde	p ² -waarde
Kujala schaal	0.03*	0.01*	(-)0.03*	<0.001*	<0.001*
MIC	0.01*	0.005*	>0.05	0.01*	0.035*
VAS bij contractie	0.005*	0.025*	>0.05	0.015*	0.005*
VAS op- en afstappen	<0.001*	<0.001*	>0.05	0.004*	0.001*

*: Significant; OK: open keten; GK: gesloten keten; CO: controle groep; p¹-waarde: significant verschil OK t.o.v. CO; p²-waarde: significant verschil GK t.o.v. CO; MIC: maximale isometrische contractie.

Sokhangooei et al. (2010) hebben onderzocht wat het effect is van gesloten keten oefening en open keten oefening in de revalidatie van het patellofemoraal pijnsyndroom. Voor deze studie zijn vierendertig vrouwen met het patellofemoraal syndroom geïncludeerd. De proefpersonen zijn random verdeeld over Groep 1 GK (n=17) of Groep 2 OK (n=17). De behandelingen vonden twee keer in de week plaats gedurende 8 weken. Groep 1 (G1) voerde een mini squat uit in stand tot 30° knie flexie met 1 kg in elke hand. Groep 2 (G2) voerde een flexie-extensie oefeningen uit in zit, van 90° tot 45° flexie met 1 kg om elke voet. De behandeling vond twee keer in de week plaats, gedurende acht weken. Metingen uitgevoerd zijn, zijn de McGill, de Q-hoek en een passieve knie proprioceptie test. De metingen zijn aan het begin en na acht weken revalidatie uitgevoerd. Na acht weken revalidatie zijn er in de G1 groep en G2 groep significante afnamen voor pijn (p<0,001), voor de Q-hoek links (p≤0,001) en voor de Q-hoek rechts (p< 0,001)(zie Tabel 5). Er zijn geen significante verschillen gevonden tussen de beide groepen (p>0.05). Sokhangooei et al. (2010) concluderen dat spierkracht training van de quadriceps een verbetering laat zien in een aantal symptomen van het patellofemoraal pijnsyndroom, zoals pijn en Q-hoek. Er is geen significant verschil tussen een OK training of een GK training.

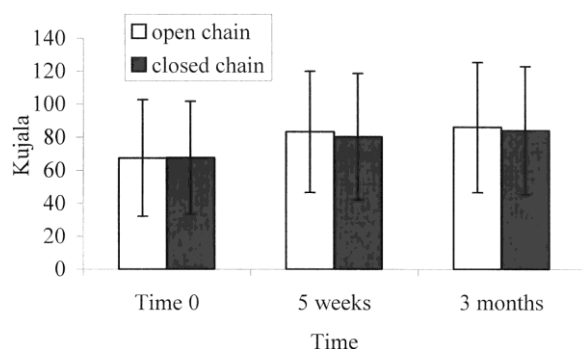
Tabel 5. Resultaten Sokhangooei et al. (2010)

	G1	P-waarde	G2	P-waarde
<i>Pijn McGill 0-10</i>				
Voor	7,4118	<0.001*	7.8824	<0.001*
Na (gem. ± SD)	1.82 ± 1.1		1.88 ± 1.4	
<i>Q-hoek rechts (graden)</i>				
Voor	19,000	<0.001*	19.9412	<0.001*
Na (gem. ± SD)	17.7059 ± 1.6		18.2588 ± 0.7	
<i>Q-hoek links (graden)</i>				
Voor	19,2353	0.001*	19.5882	<0.001*
Na (gem. ± SD)	17.8235 ± 1.6		18.0882 ± 1.4	
<i>Proprioceptie rechts (graden)</i>				
Voor	92.3824	>0.05	89.1176	>0.05
Na	90.0882		89.000	
<i>Proprioceptie links (graden)</i>				
Voor	89.5588	>0.05	88.7059	>0.05
Na	89.7353		89.4118	

*: significant; G1: groep 1; G2: groep 2; gem.: gemiddelde; SD: Standaard deviatie.

Witvrouw et al. (2000) hebben onderzocht wat de effectiviteit is van open versus gesloten keten oefeningen in een conservatieve behandeling van patellofemorale pijn. In de studie zijn zestig proefpersonen met patellofemorale pijn geïnccludeerd. De proefpersonen zijn random aan de GK groep (n=30) of aan de OK groep (n=30) toegewezen. Drie keer in de week vond er een behandeling van 30-45 minuten plaats gedurende vijf weken. De proefpersonen trainden op 60% van hun 1RM. De oefeningen worden uitgevoerd in 3 series van 10 herhalingen. Elke serie wordt gevolgd met 1 minuut rust. De OK oefeningen worden 6 seconden vastgehouden en de GK oefeningen worden dynamisch uitgevoerd. Na een training worden de quadriceps, hamstrings en gastrocnemius statisch gerekt in 3 series van 30 seconden. De OK oefeningen bestaan uit een maximale isometrische contractie van de m. quadriceps, een straight leg raise, een flexie-extensie oefening van 10° tot 0° en heup adductie. De GK oefeningen bestaan uit een de leg press, semi-squat en squat tot 1/3 knie flexie, hometrainer, roeimachine, sprongoefeningen en een op- en afstap oefening. Metingen die uitgevoerd zijn, zijn de VAS (0-100) op achttien pijn/discomfort ervaringen, de Kujala schaal, maximale semi-squat zonder pijn, op- en afstappen van een step zonder pijn, triple hop test incl. VAS, spierkracht van m. quadriceps en hamstrings (Cybex) en spierlengte van de hamstrings, m. quadriceps en m. gastrocnemius. De metingen worden bij de baseline, na vijf weken en drie maanden na de revalidatie uitgevoerd. De Kujala schaal is significant verbeterd in beide groepen na vijf weken (GK $p=0,002$ en OK $p=0,001$) en drie maanden na de revalidatie (GK $p=0,001$ en OK $p=0,0004$). Er is geen significant verschil gevonden tussen de GK groep en de OK groep ($p>0,05$) (zie Figuur 4).

Figuur 4. Resultaten Witvrouw et al. (2000)



De VAS voor de frequentie van slotklachten, kliksensaties, nachtelijke pijn en pijn bij isokinetisch testen zijn alleen significant afgenomen in de GK groep na vijf weken en bij drie maanden na de revalidatie. Na drie maanden is er een significant verschil bij GK t.o.v. OK bij deze activiteiten ($p<0,05$). De VAS voor traplopen, rennen, ADL, sport participatie, frequentie van pijn gedurende de dag, instabiliteitsgevoel en de intensiteit van de pijn zijn in beide groepen significant afgenomen na 5 weken ($p<0,05$). Bij de drie maanden meting laat alleen de GK nog een significante verbetering zien voor de bovenstaande metingen van de VAS. De VAS voor pijn tijdens springen, lopen, zitten met gebogen knieën, opstaan, stijfheid, frequentie van kraken en de frequentie van pijn tijdens werk is in beide groepen significant afgenomen tijdens alle evaluatie momenten ($p<0,05$). De drie functionele oefeningen worden in de beide groepen door significant meer patiënten pijnvrij uitgevoerd na vijf weken en na drie maanden ($p<0,05$) (zie Tabel 6).

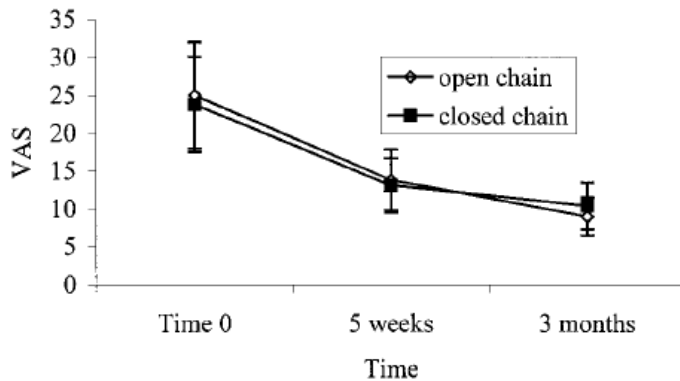
Tabel 6. Resultaten Witvrouw et al. (2000)

Functionele oefening	0 weken		5 weken		3 maanden	
	OK N (%)	GK N (%)	OK N (%)	GK N (%)	OK N (%)	GK N (%)
Semi- squat	6 (20)	6 (20)	11 (37)	13 (43)	16 (53)	17 (57)
Opstappen (45cm)	11 (37)	8 (27)	23 (77)	18 (60)	22 (73)	22 (73)
Afstappen (45cm)	8 (27)	5 (17)	19 (63)	12 (40)	23 (77)	20 (67)

OK: open keten; GK: gesloten keten; N: het aantal personen dat de oefeningen pijnvrij kunnen uitvoeren;

De triple hop test is bij de GK groep significant verbeterd na vijf weken ($p=0,04$) en na drie maanden ($p=0,02$). De OK groep laat geen significant verschil zien tijdens deze meetmomenten ($p=0,13$). Er is geen significant verschil gevonden tussen de GK groep en de OK groep ($p=0,20$). De VAS tijdens de triple hop test is in beide groepen significant afgenomen na vijf weken ($p=0,01$) en na drie maanden (GK $p=0,036$ en OK $p=0,03$). Er is geen significant verschil gevonden tussen beide groepen ($p>0,05$) (zie Figuur 5).

Figuur 5. Resultaten Witvrouw et al. (2000)



De GK groep laat na vijf weken een significante verbetering zien in spierkracht van de m. quadriceps ($p<0,05$). De GK groep laat na drie maanden een niet significante afname zien in de spierkracht ten opzichte van de metingen na vijf weken ($p>0,05$). De GK groep heeft na drie maanden nog een significante toename in spierkracht ten opzichte van de baseline meting ($p<0,05$). De OK groep vertoont na vijf weken een significante toename in spierkracht van de m. quadriceps ($p=0,04$). De OK groep toont een niet significante toename aan in spierkracht na drie maanden ten opzichte van de metingen na vijf weken ($p>0,05$). De OK groep heeft na drie maanden een significante toename in spierkracht ten opzichte van de baseline meting ($p<0,05$). Er is geen significant verschil aangetoond tussen de GK groep en de OK groep voor deze metingen. Beide groepen hebben na vijf weken en drie maanden een significante verbetering aangetoond in de spierkracht van de hamstrings ($p<0,05$). Er worden geen significante verschillen gevonden tussen beide groepen ($p>0,05$). Bij vergelijking van de metingen bij de baseline en na drie maanden zijn de spierlengtes in beide groepen significant toegenomen van de hamstrings (OK $p=0,033$ en GK $p=0,041$), m. gastrocnemius (OK $p=0,035$ en GK $p=0,044$) en de m. quadriceps (OK $p=0,04$ en GK $p=0,03$). Na 5 weken was de spierlengte voor de quadriceps in beide groepen al significant toegenomen (OK $p=0,04$ en GK $p=0,01$) (zie Tabel 7).

Tabel 7. Resultaten Witvrouw et al. (2000)

Spierlengte	Open keten groep			Gesloten keten groep		
	Baseline gem. (SD)	5 weken gem. (SD)	3 maanden gem. (SD)	Baseline gem. (SD)	5 weken gem. (SD)	3 maanden gem. (SD)
Hamstrings (°)	87.8 (15.29)	92.3 (18.72)	93.7 (17.12)	89.8 (14.48)	95.6 (19.72)	94.9 (16.47)
Quadriceps (°)	119.7 (18.66)	126.9 (12.13)	135.5 (16.44)	116.2 (13.52)	129.1 (14.55)	137.5 (14.59)
Gastrocnemius (°)	32 (4.90)	34.8 (4.33)	38 (7.08)	33.6 (6.97)	35 (5.23)	39.7 (4.93)

Witvrouw et al. (2000) hebben geconcludeerd dat GK en OK training een significante verbetering laten zien in kracht, pijn en functionaliteit. De kleine significante verschillen tussen de groepen, geven aan dat GK training meer effectief is in de behandeling van het patellofemoraal syndroom. Ondanks dat gegeven, wordt er geadviseerd om GK en OK oefeningen te gebruiken bij de revalidatie van het patellofemoraal pijnsyndroom.

Lange termijn effecten

Witvrouw et al. (2004) hebben onderzocht of er een verschil is tussen open en gesloten keten training vijf jaar na de revalidatie en of de positieve resultaten van de open en gesloten keten training van de korte termijn follow-up bestaan zijn gebleven na vijf jaar follow-up. Voor de studie zijn negenenveertig proefpersonen (van de zestig proefpersonen uit 2000) die deelnamen in de follow-up na vijf jaar ($n=25$ in de GK groep en $n=24$ in de OK groep). Alle proefpersonen zijn geëvalueerd na vijf weken, drie maanden en vijf jaar. De vergelijkingen van de baseline met vijf weken en vijf weken met drie maanden zijn al beschreven in bovenstaand stuk. Na de therapie is er geadviseerd om de oefeningen thuis te blijven uitvoeren. Bij de vijf jaar follow-up zijn er negentien van de negenenveertig proefpersonen pijnvrij ($n=9$ OK en $n=10$ GK). 75% van alle proefpersonen participeren in de sport. 22 (92%) proefpersonen uit de OK groep en 15 (60%) proefpersonen uit de GK groep ($p<0,05$).

Vergelijking tussen OK en GK bij de vijf jaar follow-up.

Er is een significant verschil gevonden op de VAS voor zwelling in de OK groep (0.2(SD 0.4)) t.o.v. de GK groep (1.6(SD 2.1)) met $p=0,04$. Er is een significant verschil gevonden op de VAS schaal voor trapaflopen in de OK groep (0.7(SD 1.0)) t.o.v. de GK groep (2.8(SD 2.4)) met $p=0,01$. Er is een significant verschil gevonden op de VAS schaal voor nachtelijke pijn in de OK groep (0.06(SD 0.3)) t.o.v. de GK groep (0.7(SD 1.3)) met $p=0,04$. Bij opstappen was 80% van de GK groep pijnvrij en 92% van de OK groep ($p=0,23$). Bij afstappen was 69% van de GK groep en 79% van de OK groep pijnvrij ($p=0,31$).

Vergelijking in de OK groep tussen drie maanden en de vijf jaar follow-up.

Er is significant meer pijn op de VAS bij zitten met flexie knieën bij de vijf jaar follow-up (4.4(SD 3.9)) t.o.v. de drie maanden follow-up (2.2(SD 1.8)) met $p=0,04$. Bij de squat-test is er een significante verbetering van 10° flexie zonder pijn ($p=0,01$). Bij de triple hop test is er een significante achteruitgang in afstand ($p<0,05$). De opstap-test wordt significant door meer patiënten pijnvrij uitgevoerd ($p=0,01$). Van 73% naar 92% bij de vijf jaar follow-up.

Vergelijking in de GK groep tussen drie maanden en vijf jaar follow-up.

Er is een significante toename op de VAS voor trapaflopen, springen, sporten, lang zitten met flexie knieën en kliksensaties bij de vijf jaar follow-up t.o.v. de drie maanden follow-up ($p<0,05$) (zie Tabel 8). Bij de opstap-test is er een toename van proefpersonen die de test pijnvrij uitvoeren van 73% bij de drie maanden follow-up naar 80% bij de vijf jaar follow-up. De hamstrings hadden significant minder kracht bij de follow-up ($p<0,05$).

Tabel 8. Resultaten Witvrouw et al. (2004) Gesloten keten

VAS schaal 0-10	3 maanden		5 jaar		p-waarde
	Gem.	SD	Gem.	SD	
Trapaflopen	1.4	1.9	2.8	2.4	0.02
Springen	1.6	2.0	3.3	3.5	0.04
Sporten	2.5	2.3	3.8	2.4	0.04
Lang zitten met flexie	3.5	2.9	6.4	3.2	0.01
Kliksensaties	2.6	2.4	5.5	3.5	0.01

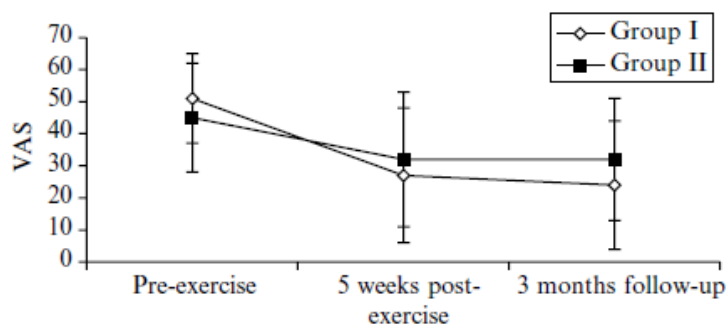
Gem.: Gemiddelde; SD: Standard Deviatie; P-waarde: significant verschil tussen 3 maanden en 5 jaar.

Witvrouw et al. (2004) hebben geconcludeerd dat GK en OK oefeningen een behoud van subjectieve en functionele uitkomsten aantonen bij de vijf jaar follow-up. Bij de Kujala schaal, op het merendeel van de VAS schalen, en bij de functionele oefeningen worden er geen significante verschillen gemeten tussen de GK en OK training. Op drie VAS schalen geeft de OK groep significant betere resultaten dan de GK groep. Bij op en afstappen geeft de OK groep betere resultaten dan de GK groep. Beide groepen hebben dus overeenkomende lange termijn effecten. GK en OK training kunnen beide gebruikt worden in de revalidatie bij patellofemorale klachten.

Ratio VMO:VL

Witvrouw et al. (2003) hebben onderzocht wat het effect is van twee algemeen gebruikte trainingsprogramma's op de reflex reactietijd van de vastus medialis obliquus en vastus lateralis bij het patellofemorale pijnsyndroom. Voor deze studie zijn zestig proefpersonen met het patellofemorale pijnsyndroom geïnccludeerd. De proefpersonen werden random aan een OK groep (n=30) of een GK groep (n=30) toegewezen. Gedurende vijf weken werden de proefpersonen drie keer in de week 30-45 minuten behandeld. De proefpersonen trainden op 60% van 1RM. Alle oefeningen werden in drie series van 10 herhalingen uitgevoerd. De OK oefeningen werden 6 seconden vastgehouden en de GK oefeningen werden dynamisch uitgevoerd. Elke herhaling werd gevolgd door 3 seconden rust. De oefeningen van groep 1 bestaan uit maximale isometrische contractie van de quadriceps in knie-extensie, straight leg raise, flexie-extensie oefeningen van 10° tot 0°, heupadductie. Voor de juiste trainingsintensiteit waren er gewichten van ½ kg tot 3 kg aanwezig. De oefeningen van groep 2 bestaan uit leg press, semi-squat tot 1/3 knie flexie, hometrainer, roeimachine, op- en afstap oefeningen en sprongoefeningen. Voor de juiste trainingsintensiteit waren er gewichten van 1 kg tot 10 kg aanwezig. Na elke behandeling worden de m. quadriceps, de hamstrings en de m. gastrocnemius passief statisch gerekt in 3 series van 30seconden. Metingen die gedaan zijn, zijn de VAS (0-100) voor de frequentie en de intensiteit van pijn en de reactietijd van de vastus medialis obliquus en de vastus lateralis. Metingen worden aan het begin van de revalidatie, na vijf weken revalidatie en drie maanden na de revalidatie uitgevoerd. De VAS schaal is in beide groepen afgenomen bij de vergelijking van nul met drie maanden ($p=0,01$) en nul met vijf weken (groep 1 $p=0,03$ en groep 2 $p=0,036$) (zie Figuur 6).

Figuur 6. Resultaten Witvrouw et al. (2003)



Er is geen significant verschil gevonden in reactietijd van de m. vastus medialis obliquus en m. vastus lateralis na vijf weken en na drie maanden revalidatie ($p>0,05$)

Er is geen significant verschil gevonden in de reactietijd ratio vastus medialis obliquus: vastus lateralis na vijf weken (OK 0.13(SD 1.44) en GK 0.26(SD 1.53)) en na drie maanden (OK 0.37(SD 1.68) en GK 0.16(SD 1.53)) met $p>0,05$.

Witvrouw et al. (2003) hebben geconcludeerd dat een revalidatie van vijf weken met OK of GK oefeningen de reactietijd van de vastus medialis obliquus en de vastus lateralis niet kan beïnvloeden. Wel hebben de OK oefeningen en GK oefeningen tot een significante vermindering van pijn geleid.

Fehr et al. (2006) hebben het therapeutisch effect van open keten oefening en gesloten keten oefening op pijn intensiteit en op de patellofemorale pijn geanalyseerd. Voor het onderzoek zijn er vierentwintig mensen met het patellofemorale syndroom geïncludeerd. De proefpersonen werden random aan groep 1 OK (n=12) of groep 2 GK (n=12) toegewezen. Beide groepen werden gedurende acht weken drie keer per week behandeld. De oefeningen zijn in 4 series van 10 herhalingen uitgevoerd. De oefening wordt 8 seconden vastgehouden en gevolgd door 1 minuut rust. De OK oefeningen bestaan uit een isometrische contractie van de m. quadriceps in 90° flexie, isometrische contractie van de m. quadriceps in 70° flexie, isometrische contractie van de m. quadriceps in 50° flexie en een flexie-extensie oefening van 90° tot 50°. De GK oefeningen bestaan uit een isometrische contractie van de m. quadriceps in 20° flexie op de leg press, een isometrische contractie van de m. quadriceps in 40° flexie op de leg press, een semi-squat van 0° tot 50° en de leg press van 0° tot 50° flexie. Aan het begin van de revalidatie en na acht weken revalidatie worden er metingen uitgevoerd. Metingen die zijn gebruikt, zijn de VAS voor de mate van pijn en de Kujala schaal. De elektrische activiteit van de vastus medialis obliquus (VMO) en van de vastus lateralis (VL) worden gemeten met een elektromyografie. Na de revalidatie zijn alle VMO: VL ratio's lager dan 1 (zie Tabel 9). Dat houdt in dat VMO een minder krachtige contractie geeft dan de VL. Er zijn geen significante verschillen gevonden in de beide groepen. Er is niet vermeld of er een significant verschil is tussen de OK en de GK groep.

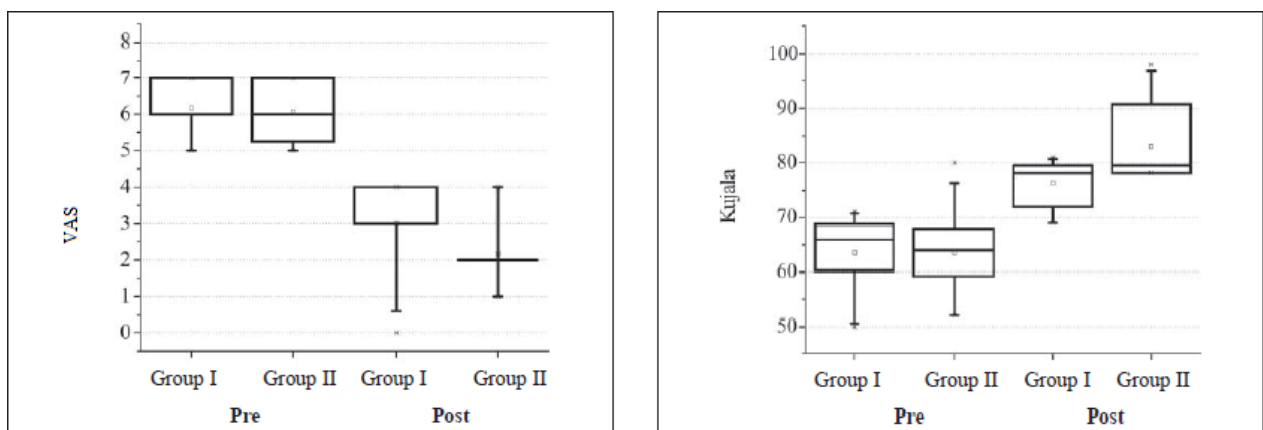
Tabel 9. Resultaten Fehr et al. (2006)

Ratio	OK groep					GK groep				
	Baseline		8 weken		p	Baseline		8 weken		p
	Gem.	SD	Gem.	SD		Gem.	SD	Gem.	SD	
VMO:VL CC	0.93	0.06	0.94	0.07	0.79	0.89	0.10	0.88	0.10	0.56
VMO:VL EC	0.93	0.03	0.92	0.07	0.85	0.72	0.17	0.77	0.23	0.20

CC: Concentrische Contractie; EC: Excentrische Contractie. P: Verschil tussen de baseline en 8 weken.

De pijn is in beide groepen significant afgenomen (OK p=0,005 en GK p=0,005). Aan het eind van het revalidatieprogramma heeft de GK groep significant minder pijn dan de OK groep (p=0,002) (zie Figuur 7). De functionaliteit gemeten op de Kujala schaal is in beide groepen significant toegenomen (p=0,005). De GK groep heeft een significante betere score op de Kujala schaal dan de OK groep (p=0,03) (zie Figuur 7). In de studie worden niet de beginwaarden en de eindwaarden van de VAS en Kujala schaal beschreven.

Figuur 7. Resultaten Fehr et al. (2006)



Fehr et al. (2006) hebben geconcludeerd dat de GK groep en de OK groep beide een reductie van pijn en een toename van functionaliteit laten zien. GK oefeningen zijn meer effectief in de behandeling van pijn en functionaliteit in vergelijking met de OK oefeningen. GK en OK oefeningen waren niet in staat om de ratio vastus medialis obliquus: vastus lateralis te beïnvloeden.

In Tabel 10 is te zien wat voor effect de revalidaties uit de geïncludeerde artikelen hebben op pijn en/of functie.

Tabel 10. Resultaten artikelen.

Auteur en jaartal	Populatie	Therapie	Meetinstrumenten voor pijn & functionaliteit	Effect op pijn	Effect op functionaliteit
Bakhtiary et al., 2008	32 proefpersonen met patella chondromalacia.	OK: SLR (n=16). GK: Semi-squat (n=16).	VAS 0-10	In de OK groep en de GK groep is de pijn significant afgenomen (p<0,05).	n.v.t.
Fehr et al., 2006	24 proefpersonen met het patellofemorale pijnsyndroom.	OK: flexie –extensie oefening, isometrische contractie m. quadriceps (n=12). GK: isometrische contracties m. quadriceps op de leg press, semi-squat en leg press (n=12)	VAS 0-10 Kujala schaal	Pijn is significant afgenomen in de OK groep en GK groep (p=0,0005). Er is een significant verschil (p=0,02) in de GK groep t.o.v. de OK groep.	De functionaliteit is in beide groepen significant toegenomen (p=0,0005). Er is een significant verschil (p=0,03) in de GK groep t.o.v. de OK groep.
Herrinton et al., 2007	45 proefpersonen met patellofemorale klachten.	Controle groep (n=15) OK: knie extensie oefening (n=15) GK: knie extensie op de leg press (n=15)	Kujala schaal VAS 0-10 bij isometrische contractie VAS 0-10 bij op- en afstappen.	Pijn tijdens contractie is significant verminderd in OK groep (p=0,005) en GK groep (p=0,025). Pijn bij op- en afstappen is in beide groepen significant afgenomen (p<0,001)	De functionaliteit is significant verbeterd in de OK groep (p=0,03) en GK groep (p=0,01). De functionaliteit is significant afgenomen in de controle groep (p=0,03),
Sokhangooei et al., 2010	34 proefpersonen met het patellofemorale pijnsyndroom.	OK: flexie-extensie oefening (n=17). GK: mini squat (n=17).	McGill 0-10	Pijn is significant afgenomen in de OK groep en GK groep (p<0,001).	n.v.t.
Witvrouw et al., 2000	60 proefpersonen met patellofemorale pijn.	OK: isometrische contractie m. quadriceps, SLR, flexie-extensie oefening en heupadductie(n=30). GK: leg press, semi-squat, hometrainer, roeimachine, op- en afstap oefeningen en sprongoefeningen (n=30).	18 VAS 0-100 Kujala schaal Semi-squat Op- en afstappen Triple hop test	De OK en de GK groep laten beide een significante vermindering zien op het merendeel van de 18 VAS metingen (p<0,05). Op 4 VAS metingen gaf de GK groep betere resultaten dan de OK groep.	De functionaliteit is significant verbeterd in de OK en de GK groep (p<0,05). De semi-squat en op- en afstappen is significant in beide groepen verbeterd (p<0,05). De triple hop test is alleen in de GK groep significant verbeterd.

Witvrouw et al., 2004	5 jaar follow-up van Witvrouw et al., 2000. 49 van de 60 proefpersonen.	Advies: oefeningen thuis blijven uitvoeren. OK (n=24) GK (n=25)	18 VAS 0-100 Kujala schaal Semi-squat Op- en afstap test Triple hop test	19 proefpersonen waren pijnvrij. Op 3 VAS metingen is er een significant verschil in de OK groep t.o.v. de GK groep (p<0,05).	75% van de proefpersonen participeerde in sport (22 OK en 9 GK p<0,05). De opstap-test wordt door 92% van de OK en 80% van de GK pijnvrij uitgevoerd. De afstap-test wordt door 79% van de OK en 69% van de GK pijnvrij uitgevoerd.
Witvrouw et al., 2003	60 proefpersonen met het patellofemoraal pijnsyndroom.	OK: isometrische contractie m. quadriceps, SLR, flexie-extensie oefening en heupadductie(n=30). GK: leg press, semi-squat, hometrainer, roeimachine, op- en afstap oefeningen en sprongoefeningen (n=30)	VAS 0-100	Pijn is significant afgenomen in de OK groep (p=0,03) en de GK groep (p=0,036).	n.v.t.

OK: open keten; GK: gesloten keten; N: populatie; SLR: straight leg raise; VAS: Visual Analogue Scale.

Discussie

Onderzoekproces

In deze literatuurstudie zijn studies alleen geïnccludeerd wanneer de onderzoeksgroep uit mensen met het patellofemoraal pijnsyndroom bestaat. De exacte oorzaak van het patellofemoraal pijnsyndroom is nog niet bekend. De oorzaak is een combinatie van factoren zoals, biomechanische veranderingen, musculaire disbalans, anatomische malalignment, spierkracht vermindering en overbelasting. Deze factoren worden niet gevonden bij gezonde mensen. Bovendien wordt er in de vraagstelling onderzocht wat het effect is bij mensen met het patellofemoraal pijnsyndroom. Studies die alleen gezonde mensen onderzoeken kunnen daar geen antwoord op geven.

In het onderzoeksproces zijn geen artikelen geïnccludeerd die de anatomische malalignment onderzoeken bij het patellofemoraal pijnsyndroom, zoals sulcus sign, patella tilt en patella dislocatie. Felicio et al. (2012) hebben deze drie anatomische afwijkingen wel onderzocht en hebben dit vergeleken bij gezonde mensen en bij mensen met het patellofemoraal pijnsyndroom. Deze anatomische afwijkingen kunnen een verband hebben met pijn, alleen is dat niet vastgesteld. Aangezien er in deze literatuurstudie het effect van open en gesloten keten training op pijn en functie onderzocht werd, is dit artikel niet meegenomen. Wanneer open en gesloten keten training in een breder perspectief geplaatst worden, zou het artikel van Felicio et al. (2012) wel relevante informatie geven.

Methodologische kwaliteit

De methodologische kwaliteit van de studies is redelijk tot goed. De studies van Herrinton et al. (2006) en Witvrouw et al. (2003, 2004) hebben 7 van de 10 punten op de PEDro-schaal toegekend gekregen, wat als goed beoordeeld wordt. Bakhtiary et al. (2008), Fehr et al. (2006) en Witvrouw et al. (2000) hebben 6 van de 10 punten op de PEDro-schaal toegekend gekregen, wat ook als goed beoordeeld wordt. Sokhangooei et al. (2010) hebben 5 van de 10 punten op de PEDro-schaal toegekend gekregen, wat als redelijk wordt beoordeeld.

Onderzoeksgroep

De onderzoeken van Bakhtiary et al. (2008), Fehr et al. (2006), Herrinton et al. (2007) en Sokhangooei et al. (2010) hebben kleine onderzoeksgroepen gebruikt. Wanneer één proefpersoon in een kleine onderzoeksgroep goede resultaten laat zien, heeft dat een grotere invloed op de gemiddelde uitkomsten van die studie dan wanneer het een grote onderzoeksgroep is. In geen van alle geïnccludeerde studies is de duur van de klachten per onderzoeksgroep beschreven en op één studie na is er ook geen controle groep aanwezig. Hierdoor is het niet duidelijk of het gaat om chronische of niet-chronische klachten. Zo is er ook niet bekend of er sprake is van natuurlijk herstel of dat GK en OK oefeningen effect hebben op het herstel. Alleen in het artikel van Herrinton et al. (2007) kan natuurlijk herstel worden uitgesloten. Herrinton et al. (2007) hebben een vergelijking gemaakt tussen een controle groep, een open keten groep en een gesloten keten groep. Uit de resultaten komt naar voren dat er na de revalidatieperiode geen significant verschil aangetoond kan worden wat duidt op natuurlijk herstel. Er wordt zelfs een significante afname van functie geconstateerd in de controle groep ($p=0,03$). In tegenstelling tot de andere geïnccludeerde studies, hebben Witvrouw et al. (2000, 2003, 2004) wel de gemiddelde duur van de klachten bij het totaal aantal proefpersonen gerapporteerd (15.1 maanden (6 weken tot 28 maanden)). Alleen de reikwijdte van 6 weken tot 28 maanden is erg groot en zo kunnen er toch grote verschillen ontstaan in onderzoeksgroepen.

Effect op pijn

In alle publicaties is er een significante afname van pijn te zien in de OK groep en de GK groep. Bakhtiary et al. (2008), Herrinton et al. (2007), Sokhangooei et al. (2010) en Witvrouw et al. (2003) hebben gepubliceerd dat er geen significante verschillen in pijn zijn tussen de GK groep en de OK groep. Er wordt geadviseerd om beide oefeningen te gebruiken tijdens de revalidatie. Fehr et al. (2006) en Witvrouw et al. (2000) hebben beschreven dat de GK groep significant meer effect heeft op pijn dan de OK groep. Ondanks die gegevens wordt er toch geadviseerd om beide oefeningen te gebruiken in de behandelprotocollen. Waarschijnlijk doordat de verschillen tussen de GK groep en de OK groep erg klein zijn.

In het artikelen van Witvrouw et al. (2000) komen de revalidatie protocollen overeen met die van Witvrouw et al. (2003) en beide revalidatieperiodes hebben 5 weken geduurd. Op het eerste gezicht lijkt het zo dat Witvrouw et al. (2000) wel een significant verschil hebben aangetoond in pijn tussen de GK groep en de OK groep, maar dat Witvrouw et al. (2003) dat niet heeft aangetoond. Dit zou kunnen liggen aan het feit dat in Witvrouw et al. (2000) de VAS hebben gebruikt wordt voor 18 pijn en discomfort momenten, zoals traplopen, rennen, sporten etc. Witvrouw et al. (2003) hebben de VAS gebruikt voor de frequentie en intensiteit van de pijn. Als er gekeken wordt naar de VAS voor de frequentie en intensiteit van pijn bij Witvrouw et al. (2000), wordt het waarneembaar dat er op die onderdelen geen significant verschil wordt gevonden tussen de GK groep en de OK groep. Dus in beide artikelen is er geen significant verschil aangetoond in de intensiteit van de pijn en de frequentie van pijn.

Witvrouw et al. (2004) hebben als enige een significant verschil in pijn bij de OK groep t.o.v. de GK groep aangetoond. Het verschil in resultaat na vijf jaar kan te wijten zijn aan de significant grotere groep proefpersonen uit de OK groep die in sport participeert t.o.v. de GK ($p<0,05$). Er wordt niet gepubliceerd wat voor sporten er uitgevoerd worden of het niet niveau van sport bij de baseline. Bovendien waren de resultaten bij de 3 maanden follow-up in de GK groter dan in de OK groep. Deze resultaten zijn wel in tegenstelling met het feit dat 41% van de GK groep nog elke week de oefeningen uitvoerde bij de 5 jaar follow-up. Volgens Witvrouw et al. (2004) zijn OK oefeningen saaier dan de GK oefeningen. In de sportschool kunnen er meer en afwisselende open keten oefeningen worden uitgevoerd. Dit zou een reden kunnen zijn van de toenemende participatie binnen de sport in de OK groep.

Sokhangooei et al. (2010) hebben gepubliceerd dat er in de OK groep en de GK groep een significante afname in pijn is. De uitkomsten van deze resultaten zijn lastig te interpreteren. Dat komt doordat er niets bekend is over de samenstelling van de onderzoeksgroepen. Wel is de p-waarde erg laag ($p<0,001$), dus dat laat zien dat het verschil niet op toeval berust.

Effect op functie

Naast het gegeven dat de GK groep meer effect heeft op pijn, hebben Fehr et al. (2006) ook gepubliceerd dat de GK groep significant meer effect heeft op functie in vergelijking met de OK groep gemeten met de Kujala schaal. Dit is in tegenstelling met de overige geïncludeerde studies, zij hebben allemaal gerapporteerd dat er toename van de Kujala schaal is in de GK groep en de OK groep en dat er geen significant verschil is op de Kujala schaal tussen de GK groep en de OK groep. Witvrouw et al. (2000) hebben gepubliceerd dat de GK groep een significant verschil aan heeft getoond bij de semi-squat test, opstappen, afstappen en de triple hop test. De OK groep heeft dit ook aangetoond behalve voor de triple hop test. Witvrouw et al. (2004) hebben gepubliceerd dat opstappen in de OK groep significant is toegenomen met $p=0,01$. Deze waarde laat zien dat het niet op toeval berust, maar in 2000 voerden 22 proefpersonen opstappen uit zonder pijn en in 2004 ook. De onderzoeksgroep is van 30 naar 24 proefpersonen gegaan. Dus is het percentage wat de oefening pijnvrij kan uitvoeren omhoog gegaan. Witvrouw et al. (2004) hebben een significant verschil in sport participatie in de OK groep t.o.v. de GK groep ($p<0,05$) aangetoond. Dat zou ook een reden zijn waarom de functionele oefeningen na 5 jaar beter worden uitgevoerd door de OK groep dan door de GK groep. Aan de andere kant is het onmogelijk of de toename in sport een gevolg of een oorzaak is van de verbeterde functionaliteit.

Overig

In het artikel van Herrinton et al. (2007) worden er alleen p-waarden beschreven. De uitkomst waardes zijn net zo belangrijk. Zo kan je de beginwaardes met de eindwaardes vergelijken en is het ook duidelijk wat voor niveau de onderzoeksgroep had voor de revalidatie. Die waardes zijn dan ook vergelijkbaar met onderzoeksgroepen uit andere studies.

In het artikel van Bakhtiary et al. (2008) worden de uitkomsten van de twee weken follow-up niet duidelijk beschreven. In het artikel staat dat de uitkomsten onveranderd zijn. Dat zou kunnen duiden op het feit dat de verschillen erg klein zijn en dus verwaarloosbaar. De follow-up is niet adequaat gekozen. De reden voor de twee weken follow-up wordt niet nader uitgelegd in het artikel.

De kleine significant verschillen die gevonden zijn tussen beide groepen zijn waarschijnlijk zo klein dat het niet klinisch relevant is. Dit zou de reden kunnen zijn dat daarom OK training en GK training beide geadviseerd worden door de verscheidene auteurs.

Aanbevelingen

OK oefeningen en GK oefeningen kunnen beide gebruikt worden in de revalidatie van het patellofemoraal pijnsyndroom (Herrinton et al., 2007; Witvrouw et al., 2000; 2003; 2004).

Verder onderzoek moet er komen naar de oorzaak van het patellofemoraal syndroom, zodat er preventief behandeld kan worden. Het patellofemoraal pijnsyndroom komt veel voor en er is vaak een lange periode van klachten. Patiënten zullen gebaat zijn bij een preventieve behandeling of een behandeling die goed aansluit bij de klachten.

Er moeten meerdere studies komen die de korte termijn effecten onderzoeken tussen OK en GK oefeningen, met een controle groep erbij.

Er moeten meerdere studie komen die de lange termijn effecten onderzoeken tussen OK en GK oefeningen. Witvrouw et al. (2004) hebben de lange termijn effecten gepubliceerd, maar er is een significant verschil gezien tussen sportparticipatie in de OK groep t.o.v. de GK groep. Dit kan leiden tot een vertekend beeld, omdat de sportprestaties invloed hebben op de metingen die in de studie van Witvrouw et al. (2004) gedaan zijn.

Bij volgende studies dienen de onderzoeksgroepen groter te zijn.

Er moet verder onderzoek komen die een combinatie van open keten en gesloten keten training vergelijken met open keten training en/of een gesloten keten training.

Conclusie

Welke behandeling is effectiever, gericht op pijn en functionaliteit bij het patellofemoraal pijnsyndroom, gesloten keten training of open keten training?

De wetenschap is niet eenduidig of gesloten keten training of open keten training effectiever is in de behandeling van het patellofemoraal pijnsyndroom.

Op basis van de gevonden literatuur kan er geconcludeerd worden dat gesloten keten training en open keten training beide effectief zijn in de behandeling van het patellofemoraal pijnsyndroom. Beide trainingsvormen laten een afname in pijn zien en een toename in functie van de knie. Gesloten keten training lijkt op korte termijn betere resultaten te geven dan open keten training. Naar de lange termijn effecten moet verder onderzoek komen.

Literatuurlijst

1. Bakhtiary A.H., & Fatemi E. (2008, Februari). Open versus closed kinetic chain exercises for patellar chondromalacia. *British Journal of Sports Medicine*, 42(2), 99-102. doi:10.1136 /bjsm.2007.038109
2. Fagan V., & Delahunt E. (2008, Oktober). Patellofemoral pain syndrome: a review on the associated neuromuscular deficits and current treatment options. *British Journal of Sports Medicine*, 42(10), 789-795. doi:10.1136/bjsm.2008.046623
3. Fehr G.L., Cliquet Junior A., Cacho E.W.A., & de Miranda J.B. (2006, Maart-April). Effectiveness of the open and closed kinetic chain exercises in the treatment of the patellofemoral pain syndrome. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 12(2), 56-60. doi:10.1590/S1517-86922006000200002
4. Felicio L.R., Saad M.C., Liporaci R.F., do Prado Baffa A., Dos Santos A.C., & Bevilaqua-Grossi D. (2012, Juli). Correlation between trochlear groove depth and patellar position during open and closed kinetic chain exercises in subjects with anterior knee pain. *Journal of Applied Biomechanics*, 28(3), 335-342. Geraadpleegd op <http://journals.humankinetics.com/jab>
5. Harrison A.D. (2006, Maart). An evidence-based approach for patients with patellofemoral pain syndrome. *Athletic Therapy Today*, 11(2), 6-9. Geraadpleegd op <http://journals.humankinetics.com/ijatt?virtual=1>
6. Herrinton L., & Al-Sherhi A. (2007, April). A controlled trial of weight-bearing versus non-weight-bearing exercises for patellofemoral pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 37(4), 155-160. doi:10.2519/jospt.2007.2433
7. Irish S.E., Millward A.J., Wride J., Haas B.M., & Shum G.L. (2010, Mei). The effect of closed-kinetic chain exercises and open-kinetic chain exercise on the muscle activity of vastus medialis oblique and vastus lateralis. *Journal of Strength and Condition Research*, 24(5), 1256-1262. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181cf749f
8. Kushio D., Rheume J., Kopchitz K., Glass S., Alderink G., & Jinn J.H. (2012). EMG activation of the vastus medialis oblique and vastus lateralis during four rehabilitative exercises. *The Open Rehabilitation Journal*, 5, 1-7. doi:10.2174/1874943701205010001
9. O'Sullivan S.P., & Popelas C.A. (2005, Mei). Activation of vastus medialis obliquus among individuals with patellofemoral pain syndrome. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 302-304. doi:10.1519/00124278-200505000-00011
10. Sokhangooei Y., Anbarian M., Khanlari Z., & Rahimi A. (2010, oktober). The effect of open and closed kinetic chain exercises on patellofemoral syndrome patients. *World Journal of Sport Sciences*, 3(1), 7-10. Geraadpleegd op [http://www.idosi.org/wjss/3\(1\)10/2.pdf](http://www.idosi.org/wjss/3(1)10/2.pdf)
11. Stensdotter A.K., Hodges P.W., Mellor R., Sundelin G., & Häger-Ross C. (2003, Juli) Quadriceps activation in closed and in open kinetic chain exercise. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 35 (12), 2043-2047. doi: 10.1249/01.MSS.0000099107.03704.AE
12. Stensdotter A.K., Hodges P.W., Ohberg F., & Häger-Ross C. (2007, Mei). Quadriceps EMG in open and closed kinetic chain tasks in women with patellofemoral pain. *Journal of Motor Behavior*, 39(3), 194-202. doi:10.3200/JMBR.39.3.194-202
13. Tang S.F., Chen C.K., Hsu R., Chou S.W., Hong W.H., & Lew H.L. (2001, Oktober). 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(10), 1441-1445. doi:10.1053 /apmr.2001.26252
14. Witvrouw E., Lysens R., Bellemans J., Peers K., & Vanderstraeten G. (2000). Open versus closed kinetic chain exercises for patellofemoral pain a prospective, randomized study. *The American Journal of Sports Medicine* 28(5), 687-694. Geraadpleegd op: <http://ajs.sagepub.com/www.dbproxy.hu.nl/content/28/5/687.full.pdf+html>

15. Witvrouw E., Cambier D., Danneels L., Bellemans J., Werner S., Almqvist F., & Verdonk R. (2003, Augustus). The effect of exercise regimens on reflex response time of the vasti muscles in patients with anterior knee pain: A prospective randomized intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine*, 13(4), 251-258. doi: 10.1034/j.1600-0838.2003.00311.x
16. Witvrouw E., Danneels L., Van Tiggelen D., Willems T.M., & Cambier D. (2004, Juli-Augustus). Open versus closed kinetic chain exercises in patellofemoral pain: A 5-year prospective randomized study. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(5), 1122-1130. doi: 10.1177/0363546503262187
17. <http://www.meetinstrumentenzorg.nl> (12 april 2013)