

De invloed van training van heupmusculatuur op patellofemorale klachten

Een systematic review

Samenvatting

Aanleiding: Recent wordt er meer onderzoek gedaan naar de invloed van de heupmusculatuur op het patellofemorale pijnsyndroom. Mogelijk zou training van de abductoren en exorotatoren een positieve invloed kunnen hebben op deze klacht, maar het is nog niet duidelijk of toevoeging van deze training aan de standaardtraining, gericht op de knie, ook daadwerkelijk effect heeft. **Probleemstelling:** Levert het trainen van de heupmusculatuur bovenop quadricepstraining een pijnreducerend effect en een verbeterde subjectieve en objectieve neuromusculaire controle op bij patiënten met patellofemorale klachten? **Methode:** zes artikelen zijn geïnccludeerd, waarin het effect van training van de heupmusculatuur wordt onderzocht. De artikelen waren van redelijke tot goede methodologische kwaliteit en bevatten allemaal een uitkomstmaat in pijn en subjectieve of objectieve neuromusculaire controle. **Resultaten:** Er treedt in alle onderzoeken pijnreductie op bij de interventiegroep. De toename van kracht van de abductoren en exorotatoren is tegenstrijdig en in slechts één artikel significant. Alle interventiegroepen verbeterde subjectief in functie op de vragenlijsten. **Conclusie:** Training van de heupmusculatuur levert een pijnreducerend effect en een verbeterde subjectieve neuromusculaire controle op bij patiënten met patellofemorale klachten. Toename van de objectieve neuromusculaire controle is niet bewezen en tegenstrijdig.

Trefwoorden: patellofemoraal pijnsyndroom, heupmusculatuur, training, systematic review

Abstract

Background: Recently, more research is done regarding the influence of hip musculature on the patellofemoral pain syndrome. Training of the abductors and exorotators may have an positive effect on the symptoms, but results are unclear if adding this training to the standard training of the knee musculature has a positive effect. **Question:** Does training of the hip musculature in combination with the quadriceps cause less pain and a better subjective and objective neuromuscular control in patient with patellofemoral pain? **Methods:** six articles are included in which the effects of training of hip musculature is investigated. The articles are of moderate to good methodological quality and all contain an outcome measure in pain and subjective or objective neuromuscular control. **Results:** All articles show a pain reduction in the intervention group. An increase of strength of the abductors and exorotators is contradictory and in only one case significant. All intervention groups show an improvement in subjective function through the questionnaires. **Conclusion:** Training of the hip musculature brings pain reduction and a better subjective neuromuscular control in patients with patellofemoral pain. Results on the improvement of the objective neuromuscular controle are inconclusive and contradictory.

Key words: patellofemoral pain syndrome, hip musculature, training, systematic review

Inleiding

Patellofemorale klachten komen veel voor. Verschillende auteurs (Crossley, Bennell, Green, Cowan & McConnell, 2002; Dutton, Khadavi & Fredericson, 2014) noteren een hoge incidentie, verschillend van 7% onder actieve jongvolwassenen tot 25% van de gestelde diagnoses van de knieën die gezien worden in de sportmedische praktijk.

Het patellofemorale pijnsyndroom wordt gezien als zelflimiterend, wat wil zeggen dat de pijnklachten niet chronisch zijn, maar over gaan met of zonder therapie. Dit is helaas niet in alle gevallen van toepassing: er zijn casussen bekend waarbij de patiënt na jaren van therapie enkel klachtentoeename ervoer (Sanchis-Alfonso, 2011). De etiologie van het patellofemorale pijnsyndroom is tot op heden nog niet volledig bekend en lijkt afhankelijk te zijn van verschillende factoren (Merchant, 2003). Voorbeelden van meespelende factoren kunnen zijn: zwakte van de quadriceps, verminderde flexibiliteit van de quadriceps, hamstrings, tractus iliotibialis of gastrocnemius, overpronatie van de voet en overbelasting van het patellofemorale gewricht (Dutton et al., 2014).

De hypothese is dat patellofemorale klachten ontstaan door een verhoogde belasting op het patellofemorale gewricht, waarna slijtage van het kraakbeen ontstaat, wat pijnklachten veroorzaakt. Deze verhoogde belasting kan onder andere komen door een malalignement van de patella, oftewel een verkeerde sporing van de patella in de trochlea femoris (Sanchis-Alfonso, Rosello-Sastre & Martinez-Sanjuan, 1999; Fulkerson & Shea, 1990). Gestoeld op deze hypothese zijn de huidige interventies gericht op deze malalignment; door middel van tape, versterking van de m. vastus medialis obliquus, stretchen van omliggende spieren en mobilisaties van de patella en weke delen rondom de patella wordt gepoogd deze sporing beter te laten verlopen (Fredericson & Powers, 2002; Shelton, 2002).

Een overzicht van huidige interventies van Dutton et al. (2014) en een review van Crossley et al. (2002) laten zien dat training van de quadriceps, waarbij een combinatie van open en gesloten keten oefeningen gebruikt wordt, eventueel aangevuld met het tapen of mobiliseren van de patella, effectief is in pijnvermindering bij patiënten met patellofemorale klachten.

Recentere literatuur wijst op het belang van andere structuren in de keten rondom de knie. Zo wijzen Dutton et al. (2014) ook zwakte van de heupspieren, met name van de abductoren en exorotatoren, aan als mogelijk bijdragende factor.

De relatie tussen de klachten en de heupspieren kan gevonden worden in de rotatie van het femur. Het heupgewricht geeft mobiliteit aan het femur en is afhankelijk van musculatuur voor stabiliteit (Powers, 2003). Tijdens belaste bewegingen kan het femur endoroteren, zonder dat de patella mee roteert, omdat de patella vastligt in de quadricepspees. De juiste sporing van de patella kan daarmee in het geding komen, zeker als de quadriceps op het moment van endorotatie aangespannen zijn. Deze invloeden zijn het grootst bij 10° flexie of minder (Powers, Ward, Fredericson, Guillet & Shellock, 2003).

Er is recent veel onderzoek gedaan naar mogelijk aanwezige zwakte in de heupspieren bij patiënten met patellofemorale klachten. Zo hebben Lankorst, Bierma-Zeinstra & Middelkoop (2012) gesteld dat de kracht van de heupabductoren en -exorotatoren bij patiënten met het patellofemorale pijnsyndroom minder is dan bij gezonde proefpersonen. Ook Magalhaes et al. (2010) vinden een statistisch significant verminderde kracht van de heupabductoren bij deze patiëntencategorie. Een review van Prins & van der Wurff (2009) stelt dat de kracht van de heupabductoren, extensoren en exorotatoren verminderd is bij proefpersonen met patellofemorale klachten in vergelijking met gezonde proefpersonen.

Daarnaast verschijnen er onderzoeken waarin de toegevoegde waarde van training van de heupmusculatuur bovenop de eerder genoemde interventies wordt onderzocht. Echter, al deze onderzoeken maken gebruik van verschillende protocollen en verschillende uitkomstmaten.

Om een uitspraak te kunnen doen over de toevoegende waarde is daarom in deze review zowel subjectieve als objectieve neuromusculaire controle, alsmede pijnreductie beoordeeld. Met de volgende onderzoeksvraag wordt gepoogd een klinisch relevante uitspraak te doen over de waarde van het toevoegen van training voor de heupmusculatuur bovenop standaard interventies voor het patellofemorale pijnsyndroom:

Lever het trainen van de heupmusculatuur bovenop quadricepstraining een pijnreducerend effect en een verbeterde subjectieve en objectieve neuromusculaire controle op bij patiënten met patellofemorale klachten?

Methode

Om recente literatuur te vinden voor deze review is gezocht in de volgende databanken: Pubmed, PEDro, Cinahl, ScienceDirect en Picarta. De gebruikte zoektermen zijn te vinden in bijlage 1. Er is een filter ingesteld voor een publicatiedatum van 2004 of later, alsmede voor enkel studies uitgevoerd op mensen. Artikelen geschreven in een andere taal dan Engels of Nederlands werden geëxcludeerd.

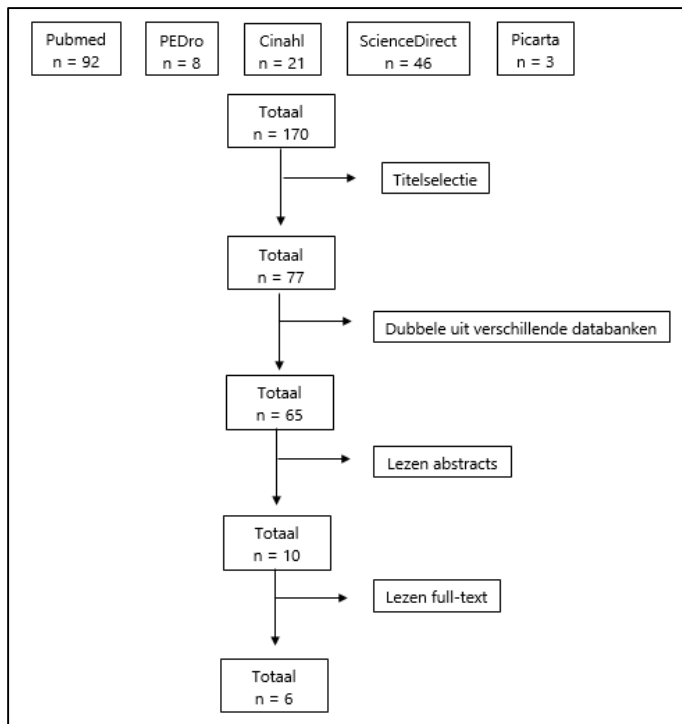
Artikelen werden geselecteerd als de titel impliceerde dat het een onderzoek betrof naar de effecten van therapie, waarbij de proefpersonen patellofemorale klachten ervaren en minstens één van de interventiegroepen therapie kreeg gericht op de heupmusculatuur. Vervolgens werd aan de hand van de abstracts van de geselecteerde artikelen gescreend op bovenstaande punten. Case series werden er in deze fase uitgefilterd. Tenslotte is van de overgebleven studies het volledige artikel gelezen en aan de hand van dezelfde criteria gekeken of de studie aansloot bij de onderzoeksvraag.

In totaal zijn bij de gebruikte zoektermen 170 artikelen gevonden in de databanken. Na titelselectie waren er nog 77 artikelen over, waarvan de overeenkomstige uit de verschillende databanken verwijderd zijn. De abstracts van de 65 overgebleven artikelen zijn gelezen. Een flowchart van het volledige zoekproces is weergegeven in afbeelding 1.

Methodologische kwaliteit

De methodologische kwaliteit van de gebruikte artikelen is bepaald aan de hand van de PEDro score (tabel 1). Een methodologische kwaliteit van 4-5/10 op de PEDro schaal wordt gezien als 'redelijke kwaliteit' en van 6-8/10 als 'goede kwaliteit' van het artikel.

2 geïnccludeerde artikelen zijn van redelijke kwaliteit en de overige 4 van goede kwaliteit.



(Afbeelding 1. Flowchart zoekstrategie)

Resultaten

Van de 65 gelezen abstracts bleven er na lezen 10 mogelijk geschikte artikelen over. Na het lezen van het volledige artikel zijn er 6 artikelen geselecteerd, namelijk Ferber et al. (2011); Fukuda et al. (2010); Nakagawa et al. (2008); Ismail et al. (2013); Song et al. (2009) en Razeghi et al. (2010).

Deelnemers

1 artikel (Fukuda et al., 2010) heeft alleen vrouwelijke deelnemers. Aan alle andere onderzoeken namen zowel vrouwen als mannen mee. Eén onderzoek (Razeghi et al., 2010) meldt het geslacht van de deelnemers niet. De populatie verschilt van 14 (Nakagawa et al., 2008) tot 89 (Song et al., 2009) proefpersonen. De gemiddelde leeftijd van de deelnemers ligt tussen 21,0 jaar (SD 3,0) (Ismail et al., 2013) en 40,9 jaar (SD 10,2) (Song et al., 2009). Uitgebreide demografische gegevens zijn te vinden in bijlage 1.

PEDro-criteria	1	2	3	4	5	6
In-/exclusiecriteria	+	+	-	+	+	+
Random toewijzing	-	+	+	+	+	+
Blinderingsprocedure randomisatie	-	+	+	+	+	-
Prognostische factoren	-	+	+	+	+	-
Blinding patiënten	-	-	-	-	-	-
Blinding therapeuten	-	-	-	-	-	-
Blinding therapeuten voor min. 1 uitkomstmaat	-	+	+	+	+	-
Adequate follow-up	+	+	+	+	+	+
Gevolgde therapie / intention-to-treat	+	-	+	+	+	-
Rapportage statistische vergelijkbaarheid	+	+	-	+	+	+
Puntschatting en spreidingsmaten gepresenteerd	+	+	+	+	+	+
Totaal	4/10	7/10	7/10	8/10	8/10	4/10

(1. Ferber et al. (2011); 2. Fukuda et al. (2010); 3. Nakagawa et al. (2008); 4. Ismail et al. (2013); 5. Song et al. (2009); 6. Razeghi et al. (2010)) NB: de beschrijving van de in- en exclusiecriteria weegt niet mee in de totaalscore.

(Tabel 1. Methodologische kwaliteit geïncludeerde artikelen)

Protocollen

Alle onderzoeken hebben minstens twee groepen, enkele vergelijken twee interventies met een controlegroep zonder interventie en hebben daardoor drie groepen. Ferber et al. (2011) vergelijken een groep met alleen heupabductie oefeningen met een controlegroep zonder interventie. Fukuda et al. (2011) hebben de proefpersonen ingedeeld in 3 groepen, waarbij de eerste groep een oefenprotocol volgt gericht op de kniemusculatuur, de tweede groep hetzelfde protocol volgt en daarnaast nog extra krachtoefeningen voor de abductoren en exorotatoren doet en de derde groep geen therapie volgt en geïnstrueerd wordt hun normale dagelijkse bezigheden te continueren.

Nakagawa et al. (2008) vergelijken twee interventies met elkaar: een protocol gericht op de kniemusculatuur en eenzelfde protocol met abductie- en exorotatieoefeningen eraan toegevoegd. Ismail et al. (2013) hebben ook hun proefpersonen in twee groepen ingedeeld, waarbij de interventiegroep een groep was die enkel closed kinetic chain (CKC) oefeningen kreeg en de controlegroep een groep die, naast deze CKC oefeningen, ook oefeningen kreeg gericht op de heupabductie en –exorotatie. Song et al. (2009) onderzoeken één enkele oefening, namelijk de leg press. De populatie wordt verdeeld over drie groepen, waarvan de eerste de normale leg press uitvoert, de tweede groep deze combineert met heupadductie tijdens de leg press en de derde groep ontvangt geen therapie, maar krijgt informatie over het patellofemorale pijnsyndroom. Razeghi et al. (2010) tussentijdse delen de proefpersonen in in twee groepen: een groep ontvangt therapie gericht op de kniemusculatuur en een groep, naast deze therapie, ook therapie gericht op versterking van alle heupmusculatuur. De volledige protocollen zijn weergegeven in bijlage 2.

Pijnmeting

Alle onderzoeken meten pijn aan de hand van de VAS, met uitzondering van Fukuda et al. (2010), welke de NPRS gebruikt hebben. Beide meetinstrumenten zijn valide voor gebruik bij patiënten met patellofemorale klachten (Crossley, Bennell, Cowan & Green, 2004; Cunha, da et al., 2013). 2 studies meten de gemiddelde pijn in de afgelopen week (Nakagawa et al., 2008; Ismail et al., 2013), 2 de ergste pijn (Nakagawa et al., 2008; Song et al., 2009) en 3 studies de pijn tijdens het uitvoeren van een (specifiek genoemde) activiteit, zoals rennen, traplopen of squatten (Ferber et al., 2011; Fukuda et al., 2010; Nakagawa et al., 2008). Razeghi et al. (2010) noteren niet welke precieze instructies de patiënten gekregen hebben bij het geven van de VAS-score aan hun ervaren pijn. Alle onderzoeken hebben als resultaat dat de ervaren pijn na de gegeven interventie significant verminderd is in de groep met heup- en knieoefeningen. Bij de gemiddelde ervaren pijn was dit verschillend van 2,4 punten (Fukuda et al., 2010) tot 3,3 punten (Ismail et al., 2013; Razeghi et al., 2010). In percentages is dit een pijnreductie van 43,1% (Ferber et al., 2011) tot wel 71,7% (Nakagawa et al., 2008). Bij de meest hevig ervaren pijn is dit 2,2 punten (Song et al., 2009) tot 3,6 punten (Nakagawa et al., 2008). 3 onderzoeken vergelijken een programma van knie- en heuptraining met een programma met alleen knietraining (Fukuda et al., 2010; Nakagawa et al., 2008; Razeghi et al., 2010). Bij deze laatste groep zien we geen significante verbetering in de VAS-score, alleen bij de meest hevig ervaren pijn een verbetering van 2,1 punt (Nakagawa et al., 2008). Ismail et al. (2013) vinden ook in de groep met alleen CKC oefeningen een significante pijnreductie, namelijk 2,2 punten (48,9%). Bij Song et al. (2009) ervaren beide groepen pijnreductie; de groep met alleen de leg press 2,6 punten (53,4%) en de groep met heupadductie 2,2 punten (45,4%). Dit verschil is niet significant ($p > 0,05$).

Krachtmeting

De kracht van de heupspieren valt onder objectieve neuromusculaire controle.

5 onderzoeken meten de kracht van de heup- en/of kniespieren voor en na de interventie.

Abductoren en exorotatoren

Voor de abductiekracht zijn tegengestelde resultaten gevonden. Ferber et al. (2011) vergelijken heuptraining met geen interventie en in de interventiegroep stijgt de abductiekracht met 4,2% van het lichaamsgewicht (32,7% stijging ($p = 0,04$) vergeleken met de baselinemeting). Nakagawa et al. (2008) vinden in zowel de knie- als de heup en kniegroep geen significante verbeteringen ($p > 0,05$). Ook Ismail et al. (2013) vinden geen significante verbeteringen in de heupmusculatuur ($p > 0,05$) bij zowel de CKC als de CKC met heupkrachtgroep, zowel concentrisch als excentrisch gemeten.

Razeghi et al. (2010) hebben de verbeteringen in kracht uitgezet tegen het aantal succesvolle of niet succesvolle behandelingen. Behandel succes wordt gedefinieerd als $\geq 1,5$ punt pijnvermindering op de VAS van 10 punten. Er zijn significant meer behandel successen in de interventiegroep (66,7%) dan in de controlegroep (33,3%, $p < 0,05$). Zowel de kracht van de heupabductoren (34,8% bij succesvol, 9,9% bij onsuccesvol, $p < 0,05$) als de exorotatoren (24,2% bij succesvol, 3,3% bij onsuccesvol, $p < 0,05$) bij de succesvolle behandelingen stijgt significant meer dan bij de onsuccesvolle groep ($p < 0,05$). Echter, ook voor de exorotatiekracht zijn tegengestelde resultaten gevonden: de andere onderzoeken die dit maten, vonden namelijk geen significante verbeteringen (Nakagawa et al., 2008; Ismail et al., 2013).

Quadriceps

Nakagawa et al. (2008) vinden dat de excentrische quadricepskracht significant verbeterde voor beide groepen: 20,4% (54 Nm/kg, $p=0,02$) bij de interventiegroep (knie- en heuptraining) en 6,5% (18,3 Nm/kg, $p=0,04$) bij de controlegroep (alleen knietraining). Song et al. (2009) vinden bij de groep met enkel leg press een verbetering in dwarsdoorsnede van de m. vastus medialis obliquus (VMO) van 18,9% ($0,7 \text{ cm}^2$) en een volumestijging van 31,7% ($1,1 \text{ cm}^3$), beide $p<0,005$. Bij de groep met leg press in combinatie met heupadductie stijgt de dwarsdoorsnede met 15,5% ($0,6 \text{ cm}^2$, $p=0,004$) en het volume met 35,5% ($1,1 \text{ cm}^2$, $p<0,005$). Geen significante verbeteringen zijn zichtbaar bij de controlegroep zonder therapie. Er zijn geen significante verschillen gevonden tussen beide interventiegroepen. Ook Razeghi et al. (2010) vindt geen significante veranderingen in de quadricepskracht bij de interventiegroep.

Overige heupmusculatuur

Razeghi et al. (2010) hebben ook overige heupmusculatuur gemeten. De kracht van de heupflexoren (33,0% bij succesvol, 4,3% bij onsuccesvol, $p<0,05$) bij de succesvolle behandelingen stijgt significant meer dan bij de onsuccesvolle groep ($p<0,05$). Deze relatie is niet zichtbaar bij de heupextensoren, adductoren en endorotatoren ($p>0,05$).

Performancetesten

2 onderzoeken doen een performancetest. Fukuda et al. (2010) voeren een single-leg hop test uit, waarin het aantal centimeters dat gesprongen kan worden met één lengtesprong op één been gemeten wordt. Deze afstand is significant verbeterd in beide interventiegroepen ($p<0,05$), 12,0% verbetering (10,4 cm) voor de kniegroep en 17,1% (15,7 cm) voor de knie- en heupgroep. In de controlegroep zijn geen significante verbeteringen gemeten ($p>0,05$). Ferber et al. (2011) meten de valgushoek van de knie tijdens het lopen op een loopband met een snelheid van 9,2 km/h. Deze hoek is bij de interventiegroep na heupkrachttraining verminderd met $0,6^\circ$, wat geen significant verschil is.

Vragenlijsten

Om de subjectief ervaren neuromusculaire controle te beoordelen, hebben enkele onderzoeken gebruik gemaakt van vragenlijsten. Fukuda et al. (2010) en Ismail et al. (2013) maken beiden gebruik van de AKPS. De MCID van de AKPS is gesteld op 10 (Crossley et al., 2004; Bennell, Bartam, Crossley & Green, 2000). Zowel de knie- als de knie en heupgroep bij Fukuda et al. (2010) halen deze MCID: 10,2 punten voor de kniegroep en 15 punten voor de knie- en heupgroep. Het verschil tussen deze groepen is niet significant ($p>0,05$). De controlegroep stijgt met 0,7 punten. Bij Ismail et al. (2013) vertonen ook beide groepen significante verbeteringen op de AKPS: 8,6 punten voor de CKC groep en 13,6 punten voor de CKC met heupkracht groep. Dit is wel een significant verschil tussen beide groepen ($p<0,05$).

Daarnaast laten Fukuda et al. (2010) de deelnemers ook de LEFS invullen, waarvan de MCID gesteld is op 9 (Binkley, Stratford, Lott & Riddle, 1999). Beide interventiegroepen zijn significant gestegen: de kniegroep verbetert met 10 punten (18,0%, $p<0,05$) en de knie- en heupgroep met 16,6 punten (33,8%, $p<0,01$).

Tenslotte maken Song et al. (2009) gebruik van de Lysholmscore (MCID: 10,1 (Briggs, Kosher, Rodkey & Steadman, 2006)) om de subjectieve functie van de knie te bepalen. Hier wordt voor zowel de leg pressgroep als de leg press met heupadductiegroep significant beter gescoord na de interventie, resp. 10,8 punten (14,3%) en 10,9 punten (14,6%), beide $p < 0,005$. In de controlegroep worden geen veranderingen waargenomen ($p = 0,71$).

Alle resultaten zijn weergegeven in bijlage 3.

Discussie

Onderzocht werd of training van de heupmusculatuur invloed had op de pijn en neuromusculaire controle van patiënten met patellofemorale klachten. In alle onderzoeken komt naar voren dat de pijn significant gereduceerd is bij de groep die de heupmusculatuur trainde, waar de groep die enkel die het huidige therapieprotocol, lokaal gericht op de knie, gebruikte maar in één onderzoek ook pijnreductie ervoer (Nakagawa et al., 2008).

Gesteld werd dat verminderde abductie- en exorotatiekracht bij zou kunnen dragen aan patellofemorale klachten (Dutton et al., 2014). Opvallend is dat deze kracht niet in alle gevallen verbetert, waar er wel pijnreductie optreedt. De abductiekracht is in één onderzoek significant verbeterd (Ferber et al., 2011), maar in twee andere niet (Nakagawa et al., 2013; Ismail et al., 2013). De exorotatiekracht is in geen enkel onderzoek verbeterd. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat andere spieren rondom de heup geprofiteerd hebben van de training en verantwoordelijk zijn voor de pijnreductie (Tyler, Nicholas, Mullaney & McHugh, 2006). Dit is echter niet terug te vinden in het onderzoek van Razeghi et al. (2010), waar de relatie tussen pijnreductie en spierkrachttoename alleen bestaat bij de abductoren, exorotatoren en flexoren.

Een mogelijke andere verklaring voor dit resultaat is dat de pijnreductie ontstaan kan zijn door een verbeterde krachthuoudingsvermogen, waar alle onderzoeken de maximale isometrische kracht meten (Prins & Wurff, van der, 2009). Tenslotte is er in de onderzoeken minimaal 3 en maximaal 8 weken getraind. Patten, Kamen & Rowland (2001) stellen dat tot 6 weken trainen krachtstoename niet te danken is aan hypertrofie of aanpassingen in de spiervezels, maar aan een verbeterde neuromusculaire activatie van de betrokken spieren. Mogelijk is dus een langere tijd training nodig om aanpassingen in de spiervezels zelf te bewerkstelligen, waarna beide effecten in de spieren hun vruchten afwerpen en het resultaat vergroot zou kunnen zijn – en dus beter meetbaar.

Gezien de resultaten van de gebruikte vragenlijsten, is de subjectieve neuromusculaire controle verbeterd na interventie. In alle onderzoeken verbeterde zowel de interventiegroep als de groep die enkel het knieprotocol volgde significant op de gebruikte vragenlijsten (Fukuda et al., 2010; Ismail et al., 2013; Song et al., 2009). Dit verschil was bij Ismail et al. (2013) significant en bij Fukuda et al. (2010) niet significant. De controlegroepen zonder therapie vertonen geen verbeteringen. Dit resultaat kan enigszins gekleurd zijn, aangezien ook patiënten niet te blinderen zijn voor het wel of niet ontvangen van therapie. Mogelijk heeft dit bijgedragen aan het grote verschil tussen de controle- en therapiegroepen.

Ook de lokale interventies, gericht op de kniemusculatuur, hebben een pijnreducerend effect (Crossley, Bennell, Green, Cowan & McConnell, 2002). De geïncludeerde onderzoeken zijn allen vrij recent. Een onderzoek met een langere follow-up zal dus uit moeten wijzen of de patiënten ook op langere termijn voordeel hebben aan het trainen van de heupmusculatuur.

Waar wel naar gekeken is, maar weinig aandacht aan werd besteed in de verschillende onderzoeken, zijn enkele aspecten van de kwaliteit van bewegen. Hieronder kunnen bijvoorbeeld de valgushoek in de knie en pieken van heupadductie tijdens het lopen geschaard worden. Dit kan van grote invloed zijn, omdat de meeste patellofemorale klachten tijdens activiteiten ervaren worden, gezien de in- en exclusiecriteria die alle onderzoeken baseerden op Boling, Bolgla, Mattacola, Uhl & Hosey (2006). De uitkomstmaten van de onderzoeken waren echter voornamelijk in rust. Ferber et al. (2011) hebben wel gekeken naar de valgushoek van de knie tijdens het lopen op de loopband, maar vonden hier geen significante verbeteringen na het volgen van therapie.

Willy, Scholz & Davis (2012) focussen meer op deze functionele uitkomstmaten en trainen patiënten met patellofemorale klachten aan de hand van een spiegel, waarbij de patiënten op een loopband liepen en zowel visuele (via de spiegel) als verbale feedback kregen op hun bewegen. Pieken van heupadductie verminderde en de contralaterale stabilisatie van het bekken verbeterde na 8 keer interventie en bleven verbeterd bij de follow-up na 1 en 3 maanden. Baldon, Serrao, Silva & Piva (2014) gebruiken functionele stabilisatietraining van de romp- en heupmusculatuur om de kwaliteit van bewegen te verbeteren. Na 8 weken interventie en bij de follow-up na 3 maanden hadden de patiënten uit de interventiegroep een verminderde contralaterale inclinatie van het bekken en verminderde heupadductie en knieabductie tijdens de single-leg squat. Mogelijk levert dus functionele training een positieve bijdrage aan deze kwaliteit van bewegen en aan de ervaren klachten bij patellofemorale pijn. Verder onderzoek op dit gebied zal nodig zijn om deze hypothese te bevestigen.

Conclusie

Er is sterk bewijs dat het trainen van de heupmusculatuur bovenop quadricepstraining een pijnreducerend effect heeft. Daarnaast levert het een verbeterde subjectieve neuromusculaire controle op. Voor verbetering van de objectieve neuromusculaire controle, uitgedrukt in vergroting van de kracht van de heupabductoren en –exorotatoren en verbetering op performancetesten is matig bewijs. Er is geen bewijs gevonden voor verbetering van de kwaliteit van bewegen, uitgedrukt in een verminderde valgushoek van de knie.

Literatuur

1. Baldon, M., Serrao, F., Silva, R., & Piva, S. (2014). Effects of Functional Stabilization Training on Pain, Function, and Lower Extremity Biomechanics in Women With Patellofemoral Pain: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 44(4), 240-249. doi: 10.2519/jospt.2014.4940
2. Bennell, K., Bartam, S., Crossley, K., & Green, S. (2000). Outcome measures in patellofemoral pain syndrome: test retest reliability and inter-relationships. *Physical Therapy in Sport*, 1(2), 32-41. doi:10.1054/ptsp.2000.0009
3. Binkley, J. M., Stratford, P. W., Lott, S. A., & Riddle, D. L. (1999). The Lower Extremity Functional Scale (LEFS): scale development, measurement properties, and clinical application. North American Orthopaedic Rehabilitation Research Network. *Physical Therapy*, 79(4), 371-383. Geraadpleegd op <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10201543>
4. Bowling, M. C., Bolgla, L. A., Mattacola, C. G., Uhl, T. L., & Hosey, R. G. (2006). Outcomes of a weight-bearing rehabilitation program for patients diagnosed with patellofemoral pain syndrome. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(11), 1428-1435. doi:10.1016/j.apmr.2006.07.264

5. Briggs, K. K., Kosher, M. S., Rodkey, W. G., & Steadman, J. R. (2006). Reliability, Validity, and Responsiveness of the Lysholm Knee Score and Tegner Activity Scale for Patients with Meniscal Injury of the Knee. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 88(4), 698-705. doi:10.2106/JBJS.E.00339
6. Crossley, K., Bennell, K., Green, S., Cowan, S., & McConnell, J. (2002). Physical Therapy for Patellofemoral Pain: A Randomized, Double-Blinded, Placebo-Controlled Trial. *The American Journal of Sports Medicine*, 30(6), 857-865. Geraadpleegd op <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12435653>
7. Crossley, K. M., Bennell, K. L., Cowan, S. M., & Green, S. (2004). Analysis of outcome measures for persons with patellofemoral pain: which are reliable and valid? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(5), 815-820. doi:10.1016/S0003-9993(03)00613-0
8. Da Cunha, R. A., Costa, L. O., Hespanhol Junior, L. C., Pires, R. S., Kajula, U. M., & Lopes, A. D. (2013). Translation, cross-cultural adaptation, and clinimetric testing of instruments used to assess patients with patellofemoral pain syndrome in the Brazilian population. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 43(5), 332-339. doi:10.2519/jospt.2013.4228
9. Dutton, R., Khadavi, M. J., & Fredericson, M. (2014). Update on Rehabilitation of Patellofemoral Pain. *Current Sports Medicine Reports*, 13(3), 172-178. doi:10.1249/JSR.0000000000000056
10. Ferber, R., Kendall, K. D., & Farr, L. (2011). Changes in Knee Biomechanics After a Hip-Abductor Strengthening Protocol for Runners With Patellofemoral Pain Syndrome. *Journal of Athletic Training*, 46(2), 142-149. doi:10.4085/1062-6050-46.2.142.
11. Fredericson, M., & Powers, C. M. (2002). Practical Management of Patellofemoral Pain. *Journal of Sport Medicine*, 12(1), 36-38. Geraadpleegd op <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11854587>
12. Fukuda, T. Y., Rossetto, F. M., Magalhaes, E., Bryk, F. F., Lucareli, P. R. G., & De Almeida Carvalho, N. A. (2010). Short-Term Effects of Hip Abductors and Lateral Rotators Strengthening in Females With Patellofemoral Pain Syndrome: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(11), 736-742. doi:10.2519/jospt.2010.3246
13. Fulkerson, J. P., & Shea, K. P. (1990). Mechanical basis for patellofemoral pain and cartilage breakdown. In J. W. Ewing (Red.), *Articular Cartilage and Knee Joint Function: Basic Science and Arthroscopy*. (pp. 93-101). New York, USA: Raven Press.
14. Ismail, M. M., Gamaleldein, M. H., & Hassa, K. A. (2013). Closed Kinetic Chain exercises with or without additional hip strengthening exercises in management of Patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled trial *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 49(5), 687-698. Geraadpleegd op <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23820880>
15. Lankhorst, N. E., Bierma - Zeinstra, S. M. A., & Van Middelkoop, M. (2012). Factors associated with patellofemoral pain syndrome: a systematical review. *British Journal of Sports Medicine*, 0, 1-16. doi:10.1136/bjsports-2011-090369
16. Magalhaes, E., Fukuda, T. Y., Sacramento, S. N., Forgas, S. N., Cohen, M., & Abdella, R. J. (2010). A comparison of hip strength between sedentary females with and without patellofemoral pain syndrome. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(10), 641-647. doi:10.2519/jospt.2010.3120
17. Merchant, A.C. (2003). *33 years in the PF joint. What have I learned?* VIII International Patellofemoral Study Groep Meeting, Naples

18. Nakagawa, T. H., Muniz, T. B., De Marche Baldon, R., Maciel, C. D., De Menezes Reiff, R. B., & Serrao, F. V. (2008). The effect of additional strengthening of hip abductor and lateral rotator muscles in patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled pilot study. *Clinical Rehabilitation*, 22(12), 1051-1060. doi:10.1177/0269215508095357
19. Patten, C., Kamen, G., & Rowland, D. M. (2001). Adaptations in maximal motor unit discharge rate to strength training in young and older adults. *Muscle Nerve*, 24(4), 542-550. doi: 10.1002/mus.1038
20. Powers, C. M., Ward, S. R., Fredericson, M., Guillet, M., & Shellock, F. G. (2003). Patellar kinematics during weight-bearing and non-weight-bearing movements in persons with patellar subluxation. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33(11), 677-685. doi:10.2519/jospt.2003.33.11.677
21. Powers, C. M. (2003). The Influence of Altered Lower-Extremity Kinematics on Patellofemoral Joint Dysfunction: A Theoretical Perspective. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33(11), 639-646. doi:10.2519/jospt.2003.33.11.639
22. Prins, M. R., & Wurff, van der, P. (2009). Females with patellofemoral pain syndrome have weak hip muscles: a systematic review. *The Australian Journal of Physiotherapy*, 55(1), 9-15.
23. Razeghi, M., Etemadi, Y., Taghizadeh, S. H., & Ghaem, H. (2010). Could Hip and Knee Muscle Strengthening Alter the Pain Intensity in Patellofemoral Pain Syndrome? *Iranian Red Crescent Medical Journal*, 12(2), 104-110. Geraadpleegd op http://ircmj.com/?page=article&article_id=54
24. Sanchis-Alfonso, V., Rosello-Sastre, E., & Martinez-Sanjuan, V. (1999). Pathogenesis of anterior knee pain syndrome and functional patellofemoral instability in the active young. *American Journal of Knee Surgery*, 12(1), 29-40.
25. Sanchis-Alfonso, V. (2011). *Anterior Knee Pain and Patellar Instability*. Londen, Engeland: Springer-Verlag.
26. Shelton, G. L. (1992). Conservative management of patellofemoral dysfunction. *Primary Care*, 19(2), 331-350. Geraadpleegd op <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1609008>
27. Song, C. Y., Lin, Y. F., Wei, T. C., Lin, D. H., Yen, T. Y., & Jan, M. H. (2009). Surplus Value of Hip Adduction in Leg-Press Exercise in Patients With Patellofemoral Pain Syndrome: A Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy*, 89(5), 409-418. doi:10.2522/ptj.20080195
28. Tyler, T. F., Nicolas, S. J., Mullaney, M. J., & McHugh, M. P. (2006). The role of hip muscle function in the treatment of patellofemoral pain syndrome. *American Journal of Sports Medicine*, 34(4), 630-636. doi:10.1177/0363546505281808
29. Willy, R. W., Scholz, J. P., & Davis, I. S. (2012). Mirror gait retraining for the treatment of patellofemoral pain in female runners. *Clinical Biomechanics*, 27(10), 1045-1051. doi:10.1016/j.clinbiomech.2012.07.011

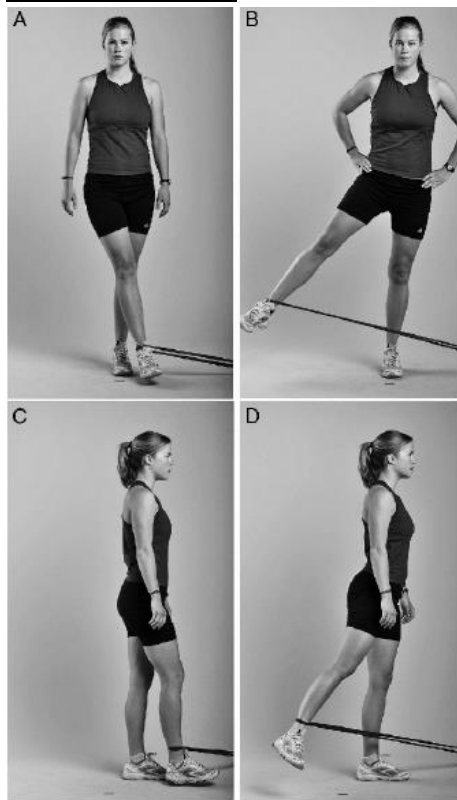
Bijlage 1: demografische gegevens geïnccludeerde artikelen

Auteur (jaartal)	Design	Populatie*	Interventie	Duur onderzoek	Uitkomstmaten
Ferber et al. (2010)	Cohort study	N = 25 Gem. leeftijd: 32,6 (SD 10,3)	1.) N = 15, krachtprogramma abductoren 2.) N = 10, geen therapie	3 weken	- VAS pijn - Maximale isometrische heupabductiekracht in % van lichaamsgewicht - Knie valgushoek in graden
Fukuda et al. (2010)	RCT	N = 70 Gem. leeftijd: 24,7 (SD 6,7)	1.) N = 22, standaard knieprotocol 2.) N = 23, standaard knieprotocol + heupabductie en exorotatie 3.) N = 25, geen therapie, normale dagelijkse activiteiten continueren	4 weken	- LEFS functiescore - AKPS functiescore - NPRS pijn - Single-leg hop test (cm)
Nakagawa et al. (2008)	Randomized Controlled Pilot Study	N = 14 Gem. leeftijd: 23,6 (SD 5,9)	1.) N = 7, standaard knieprotocol 2.) N = 7, standaard knieprotocol + transversus abdominis, abductie en exorotatie	6 weken	- VAS pijn - Moment knie-extensor, heupabductor en exorotator per kilo lichaamsgewicht (Nm/kg)
Ismail et al. (2013)	RCT	N = 32 Gem. leeftijd: 21,0 (SD 3,0)	1.) N = 16, oefenprogramma met alleen CKC oefeningen 2.) N = 16, oefenprogramma met CKC oefeningen + heupabductie en exorotatie	6 weken	- VAS pijn - Kajula functiescore - Isokinetisch moment abductoren en exorotatoren concentrisch en excentrisch, afgezet tegen BMI (Nm/kg/m ²)
Song et al. (2009)	RCT	N = 89 Gem. leeftijd: 40,9 (SD 10,2)	1.) N = 30, leg press vanaf 45° tot volledige extensie 2.) N = 29, zelfde + heupadductie tijdens leg press 3.) N = 30, geen therapie, educatie omtrent patellofemorale klachten, instructie om geen fysieke activiteiten uit te voeren.	8 weken	- VAS pijn - Lysholm functiescore - Dwarsdoorsnede VMO (cm ²) - Volume VMO (cm ³)
Razeghi et al. (2010)	RCT	N = 52 Gem. leeftijd: 22,6 (SD 2,7)	1.) N = 28, standaard knieprotocol 2.) N = 24, standaard knieprotocol + versterken alle heupspiers	4 weken	- VAS pijn - Maximale isometrische contractiekracht heupflexor, -extensor, -adductoren, -abductoren, -exorotatoren, -endorotatoren en knie-extensoren.

* in geen van de studies is een significant verschil in leeftijd/geslacht aanwezig tussen de interventie- en controlegroep

Bijlage 2: volledige oefenprotocollen

Ferber et al., 2011



Oefeningen:

1, (afbeelding A en B): de patiënt beweegt het te trainen been naar abductie, waarbij de knie gestrekt blijft
2, (afbeelding C en D): de patiënt beweegt het te trainen been naar 45° abductie en extensie, waarbij de knie gestrekt blijft en de heup stabiel.

Parameters:

Het oefenprogramma duurt 3 weken. Patiënten voeren elke dag 3x10 herhalingen uit voor beide benen. Na 7 tot 10 dagen kwamen de patiënten terug voor een controle van de uitvoering van de oefeningen. Als de setjes te makkelijk werden, werd de sterkte van de dynaband aangepast.

Materiaal:

Er wordt getraind met een dynaband van 1.52m van het merk Resist-A-Band (Donovan Industries Inc.).

Overige instructies:

De beweging duurt in totaal 4 seconden: 2 seconden de heenwaartse en 2 seconden de terugwaartse beweging. De patiënten mochten geen andere therapeutische behandeling ontvangen tijdens het onderzoek en werden aangemoedigd om door te gaan met hun normale hardloopschema. Alle patiënten waren regelmatige hardlopers.

Fukuda et al., 2010

Oefeningen:

Kniegroep

Stretchen hamstrings, kuit, quadriceps en illiotibiale band, 3x30 sec.

Iliopsoas stretchen zonder gewicht, 3x10 hh

Knie extensie in zit 90°-45°, 3x10 hh

Leg press 0°-45°, 3x10 hh

Squat 0°-45°, 3x10 hh

Alle oefeningen met gewicht werden op 70% van 1RM uitgevoerd.

Knie- en heupgroep

Zelfde protocol als hierboven beschreven

Heupabductie met dynaband, 3x10hh

Heupabductie met gewichten (in zijlig), 3x10hh

Heupexorotatie met dynaband (in zit), 3x10hh

Zijstappen met dynaband, 3x1min

De oefeningen met dynaband werden uitgevoerd op een weerstand die 10 herhalingen als maximum had, die met gewicht op 70% van 1RM, waarbij de uitvoering zonder pijn moest zijn. Dit gewicht werd elke week opnieuw bepaald.

Parameters:

4 weken lang 3 sessies per week, in totaal 12 sessies.

Overige instructies:

Er werden geen huiswerkoefeningen uitgevoerd.

Control group		Intervention group ^a	
Activity	Duration	Activity	Duration
Stretches (all exercise sessions)		Weeks 1 and 2 exercises^b	
Sitting hamstring stretch	3 repetitions/30-second hold	Transversus abdominis muscle contraction in the quadruped position	2 sets of 15 repetitions/10-second hold
Sitting patellar mobilization		Isometric combined hip abduction-lateral rotation in side-lying with the hips and knees slightly flexed elastic resistance	2 sets of 15 repetitions/10-second hold
Standing quadriceps stretch		Side-lying isometric hip abduction with extended knee	2 sets of 15 repetitions/10-second hold
Standing calf stretch		Isometric combined hip abduction-lateral rotation in the quadruped position	2 sets of 15 repetitions/10-second hold
Standing iliotibial band stretch		Weeks 3 and 4 exercises^b	
Weeks 1 and 2 exercises		Pelvic drop exercise on a 20-cm step	2 sets of 15 repetitions/10-second hold
Isometric quadriceps contractions while sitting with 90° of knee flexion	2 sets of 10 repetitions/10-second hold	Upper extremity extension of the contralateral arm with elastic resistance performed in a single-leg stance	3 sets of 10 repetitions
Straight-leg raise in supine position	3 sets of 10 repetitions	Rotation of the body in the direction of the contralateral side, holding an elastic resistance with the ipsilateral arm while maintaining the lower extremity static	2 sets of 15 repetitions/10-second hold
Mini squats to 40° of knee flexion	4 sets of 10 repetitions	Weeks 5 and 6 exercises, as for weeks 3 and 4b	
Weeks 3 and 4 exercises		Additional elastic resistance around the affected leg in the forward lunges to encourage lateral rotation and abduction of the hip	
Wall slides (0–60° of knee flexion)	3 sets of 10 repetitions		
Steps-up and steps-down from a 20-cm step	3 sets of 5 repetitions		
Forward lunges (0–45° of knee flexion)	3 sets of 10 repetitions		
Weeks 5 and 6 exercises, as for weeks 3 and 4 plus:			
Balance exercises: unilateral stance on the floor and on an air-filled disc, with opened and closed eyes	3 sets of 30-second hold each exercise		
Progressive walking or running programme			

^aThe patients were asked to maintain the transversus abdominis muscle contraction and alignment of the pelvis during all the exercises.

^bIn addition to the control group exercises.

Oefeningen:

Zie tabel (Nakagawa et al., 2008).

Parameters:

Alle patiënten voerden de oefeningen 1x per week uit onder supervisie van de onderzoeker er 4x per week thuis. In totaal duurde het programma 6 weken.

Overige instructies:

Patiënten kregen een logboek waarin ze af konden strepen welke oefeningen ze hadden gedaan in die week, om therapietrouw te bevorderen. Ook werd ze gevraagd te noteren als er klachten of moeilijkheden waren tijdens de uitvoering thuis.

Ismail et al., 2013

Oefeningen:

CKC-groep

Mini wall squat 0° - 40° , bal tussen knieën, op laagste punt 6sec vasthouden.

Voorwaartse step-up op houten step van 20,32 cm, na opstappen 6 sec vasthouden.

Laterale step-up op houten step van 20,32 cm, na opstappen 6 sec vasthouden.

Knie extensie met dynaband in stand. Vanuit 30° flexie strekken van de knie, 6 sec vasthouden.



Alle oefeningen werden uitgevoerd met 10hh, waarna 1 minuut rust werd gehouden voor de volgende oefening.

Controlegroep

Naast bovengenoemde oefeningen:

Heupabductie in zijlig, optillen been met gewicht aan enkel en gebogen knie, 6 sec vasthouden.

Heup exorotatie in zit, stabilisatie dij, naar binnen roteren been met gewicht aan enkel, 6 sec vasthouden.

Alle oefeningen werden 2x10 hh uitgevoerd met een gewicht op 60% van 10 pijnvrije RM. Elke week werd dit gewicht opnieuw bepaald.

Parameters:

6 weken lang werd 3x per week onder supervisie het CKC programma uitgevoerd. Er werden instructies gegeven voor het statisch stretchen van de hamstrings, iliotibiale band, de gastrocnemius en de quadriceps, 3x30sec.

Song et al., 2009

Oefeningen:

Leg press groep

Leg press 45°-0°, 5x10 hh op 60% van 1RM, welke elke 2 weken opnieuw bepaald werd.

Leg press met heupadductie groep

Zelfde als LP groep, alleen met toevoeging een blauwe theraband die 50N abductiekracht gaf aan de distale deel van de dij.

Parameters:

Het onderzoek duurde 8 weken en de patiënten voerden 3 trainingssessies per week uit.

Materiaal:

EN-dynamic track machine

Blauwe theraband

Metronoom voor precieze ritme van bewegen.

Overige instructies:

Heen- en terugwaartse beweging beide 2 seconden

2 seconde rust tussen herhalingen, 2 minuten rust tussen sets

Hot pack op quadriceps, 15 minuten

Stretchen quadriceps, hamstrings, iliotibiale band en kuiten na oefening, 3x30 sec en cold pack, 10 minuten

Geen andere oefeningen of sport tijdens onderzoek

Razeghi, 2010

Oefeningen:

Kniegroep

90°-50° knie extensie

Mini squat

Aantal herhalingen niet weergegeven.

Knie- en heupgroep

In de therapiegroep werden alle heupspieren en de knie extensor getraind bij de patiënten die bilateraal klachten hadden. Bij de patiënten met unilaterale klachten werd er alleen getraind als er (ten opzichte van het niet-pijnlijke been) discrepanties in kracht werden gevonden bij het pijnlijke been.

Oefeningen tegen progressieve weerstand, aantal herhalingen en precieze oefeningen zijn niet weergegeven in het artikel

Verder zelfde als bovenstaand

Parameters:

4 weken training, aantal sessies per week niet genoteerd.

Bijlage 3: resultaten

Uitkomstmaat	Absolute waarden (pré – post)			Verschillen pré en post binnen groep		
	Knieprotocol (KP)	(Knieprotocol +) heupprotocol (KPH)	Controle (CO)	Knieprotocol (KP)	(Knieprotocol +) heupprotocol (KPH)	Controle (CO)
VAS pijn, gemiddeld						
Ferber et al. (2011)	-	5,8 – 3,3	-	-	43,1% (2,5)	-
Fukuda et al. (2010)	4,7 – 3,4	5,1 – 2,7	4,7 – 4,6	26,4% (1,3)	47,7% (2,4)	2,4% (0,1)
Nakagawa et al. (2008)	4,7 – 4,0	3,8 – 1,1	-	14,9% (0,7)	71,7% (2,7)	-
Ismail et al. (2013)	4,5 – 2,3	5,3 – 2,0	-	48,9% (2,2)	62,3% (3,3)	-
Razeghi et al. (2010)	6,3 – 4,8	6,7 – 3,4	-	23,8% (1,5)	49,6% (3,3)	-
VAS pijn, meest hevig						
Nakagawa et al. (2008)	5,5 – 3,4	5,0 – 1,4	-	38,2% (2,1)	72,0% (3,6)	-
Song et al. (2009)	4,9 – 2,3	4,8 – 2,6	5,0 – 4,8	53,4% (2,6)	45,4% (2,2)	3,6% (0,2)
Kracht abductoren						
Ferber et al. (2011)	-	12,9 – 17,1	18,1 – 18,5	-	32,7% (4,2)	2,1% (0,4)
Nakagawa et al. (2008)	114,6 – 120,4	89,1 – 102,2	-	5,1% (5,8)	14,7% (13,1)	-
<i>Concentrisch</i>						
Ismail et al. (2013)	2,1 – 2,5	1,7 – 2,4	-	19,0% (0,4)	41,2% (0,7)	-
<i>Excentrisch</i>						
Ismail et al. (2013)	2,2 – 2,4	2,0 – 2,4		9,1% (0,2)	20,0% (0,4)	-
Kracht exorotatoren						
Nakagawa et al. (2008)	60,4 – 62,9	55,5 – 59,4	-	4,1% (2,5)	7,0% (3,9)	-
<i>Concentrisch</i>						
Ismail (2013)	1,0 – 1,2	0,9 – 1,3	-	20,0% (0,2)	44,4% (0,4)	-
<i>Excentrisch</i>						
Ismail (2013)	1,4 – 1,6	1,4 – 1,8	-	14,3% (0,2)	28,6% (0,4)	-
Kracht quadriceps						

Nakagawa et al. (2008)	283,6 – 301,9	264,9 – 318,9	-	6,5% (18,3)	20,4% (54)	-
Dwarsdoorsnede VMO						
Song et al. (2009)	3,8 – 4,5	3,7 – 4,2	3,39 – 3,38	18,9% (0,7)	15,5% (0,6)	-0,3% (-0,01)
Volume VMO						
Song et al. (2009)	3,4 – 4,5	3,0 – 4,1	2,76 – 2,82	31,7% (1,1)	35,5% (1,1)	2,2% (0,06)
Single-leg hop test						
Fukuda et al. (2010)	76,1 – 86,5	76,1 – 91,8	81,0 – 80,3	12,0% (10,4)	17,1% (15,7)	100,9% (-0,7)
Valgushoek knie						
Ferber et al. (2011)	-	3,7 – 3,1	2,7 – 3,1	-	16,2% (0,6)	114,8% (-0,4)
Subjectieve functie						
AKPS						
Fukuda et al. (2010)	70,4 – 80,6	63,9 – 78,9	63,8 – 64,5	14,5% (10,2)	23,5% (15)	1,1% (0,7)
Ismail et al. (2013)	76,4 – 85,0	71,5 – 85,1	-	11,3% (8,6)	19,0% (13,6)	-
LEFS						
Fukuda et al. (2010)	55,6 – 65,6	49,1 – 65,7	48,8 – 51,2	18,0% (10)	33,8% (16,6)	4,9% (2,4)
Lysholm						
Song et al. (2009)	75,7 – 86,5	74,8 – 85,7	75,1 – 75,7	14,3% (10,8)	14,6% (10,9)	0,8% (0,6)