

Case Report

Oefentherapie gericht op het verbeteren van de spierkracht en neuromusculaire controle van de onderste extremiteit met als doel het verminderen van pijn en beperkingen in activiteiten bij een adolescent met beiderzijds het patellofemoraal pijnsyndroom

Hogeschool Utrecht – Opleiding Fysiotherapie

Tessa Jansen - 1643783
Setting: eerstelijnspraktijk
Beoordelaars I. van Dam, S. Hacquebord
Datum: 04-04-2019



Samenvatting

Inleiding:

Het patellofemorale pijnsyndroom (PFPS) wordt gedefinieerd als retropatellaire of peripatellaire pijn welke ontstaat door overbelasting van het patellofemorale gewricht. Klachten worden geprovoceerd tijdens belastende activiteiten zoals hurken, rennen, springen en traplopen. PFPS is een veel voorkomende aandoening onder adolescenten met een prevalentie van 28,9%. Het is aangetoond dat het trainen van de spierkracht van de quadriceps en heupspieren een effectieve behandelmethode is voor PFPS. Tevens vertonen patiënten met PFPS regelmatig afwijkingen in de neuromusculaire controle van de onderste extremiteit (OE). De vraagstelling luidt: "In welke mate heeft oefentherapie gericht op het verbeteren van de spierkracht en neuromusculaire controle van de onderste extremiteit gedurende twaalf weken invloed op de mate van pijn en beperkingen in activiteiten (wandelen, fietsen en hurken) bij een vijftienjarige jongen met beiderzijds het PFPS?"

Diagnostiek:

De belangrijkste uitkomstmaten van dit case report zijn de beperkingen in activiteiten en de mate van pijn. De Anterior Knee Pain Scale (AKPS) was bij aanvang 72/100 punten en de Patiënt Specifieke Klachtenlijst (PSK) is in kaart gebracht voor de activiteiten: tien minuten lopen (5/10), fietsen naar school (10/10) en hurken (7/10). De mate van pijn, gemeten met de Numeric Pain Rating Scale (NPRS), was gemiddeld NPRS: 6 en op het slechtste moment NPRS: 8. Op functieniveau is de spierkracht van de quadriceps, hamstrings en heupabductoren gemeten met de Medical Research Council (MRC). De dynamische stabiliteit en neuromusculaire controle van de OE is geobserveerd met de Single Leg Squat Test.

Behandeling:

De behandeling was gericht op het verbeteren van de spierkracht van de quadriceps, heupabductoren en exorotatoren. Daarnaast is er aandacht geweest voor het verbeteren van de neuromusculaire controle doormiddel van tactiele, visuele en verbale feedback.

Resultaten:

Er is een klinische verbetering opgetreden op het gebied van beperkingen in activiteiten gemeten met de AKPS (+20 punten) en de PSK voor tien minuten lopen (-2 punten) en fietsen naar school (-8 punten). Tevens is er een klinisch relevante afname waargenomen op het gebied van pijn gemeten met de NPRS (-5 punten). Op functieniveau is de spierkracht, dynamische stabiliteit en neuromusculaire controle verbeterd.

Conclusie:

Oefentherapie gedurende twaalf weken, gericht op het verbeteren van de neuromusculaire controle van de OE en de spierkracht van de quadriceps en heupspieren, heeft in dit case report geleid tot een klinisch relevante verbetering op het gebied van pijn en beperkingen in activiteiten bij een vijftienjarige adolescent met beiderzijds het PFPS.

Trefwoorden:

Patellofemorale pijnsyndroom, conservatieve behandeling, adolescent.

Abstract

Background:

Patellofemoral Pain Syndrome (PFPS) can be defined as retropatellar or peripatellar pain caused by overloading of the patellofemoral joint. Symptoms can be provoked during activities such as, squatting, running, jumping and climbing stairs. PFPS is a common disorder among adolescents with a prevalence rate of 28.9%. It has been shown that strength training of the quadriceps and hip muscles is an effective treatment for PFPS. In addition, decreased neuromuscular control of the lower extremity (LE) is also regularly observed in patients with PFPS. The research question states: "To what extent does exercise therapy, aimed at improving the muscle strength and neuromuscular control of the lower extremity, influence the degree of pain and limitations in activities (walking, cycling and squatting) at a fifteen-year-old boy with PFPS on both sides during a twelve-week intervention period?".

Diagnostics:

The most important outcome measures of this case report are the limitations in activities and the degree of pain. The Anterior Knee Pain Scale (AKPS) score was 72/100 at baseline. The Patient Specific Function Scale (PSFS) has been assessed for the following activities: walking for ten minutes (5/10), cycling to school (10/10) and squatting (7/10). The degree of pain, measured with the Numeric Pain Rating Scale (NPRS), was on average NPRS 6 and at the worst moment NPRS 8. The muscle strength of the quadriceps, hamstrings and hip abductors has been measured with the Medical Research Council (MRC). The dynamic stability and neuromuscular control has been observed during the Single Leg Squat Test.

Treatment:

The conservative treatment was focused on exercise therapy to improve the muscle strength of the quadriceps, hip abductors and exorotators. In addition, attention was paid to improve the neuromuscular control of the lower extremity through tactile, visual and verbal feedback.

Results:

A clinically relevant improvement has been observed in limiting activities measured with the AKPS (+20 points) and the PSFS for walking (-2 points) and cycling (-8 points). A clinically relevant decrease on average pain (-5 points on the NPRS) has also been observed. Finally, the muscle strength, dynamic stability and neuromuscular control have all been improved.

Conclusion:

In this case report, exercise therapy focused on improving muscle strength of the quadriceps hip muscles and neuromuscular control during twelve-weeks has led to a clinically relevant improvement on pain symptoms and limitations in activities in a fifteen-year-old adolescent with both sided PFPS.

Keywords:

Patellofemoral pain syndrome, conservative treatment, adolescent.

Inleiding

Bij adolescenten bevinden aspecifieke knieklachten zich meestal aan de anterieure zijde van de knie (Cirkel et al., 2009). Eén van deze aspecifieke aandoeningen die aan de anterieure zijde kan optreden is het patellofemorale pijnsyndroom (PFPS). PFPS wordt gedefinieerd als retropatellaire of peripatellaire pijn welke geprovoceerd wordt door activiteiten die het patellofemorale gewricht belasten zoals hurken, rennen, springen en traplopen (Ruland & Diduch, 2017). De jaarlijkse prevalentie voor PFP bij volwassenen is 22,7% en voor adolescenten 28.9% (Smith et al., 2018). De studie van Witvrouw, Lysens, Bellemans, Cambier & Vanderstraeten (2002) registreerde de incidentie bij adolescenten die deelnamen aan lichamelijke opvoeding op school gedurende twee jaar. Gedurende deze follow-up studie was er een incidentie van 42,6 per 1.000 personen per jaar.

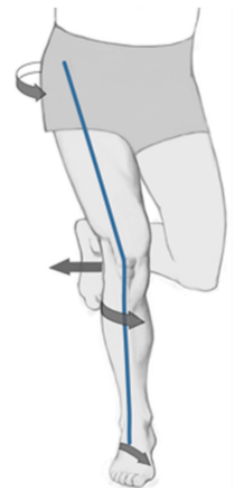
De etiologie van PFPS blijft ondanks veel wetenschappelijk onderzoek onduidelijk. Huidige inzichten ondersteunen een multifactoriële oorzaak waarin meerdere factoren zoals anatomische, biomechanische, psychologische en sociale factoren, bijdragen aan een verhoogde druk in het patellofemorale gewricht en het in standhouden van klachten (Cirkel et al., 2009; Powers, Witvrouw, Davis & Crossley, 2017). Overbelasting van het patellofemorale gewricht kan ontstaan als gevolg van een te hoge belasting (trainingsopbouw en hersteltijd), afwijkingen in de biomechanica en de statiek, verminderde spierkracht van de heupspieren en quadriceps en/of verminderde coördinatie van de onderste extremiteit (OE) (Dutton, Khadavi & Fredericson, 2016). Volgens Powers et al. (2017) leidt overbelasting van het patellofemorale gewricht mogelijk tot aantasting van structuren wat kan zorgen voor nociceptie van subchondraal bot, infrapatellaire bursa, het retinaculum of ligamentaire structuren.

Tevens vertonen patiënten met langdurige PFP (> 6 weken) regelmatig afwijkingen in de nociceptieve verwerking (hyperalgesie, gestoorde pijnmodulatie), veranderingen in de somatosensorische verwerking (neuropathische pijn), verminderde sensomotorische functies (proprioceptie en balans) en belemmerende psychologische factoren zoals catastroferen en kinesiofobie (Powers et al., 2017). De gewaarwording van PFP is dus niet altijd alleen maar nociceptief, bovenstaande factoren kunnen eveneens een rol spelen in het in standhouden van klachten.

Het is opvallend, gezien de hoge prevalentie, dat bij adolescenten tot nu toe nog maar beperkt onderzoek is gedaan naar de prognose en de effectiviteit van de fysiotherapeutische behandeling voor deze doelgroep. Van Middelkoop, Van der Heijden en Bierma-Zeinstra (2017) omschrijven een aantal kleine verschillen tussen adolescenten en volwassenen met PFP. Zo hebben adolescenten met PFP vaak voor een langere duur klachten, een lagere BMI, vaker bilaterale symptomen en sterkere quadricepskracht vergeleken met volwassen patiënten. Daarnaast is er vaak een significant lagere Anterior Knee Pain Score (AKPS) in de adolescenten groep (Van Middelkoop et al., 2017).

Negatieve prognostische factoren voor PFP zijn een langere duur van klachten (> 2 maanden) en een lage AKPS (< 70/100) bij baseline (Collins et al., 2013; Lankhorst et al., 2016).

Bij patiënten met PFPS wordt regelmatig een dynamische malalignment van de OE waargenomen. Een dynamische knievalgus (*afbeelding 1: Petersen et al., 2014, p.2265*) komt voort uit een endorotatie van het femur en/of de tibia. Een endorotatie stand van het femur is vaak het gevolg van spierzwakte van de heupabductoren en -exorotatoren, een endorotatie stand van de tibia kan het gevolg zijn van voorvoet eversie of pes planus (Petersen et al., 2014). Een dynamische knievalgus kan eveneens duiden op een verminderde stabiliteit en neuromusculaire controle (Dos Anjos Rabelo et al., 2014; Petersen et al., 2014).



Afbeelding 1: Dynamische knievalgus gedurende de single leg squat.

Noot. Herdrukt van "Patellofemoral pain syndrome", door Petersen, W. et al., 2013, *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 22(10), p. 2264-2274.

Dynamische knievalgus leidt tot het lateraliseren van de patella wat mogelijk zorgt voor overbelasting van het patellofemorale gewricht (Powers, 2010).

Voor het behandelen van PFPS wordt oefentherapie gericht op het versterken van de heupspieren en de quadriceps aangeraden voor het verminderen van pijn en het verbeteren van functie op zowel de korte- als lange termijn (Collins et al., 2018). Functionele stabiliteitstraining naast het trainen van de spierkracht lijkt een goede aanvulling te zijn voor het behandelen van de neuromusculaire controle bij patiënten met PFPS (Baldon, Serrão, Scattone Silva & Piva, 2014).

De voordelen van functionele stabiliteitstraining en de effecten hiervan op de neuromusculaire controle zijn echter nog onvoldoende bewezen voor patiënten met PFPS. Daarnaast zijn er nog maar weinig resultaten bekend uit studies waarbij onderzoek is gedaan naar de meest effectieve behandeling voor adolescenten ondanks de grote prevalentie in deze doelgroep. De vraagstelling van dit case report luidt: "In welke mate heeft oefentherapie gericht op het verbeteren van de spierkracht en neuromusculaire controle van de onderste extremiteit gedurende twaalf weken invloed op de mate van pijn en beperkingen in activiteiten (wandelen, fietsen en hurken) bij een vijftienjarige jongen met beiderzijds het patellofemoraal pijnsyndroom?".

Dit case report is geschreven vanuit een biopsychosociaal perspectief. Jensen, Hystad en Baerheim (2005) hebben aangetoond dat pijn en functie bij langdurige PFPS soms in verband kan worden gebracht met psychologische factoren. Uit dit onderzoek wordt geconcludeerd dat patiënten met PFPS een hoger risico hebben op mentale distress dan gezonde personen.

Diagnostiek

Casusbeschrijving

Dit case report beschrijft een vijftienjarige jongen met pijnklachten rondom beide knieschijven (patellae). De patiënt is via verwijzing van de huisarts binnengekomen met de verwijsdiagnose: PFPS beiderzijds. Uit de anamnese is gebleken dat er sprake is van pijnklachten proximaal en distaal van de patellae (links > rechts). De klachten zijn tweeënhalfjaar geleden geleidelijk aan ontstaan, er is geen traumamoment aan vooraf gegaan. In de loop van de tijd is de pijn en de mate van beperkingen toegenomen. De pijn wordt omschreven als drukkend van aard en gaat af en toe gepaard met steken. Gedurende de dag nemen de klachten geleidelijk aan toe, dit is afhankelijk van de activiteiten die de patiënt die dag heeft uitgevoerd. Pijnklachten worden geprovoceerd tijdens en na belastende activiteiten zoals lopen, fietsen, traplopen en hurken. Na deze activiteiten is de pijn soms ook aanwezig in rust. Er zijn geen andere medische bijzonderheden. De patiënt sport niet en is in de weekenden en schoolvakanties werkzaam in de horeca. Als gevolg van de klachten is de patiënt niet in staat om naar school toe te fietsen en mee te doen met de gymlessen. Hij geeft aan dat dit soms wel invloed heeft op zijn stemming; het maakt hem dan gefrustreerd en boos. Verder zijn er geen andere psychosociale aspecten naar voren gekomen in de anamnese. De patiënt woont thuis bij zijn ouders, samen met drie broertjes en één zusje. Momenteel zit hij in het examenjaar van de middelbare school. De hulpvraag van de patiënt luidt: "Ik zou graag binnen twaalf weken weer pijnvrij (NPRS en PSK: 0) kunnen lopen (> tien minuten), naar school toe willen fietsen (13 km) en mee willen doen met de gymlessen op school".

Hypothesevorming I

Potentiële differentiaaldiagnosen

Allereerst worden er een aantal potentiële differentiaaldiagnosen uitgesloten om de verwijsdiagnose PFPS te bevestigen, zie *tabel 1*. De diagnose PFPS mag alleen gesteld worden als andere aspecifieke knieklachten zijn uitgesloten (Van Nugteren & Winkel, 2010; Ruland & Diduch, 2017). De best beschikbare test voor het aantonen van PFPS is herkenbare pijn gedurende een squat beweging. PFP is waarschijnlijk bij 80% van de patiënten bij wie deze test positief is (Cook, Hegedus, Hawkins, Scovell, Wyland, 2010).

Mogelijke differentiaaldiagnosen waaraan gedacht moet worden zijn de ziekte van Osgood Schlatter en de ziekte van Sinding Larsen Johansson gezien de leeftijd en het klachtenbeeld van de patiënt (Circi, Atalay & Beyzadeoglu, 2017; Van Nugteren & Winkel, 2010). Deze aandoeningen kunnen worden uitgesloten doormiddel van inspectie en palpatie van respectievelijk de tuberositas tibiae en de apex van de patella (Van Nugteren & Winkel, 2010). Tevens is er bij de ziekte van Osgood Schlatter vaak een meer dan normaal prominente tuberositas tibiae zichtbaar (Van Nugteren & Winkel, 2010). Een andere differentiaaldiagnose waaraan gedacht moet worden is een tendinose van het lig. patellae op basis van klachten aan de distale zijde van de patellae welke ontstaan tijdens en na belastende activiteiten. Dit kan worden onderzocht doormiddel van palpatie van het lig. patellae en spierkrachttesten richting extensie van de knie (Kumar, Singhroha & Agarwal, 2016). Echter is deze hypothese het minst waarschijnlijk omdat deze aandoening veelal wordt gezien bij volwassen actieve sporters (Van Nugteren & Winkel, 2010). De waarschijnlijkheid van deze differentiaaldiagnosen kunnen deels anamnestic worden uitgesloten doordat patiënten met PFPS een groter en vager gebied van pijn omschrijven dan bij de andere differentiaaldiagnosen waar de pijn vaak gelokaliseerd is op één punt (Zwerver & Slagers, 2009).

Tabel 1: Hypothesen voor potentiële differentiaaldiagnosen.

Nr.	Hypothesen voor potentiële differentiaaldiagnosen
1.	Er is sprake van het Patellofemorale Pijnsyndroom (PFPS) op basis van pijnklachten proximaal en distaal van de patellae welke geprovoceerd worden tijdens activiteiten als wandelen, traplopen, fietsen en hurken.
2.	Er is sprake van de ziekte van Osgood Schlatter op basis van de leeftijd van de patiënt (vijftien jaar) en pijnklachten aan de anterieure zijde van de knie welke geprovoceerd worden tijdens het wandelen, traplopen en fietsen.
3.	Er is sprake van de ziekte van Sinding Larsen Johansson op basis van de leeftijd van de patiënt (vijftien jaar) en pijnklachten aan de anterieure zijde van de knie welke geprovoceerd worden tijdens het wandelen, traplopen en fietsen.
4.	Er is sprake van een tendinose van het lig. patellae op basis van pijnklachten distaal van de patellae welke geprovoceerd worden tijdens activiteiten als wandelen, traplopen en fietsen.

Hypothesen

Op basis van anamnesticke kenmerken, inspectie en palpatie kunnen bovenstaande differentiaaldiagnosen (hypothese 2,3 en 4) worden uitgesloten en mag de verwijdsdiagnose PFPS (hypothese 1) worden aangenomen. Bij PFPS is het essentieel om bij iedere patiënt de factoren in kaart te brengen die tot overbelasting van het patellofemorale gewricht leiden (Dutton et al., 2016). In *tabel 2* worden hypothesen weergegeven die deze oorzakelijke factoren in kaart brengen en wat het gevolg van de klacht is op het gebied van activiteiten.

Tabel 2: Fysiotherapeutische hypothesen.

Nr.	Hypothesen
1.	Er is sprake van een afwijkende statiek van de onderste extremiteit (excessieve heupadductie, endorotatie van het femur, genu varum/valgum, endorotatie tibia, pes planus en voorvoet eversie) waardoor de klachten aan de anterieure zijde van de knie in stand worden gehouden en geprovoceerd worden tijdens activiteiten als wandelen, traplopen, fietsen en hurken.
2.	Er is sprake van verminderde spierkracht van de quadriceps, hamstrings en heupabductoren wat bijdraagt aan het ontstaan van pijnklachten aan de anterieure zijde van de knie welke worden geprovoceerd tijdens activiteiten als wandelen, fietsen en traplopen.
3.	Er is sprake van verminderde neuromusculaire controle en dynamische malalignment van de onderste extremiteit wat bijdraagt aan het ontstaan van pijnklachten aan de anterieure zijde van de knie welke worden geprovoceerd tijdens activiteiten als wandelen en traplopen.
4.	Er is sprake van een hoge reactiviteit (temperatuursverhoging, lokale roodheid en zwelling) van de knie als gevolg van overbelasting waardoor pijn wordt ervaren aan de anterieure zijde van de knie.
5.	Er is sprake van beperkingen in activiteiten en participatie als gevolg van de pijnklachten rondom de patellae.

Het lichamelijk onderzoek is erop gericht om onderliggende factoren te identificeren die leiden tot de ontwikkeling en het in standhouden van PFP. Een afwijkende statiek komt regelmatig voor bij patiënten met PFP. Tijdens een statische inspectie in stand dient er worden gekeken of er sprake is van excessieve heupadductie, endorotatie van het femur, genu valgum of varum, endorotatie of exorotatie van de tibia, overmatige voetpronatie en voorvoet eversie (Dutton et al., 2016; Ruland & Diduch, 2017). De spierkracht is onderzocht met behulp van de Medical Research Council (MRC) en de Single Leg Squat Test (SLST). Onderzoek heeft aangetoond dat patiënten met PFPS meestal een zwakte hebben van de quadriceps, heupabductoren en exorotatoren (Dutton et al., 2016; Ruland & Diduch, 2017). Een dynamische knievalgus gedurende dynamische activiteiten, zoals een single leg squat, zijn sterk geassocieerd met een verminderde neuromusculaire coördinatie en uithoudingsvermogen van de heupspieren (Dutton et al., 2016; Petersen et al., 2014). De reactiviteit (kleur, temperatuur, zwelling en pijn) is onderzocht doormiddel van inspectie, palpatie en de Numeric Pain Rating Scale (NPRS) (Manske & Davies, 2016).

Tenslotte zijn de beperkingen in activiteiten in kaart gebracht met behulp van de Patiënt Specifieke Klachtenlijst (PSK) en de Nederlandse versie van de AKPS.

Een beschrijving en methodologische kwaliteit van de meetinstrumenten en testen worden weergegeven in *tabel 3*.

Tabel 3: Beschrijving en methodologische kwaliteit meetinstrumenten.

Meetinstrument	Beschrijving meetinstrument	Methodologische kwaliteit	Bron
MRC-schaal	De MRC schaal is een meetinstrument voor het manueel meten van de spierkracht. Het is een schaal met 6 punten (0-5), waarbij 0 overeenkomst met geen contractie en 5 met normale beweging mogelijk tegen flinke weerstand in. De MRC is een evaluatief en inventariserend meetinstrument.	<u>Betrouwbaarheid:</u> Kappa: Uitstekend (0.86) ICC: Goed (0.86 - 0.99)	Hermans et al. (2012) <i>Toelichting:</i> De betrouwbaarheid van de MRC is in deze studie onderzocht voor de onderste extremiteit maar is uitgevoerd bij een kritiek zieke patiëntenpopulatie.
SLST	De SLST is een test om de dynamische stabiliteit van de onderste extremiteit in kaart te brengen. De patiënt wordt gevraagd om op één been te komen staan en vervolgens, zo ver als het gaat, door het standbeen te buigen. Deze beweging wordt 5x herhaald. De SLST is een diagnostisch en evaluatief meetinstrument voor het beoordelen van de dynamische stabiliteit van de onderste extremiteit.	<u>Diagnostisch:</u> Sensitiviteit: 91% Specificiteit: 50% PVW: 0.79 NVW: 0.74 PLR: 1.8 NLR: 0.2 Post-test probability: 78.5 <u>Betrouwbaarheid:</u> ICC: Goed (0.73-0.87)	Cook et al. (2010); Crossley et al. (2011); Manske en Davies (2014)
Inspectie en palpatie	Inspectie en palpatie voor temperatuur, kleur en zwelling rondom de knie. De Bulge test wordt gebruikt om in kaart te brengen of er sprake is van intra-articulaire zwelling in de knie.	Bulge test: <u>Betrouwbaarheid:</u> Kappa: uitstekend (0.97) Temperatuur: <u>Betrouwbaarheid:</u> Kappa: slecht (0.23)	Cibere et al. (2004); Manske & Davies (2014) Jones, Hopkinson, Patrick, Berman & Doherty (1992)
NPRS	De NPRS is een meetschaal waarbij de patiënt het getal dient te omcirkelen die het meest van toepassing is op de ernst van de klacht. Het is een schaal met 11 punten, waarbij 0 geen pijn is en 10 de meest voorstelbare pijn. De schaal meet de gemiddelde en slechtste pijn in de afgelopen week. De NPRS is een inventariserend en evaluatief meetinstrument.	<u>Betrouwbaarheid:</u> ICC: matig (0.56-0.79) <u>Validiteit:</u> Pearson r: matig (0.63) <u>Responsiviteit:</u> MCID: 3.3 SEM: 1.1 – 1.2	Crossley, Bennell, Cowan & Green (2004); Green, Liles, Rushton en Kythe (2014); Piva, Gil, Moore & Fitzgerald, (2009)
PSK	De PSK meet de functionele beperkingen van de patiënt. De drie meest problematische activiteiten worden genoteerd. De mate van beperking wordt gescoord aan de hand van de Numeric Rating Scale (NRS). De PSK is een inventariserend en evaluatief meetinstrument.	<u>Betrouwbaarheid:</u> ICC: goed (0.84) <u>Validiteit:</u> Pearson r: goed (0.78)	Chatman et al. (1997) Horn et al. (2012) <i>Toelichting:</i> De methodologische gegevens van de PSK zijn in dit onderzoek afgeleid van de Engelse versie van de PSK, de Patient Specific Function Scale. De gegevens zijn

		<u>Responsiviteit:</u> MDC: 1.5 - 2.5 SEM: 0.62	wel specifiek voor patiënten met knie dysfunctie.
AKPS – Dutch version	De AKPS is een vragenlijst die is ontwikkeld om bij anterieure kniepijn de symptomen en functionele beperkingen te evalueren. De vragenlijst bestaat uit 13 items die de beperkingen meten op activiteitsniveau, de mate van pijn en de belastbaarheid. De AKPS is een inventariserend en evaluatief meetinstrument.	<u>Betrouwbaarheid:</u> ICC: goed (0.98) <u>Validiteit:</u> IC: 0.78-0.80 Pearson r: matig (0.58) <u>Responsiviteit:</u> SEM: 3.9 SDC: 11 punten	Crossley, Bennell, Cowan & Green (2004); Ummels, Lenssen, Barendrecht en Beurskens (2017) <i>Toelichting:</i> De Pearson R is afkomstig van de Engelse versie van de AKPS. De overige methodologische gegevens zijn wel onderzocht voor de Nederlandse versie van de AKPS.

Noot. MRC-schaal: Medical Research Council, ICC: Intraclass Correlatie Coëfficiënt, SLST: Single Leg Squat Test, PVP: Positief Voorspellende Waarde, NVP: Negatief Voorspellende Waarde, PLR: Positive Likelihood Ratio, NLR: Negative Likelihood Ratio, NPRS: Numeric Pain Rating Scale, SEM: Standard Error of Mean, Pearson r: Pearsons Corellatiecoëfficiënt, MCID: minimal clinically important difference, PSK: Patiënt Specifieke Klachtenlijst, MDC: Minimal Detectable Change, AKPS: Anterior Knee Pain Scale, IC: Internal Consistency, SDC: Smallest Detectable Change.

Fysiotherapeutisch onderzoek

Uit fysiotherapeutisch onderzoek is gebleken dat er sprake is van PFPS. Deze aanname is gedaan door het uitsluiten van differentiaaldiagnosen, anamnesticke kenmerken en een performance analyse. Direct na de anamnese is er gestart met het lichamelijk onderzoek om de huidige situatie in kaart te brengen. Performance analyses zijn uitgevoerd voor de problematische handelingen lopen en hurken. Tijdens de loopanalyse werd een exorotatie stand van de gehele OE en een pes planus van de voeten waargenomen. Klachten werden tijdens de performance analyse hurken geprovoceerd waarbij een gescandeerd bewegingsverloop en malalignment van de OE zichtbaar was. Uit de statische inspectie in stand kan worden geconcludeerd dat er sprake is van excessieve voetpronatie (links > rechts), voorvoet eversie, exorotatie stand van de tibia en een genu varum. De neuromusculaire controle en dynamische stabiliteit van de OE is in kaart gebracht met behulp van een observatielijst tijdens de SLST. Tijdens de test werden herkenbare klachten geprovoceerd en was er sprake van een gescandeerd bewegingsverloop, forse balansverstoringen (links > rechts), pelvic drop, dynamische knievalgus en een overmatige voetpronatie (tabel 4). Tevens duidt een dynamische knievalgus tijdens de SLST op een spierzwakte van de heupabductoren (Dutton et al., 2016). De spierkracht van de quadriceps, hamstrings en heupabductoren is gemeten met de MRC, welke voor alle bovenstaande spier(groep)en MRC: 4 was. Er is geen verhoogde reactiviteit (temperatuursverhoging, lokale roodheid en zwelling) van de knie waargenomen tijdens inspectie en palpatie. De gemiddelde pijn die de patiënt in de week van de beginmeting ervaarde was NPRS 6 en op het slechtste moment liep deze op tot NPRS 8.

Naast functietesten zijn er ook metingen uitgevoerd op activiteitsniveau doormiddel van de AKPS en PSK. De AKPS tijdens de beginmeting was 72/100. De PSK is ingevuld voor tien minuten lopen (5/10), fietsen naar school (10/10) en hurken (7/10). De resultaten van de beginmetingen worden weergegeven in tabel 5.

Tabel 4: Observatielijst Single Leg Squat Test

Observatie lijst Single Leg Squat Test (SLST)	Links	Rechts
- Pelvic drop	+	+
- Heupadductie/endorotatie femur	+	+
- Dynamische knievalgus	++	+
- Endorotatie tibia	+	+
- Overmatige voetpronatie	+	+
- Balansverstoringen	++	+
- Gescandeerd bewegingsverloop	++	+

Noot. - = afwezig, + = aanwezig, ++ = sterk aanwezig.

Tabel 5: Uitkomsten van de beginmeting op het gebied van pijn en activiteiten.

	NPRS gemiddeld	NPRS slechtste moment	PSK 1: lopen (10 min)	PSK 2: fietsen naar school	PSK 3: hurken	AKPS
Uitkomsten beginmeting	NPRS: 6/10	NPRS: 8/10	NRS: 5/10	NRS: 10/10	NRS: 7/10	72/100

Noot. NPRS: Numeric Pain Rating Scale; PSK: Patiënt Specifieke Klachtenlijst; AKPS: Anterior Knee Pain Scale; NRS: Numeric Rating Scale.

Hypothesevorming II

Uit de anamnese en het fysiotherapeutisch onderzoek kan worden geconcludeerd dat er sprake is van een afwijkende statiek, verminderde spierkracht en neuromusculaire controle van de OE en dat er als gevolg van de klachten beperkingen zijn op activiteitsniveau. Hiermee worden hypothesen 1, 2, 3 en 5 bevestigd. Hypothese 4, een verhoogde reactiviteit van de knie, kan worden verworpen.

Fysiotherapeutische diagnose

De patiënt (vijftien jaar) heeft zich via verwijzing van de huisarts gemeld met pijnklachten rondom de patellae. De pijn zit met name proximaal en distaal van de patellae, links in ergere mate dan rechts. De pijn wordt omschreven als drukkend van aard en gaat soms gepaard met steken (NPRS gemiddeld: 6). De klachten worden geprovoceerd tijdens en na tien minuten lopen (PSK: 5/10), fietsen naar school (PSK: 10/10), hurken (PSK: 7/10) en traplopen. Als gevolg van de klachten worden bepaalde activiteiten vermeden. Zo doet de patiënt bijvoorbeeld niet mee met de gymlessen op school en gaat hij met de bus naar school i.p.v. op de fiets. Klachten zijn sinds tweeënhalfjaar aanwezig en zijn in de tijd geleidelijk aan toegenomen. Er zijn geen andere medische factoren aanwezig. Uit fysiotherapeutisch onderzoek is gebleken dat er sprake is van PFPS. Op functieniveau kan worden geconcludeerd dat er sprake is van verminderde kracht van de quadriceps, hamstrings en heupabductoren (MRC: 4). Daarnaast is er een verminderde neuromusculaire controle van de OE waargenomen tijdens de SLST. Tevens zijn er beperkingen op activiteitsniveau gemeten met de PSK en AKPS (72/100). Een negatieve prognostische factor is de duur van de klachten (tweeënhalfjaar) wat mogelijk heeft geleid tot afwijkingen in de nociceptieve verwerking zoals hyperalgesie en centrale sensitisatie (Collins et al., 2013; Lankhorst et al., 2016; Noehren et al., 2016; Powers et al., 2017). Een gunstige factor voor de prognose is dat de AKPS tijdens de beginmeting niet <70 punten is (Collins et al., 2013; Lankhorst et al., 2016). De exacte prognose voor PFPS is lastig te stellen gezien de complexiteit van factoren waar rekening mee gehouden dient te worden. Naar verwachting zal de patiënt binnen acht tot tien weken verbetering merken op het gebied van pijn en beperkingen in activiteiten omdat er dan pas een toename van spiermassa en neurale activatie in de spier optreedt als gevolg van de krachttraining (Vrijens, Bourgois & Witvrouw, 2001).

Behandeldoelen

In samenspraak met de patiënt en de hulpvraag zijn er behandeldoelen opgesteld, zie tabel 6. Het hoofddoel van de behandeling luidt: "De patiënt heeft over twaalf weken minder pijn (NPRS: 0) en beperkingen in activiteiten (AKPS > 90) waardoor hij in staat is om langer dan tien minuten te wandelen (PSK: 5 > 0), te fietsen naar school (PSK: 10 > 3) en mee kan doen met de gymlessen op school".

Om het hoofddoel te behalen zijn er een aantal subdoelen opgesteld op zowel functie- als activiteitsniveau welke worden weergegeven in tabel 6. Om het effect van de behandeling te evalueren zijn er meetmomenten ingelast aan het begin van week zeven en twaalf. Tijdens deze evaluatiemomenten zijn dezelfde meetinstrumenten gebruikt als tijdens de beginmeting.

Tabel 6: Behandeldoelen.

Hoofddoel:	De patiënt heeft over twaalf weken minder pijn (NPRS: 0) en beperkingen in activiteiten (AKPS > 90) waardoor hij in staat is om langer dan tien minuten te wandelen (PSK: 5 > 0), te fietsen naar school (PSK: 10 > 3) en mee kan doen met de gymlessen op school.
Subdoelen:	
1	De patiënt heeft binnen twee weken voldoende inzicht in de klacht, herstel bevorderende en belemmerende factoren waardoor hij meer grip krijgt op zijn klachten in het dagelijks leven en dit kan uitleggen aan familie/vrienden.
2	De patiënt heeft binnen tien weken meer spierkracht in de quadriceps en hamstrings (MRC 4 > 5) waardoor hij minder (pijn)klachten ervaart in het dagelijks leven tijdens wandelen, traplopen en fietsen.
3	De patiënt heeft binnen tien weken meer spierkracht in de heupabductoren en exorotatoren (MRC 4 > 5) waarbij er een vermindering van de pelvic drop en dynamische knievalgus is opgetreden tijdens de single leg squat en er minder klachten zijn in het dagelijks leven tijdens wandelen, traplopen en fietsen.
4	De patiënt heeft binnen twaalf weken een verbeterende neuromusculaire controle van de onderste extremiteit waardoor de uitvoering van de single leg squat is verbeterd (balans, pelvic drop, dynamische knievalgus, voetpronatie) en er minderen klachten zijn in het dagelijks leven tijdens wandelen, traplopen en fietsen.

Behandeling

Beschrijving van de interventie

De fysiotherapeutische behandeling in dit case report is gericht op oefentherapie voor het verbeteren van de spierkracht en neuromusculaire controle van de OE met als doel minder pijn en beperkingen tijdens activiteiten in het dagelijks leven. Patiënten educatie is een essentieel onderdeel voor een succesvolle behandeling van PFPS (Barton, Lack, Hemmings, Tufail & Morissey, 2015). Na het fysiotherapeutisch onderzoek is dan ook gestart met het geven van voorlichting over de fysiotherapeutische diagnose en is in samenspraak met de patiënt het behandelplan opgesteld. De behandelingen vonden gemiddeld tweemaal per week plaats in de fysiotherapiepraktijk met een duur van 30 tot 45 minuten per behandeling. De totale behandelduur van de patiënt was vijftien weken met een interventieperiode van twaalf weken als gevolg van afname in de therapietrouw richting het eind van de behandelperiode.

Krachttraining

De meest effectief bewezen interventie voor PFPS ter verbetering van pijn en functie is oefentherapie (Collins et al., 2018; Santos, Oliveira, Ocarino, Holt & Fonseca, 2015). In de systematic reviews van Alba-Martin et al. (2015), Nascimento, Teixeira-Salmela, Souza en Resende (2018) en Santos et al. (2015) wordt aangetoond dat oefentherapie gericht op het verbeteren van de spierkracht van de heupabductoren, exorotatoren en de quadriceps het meest effectief is voor vermindering van pijn en verbetering van functie bij patiënten met PFPS. In dit case report is dan ook gebruik gemaakt van oefentherapie gericht op het verbeteren van de spierkracht van de quadriceps, heupabductoren en exorotatoren. De oefeningen die zijn uitgevoerd gedurende de behandelperiode en de daarbij behorende parameters worden weergegeven in *tabel 7*. De belangrijkste criteria voor de oefeningen waren dat deze correct werden uitgevoerd. Wanneer een oefening voldeed aan bovenstaande criteria en er geen na reactie had plaatsgevonden, werden de oefeningen verzaamd. Indien er pijnprovocatie gedurende de oefening plaatsvond, werd de oefening op intensiteit en/of belasting verlaagd of indien nodig beëindigd. De reden hiervoor is dat pijn gedurende een oefening leidt tot reflex inhibitie van de spier, wat zorgt voor een minder efficiënte trainingsprikkel (Palmieri-Smith, Villwock, Downie, Hecht & Zernicke, 2013; Suter, Herzog, De Souza & Bray, 1998). Gedurende de behandelperiode zijn er manipulaties van het linker enkelgewricht uitgevoerd omdat er sprake was van een beperkte dorsaalflexie waardoor de patiënt pijnklachten in de enkel ervaarde tijdens de step down oefening.

De prikkelparameters voor de krachttraining (4x12 herhalingen) zijn gebaseerd op de principes van hypertrofie training. De invloed van krachttraining op de spierkracht verloopt in twee fasen. Gedurende de eerste acht tot tien weken neemt de spierkracht met name toe als gevolg van toename van de neuromusculaire innervatie (Wilmore, Costill, Kenney & Poel, 2009). Als gevolg hiervan worden er meer spiervezels tijdens de contractie ingezet. Het is mogelijk dat deze toename van neurale activatie ook leidt tot verbetering in de neuromusculaire controle. In de tweede fasen resulteert krachttraining pas daadwerkelijk tot een verdikking van de spiervezels zodat de totale spieroppervlakte groter wordt. Hypertrofie levert pas zijn belangrijkste aandeel na minimaal tien weken training (Vrijens, Bourgois & Witvrouw, 2001).

Neuromusculaire controle training

Patiënten met PFPS vertonen regelmatig afwijkingen in de dynamische stabiliteit en neuromusculaire controle van de OE (Dos Anjos Rabelo et al., 2014; Petersen et al., 2014). Zeer weinig studies hebben neuromusculaire trainingstechnieken gebruikt als behandelstrategie voor PFPS en hierdoor is het effect van deze interventie nog onbekend.

Dynamische stabiliteit kan worden gedefinieerd als de mogelijkheid van het kniegewricht om een houding te handhaven na een interne of externe verstoring. De dynamische stabiliteit is afhankelijk van de neuromusculaire controle over alle segmenten gedurende beweging (Dos Anjos Rabelo et al., 2014). Het is aangetoond dat mensen met verminderde dynamische stabiliteit én PFPS, afwijkingen vertonen in de neuromusculaire parameters zoals activeringstijd en elektromyografische activiteit van de heupspieren (Dos Anjos Rabelo et al., 2014).

Vanuit een interventieperspectief kan controle over de dynamische knievalgus de pijn bij personen met PFPS verminderen doordat op deze manier de patellofemorale druk wordt verlaagd (Salsich & Perman, 2007). In de RCT van Baldon et al. (2014) is aangetoond dat krachttraining voor de heupspieren gecombineerd met oefeningen ter verbetering van de neuromusculaire controle van de OE effectiever is dan quadriceps training alleen. De neuromusculaire controle kan vergroot worden door proprioceptieve, visuele en verbale feedback tijdens de oefeningen te geven (Dos Anjos Rabelo et al., 2014). In dit case report is gebruik gemaakt van deze vormen van feedback d.m.v. een spiegel, dynaband en verbale feedback gericht op interne en externe focus. Naast de verschillende vormen van feedback zijn er steeds meer aanwijzingen dat excentrisch trainen ook leidt tot veranderingen in de neuromusculaire controle (L. K. Lepley, A. S. Lepley, Onate & Grooms, 2017). In dit case report is gebruik gemaakt van functionele oefeningen waarbij ook excentrische componenten aan bod zijn gekomen.

In *tabel 7* worden de oefeningen weergegeven die uitgevoerd zijn ter verbetering van de spierkracht en welke accenten er zijn gelegd voor het verbeteren van de neuromusculaire controle.

Tabel 7: oefenprogramma inclusief parameters.

Oefening	Beschrijving	Feedback	Parameters	Tijdspad
Fietsen	Fietsen als warming-up voor de training.	-	5-10 minuten	Elke keer
Side-lying clam	<i>Uitvoering:</i> zijlig, heupen in 45° en knieën in 90° flexie. De knie van het bovenste been wordt omhoog gebracht waarbij de voeten op elkaar blijven liggen. Om de oefening te verzwaren is er een dynaband boven de knieën geplaatst. Er treedt hierbij exorotatie op in het heupgewricht.	-	4x12 herhalingen 30 sec. serie rust Tempo 2:2 sec. Dynaband groen Dynaband blauw Dynaband zwart	Week 1-4 Week 5-8 Week 9-12
Squat	<i>Uitvoering:</i> voeten op schouderbreedte en de hakken zijn geplaatst op schijfjes. Vervolgens zakt de patiënt door beide knieën tot een hoek van (uiteindelijk) 90°. Achter de patiënt zijn diverse krukken geplaatst om de diepte van de uitvoering te bepalen.	<u>Visueel:</u> spiegel. <u>Tactiel:</u> dynaband om knieën om dynamische knievalgus te voorkomen, aanraken van de kruk die achter de patiënt staat. <u>Verbaal:</u> Duw de knieën naar buiten, knie niet voorbij de tenen laten komen.	4x12 herhalingen 30 sec. serie rust Tempo: 2:2 sec. 110° knieflexie (kruk I) 100° knieflexie (kruk II + kussen) 90° knieflexie (kruk II) + dynaband groen + 5kg halter + 10kg halter	Week 1 Week 2 Week 3 - 12 Week 6 - 12 Week 9 Week 10 - 12

Lateral band walk	<i>Uitvoering:</i> in stand, met licht gebogen knieën, kleine stapjes opzij maken. Uitvoering is met een dynaband boven de knieën of aan een pulley met gewicht.	<u>Tactiel:</u> dynaband boven de knieën om druk tegen de band in te kunnen geven. <u>Verbaal:</u> let op dynamische knievalgus, kleine stapjes.	3x10 meter 30 sec. serie rust Tempo 2:2 sec. Dynaband: Blauw Pulley 16 kg Pulley 20 kg	Week 1-6 Week 7-9 Week 10-12
Staan op Bosubal	<i>Uitvoering:</i> met twee benen en licht gebogen knieën op de Bosubal staan voor het trainen van de balans en stabiliteit.	<u>Visueel:</u> spiegel. <u>Verbaal:</u> let op de stand van de knieën.	4x30 seconden. 30 sec. serie rust Tempo: 2:2 sec.	Week 1-3
Step up	<i>Uitvoering:</i> stap met één been op de step waarna je het andere been direct omhoog brengt tot 90° heup- en knieflexie. Vervolgens stap je weer langzaam af.	<u>Visueel:</u> spiegel <u>Verbaal:</u> let op dynamische knievalgus tijdens het op- en afstappen.	1x2x12 herhalingen - step op stand 2 1x4x12 herhalingen – step op stand 2 30 sec. serie rust Tempo: 2:2 sec.	Week 2 Week 3-4
Step down	<i>Uitvoering:</i> met één been op de step staan en langzaam door de knie zakken tot de hak van het andere been de grond aanraakt. Vervolgens weer langzaam omhoog. Uitvoering met schijfjes onder de hakken i.v.m. beperkte dorsaalflexie enkel.	<u>Visueel:</u> spiegel en een stok zodat knie niet voorbij de tenen kan komen. <u>Verbaal:</u> let op dynamische knievalgus, rustig terugzakken.	2x12 herhalingen - step op stand 1 4x12 herhalingen - step op stand 1 30 sec. serie rust Tempo: 2:2 sec.	Week 5 Week 6-12
Leg extension apparaat	<i>Uitvoering:</i> aandacht voor maximale extensie knie, dorsaalflexie voeten en rustige uitvoering.	-	2x12 herhalingen 10 kg 30 sec. serie rust Tempo: 2:2 sec.	Week 6
Side step up	<i>Uitvoering:</i> zijwaarts op de step stappen en het andere been omhoog brengen tot 90° heup- en knieflexie.	<u>Visueel:</u> spiegel <u>Verbaal:</u> let op dynamische knievalgus tijdens op- en afstappen.	1x12 herhalingen 4x12 herhalingen + balanskussen 30 sec. serie rust Tempo: 2:2 sec.	Week 8 Week 9 Week 10 -11
Heupabductie in zijlig	<i>Uitvoering:</i> in zijlig het geëxtendeerde en licht geëxoroteerde been heffen en weer laten zakken.	-	1x4x12 herhalingen 30 sec. serie rust Tempo: 2:2 sec.	Week 9-12
Gluteal bridge	<i>Uitvoering:</i> in ruglig met gebogen knieën langzaam de billen heffen en weer rustig laten zakken zonder daarbij de grond aan te raken.	-	4x12 herhalingen 30 sec. serie rust Tempo: 2:2 sec.	Week 9-10
Lunge	<i>Uitvoering:</i> vanuit schredestand zakt de patiënt door zowel het voorste als achterste been tot dat er in beide knieën een hoek van 90° ontstaat.	<u>Visueel:</u> spiegel en een stok zodat knie niet voorbij tenen kan komen. <u>Verbaal:</u> Let op dat je romp rechtop blijft en je knie niet naar binnen gaat.	4x12 herhalingen 30 sec. serie rust Tempo: 2:2 sec.	Week 11 - 12

Resultaten interventie

Eén van de belangrijkste uitkomstmaat in dit case report was de mate van beperkingen in activiteiten gemeten met de PSK en de AKPS. In *tabel 8* worden de resultaten weergegeven van bovenstaande vragenlijsten gedurende de verschillende meetmomenten. Uit de resultaten blijkt dat er op het gebied van lopen en fietsen een klinische verbetering van respectievelijk -2 en -8 punten is opgetreden welke is gemeten met de PSK (MDC: 1.5 – 2.5). De PSK voor hurken is slechts met één punt afgenomen wat duidt op geen klinische verbetering voor deze activiteit. Op het gebied van activiteiten, pijn en beperkingen gemeten met de AKPS is een verbetering opgetreden van +20 punten (SDC: +11).

Tabel 8: Resultaten van de metingen op activiteitsniveau.

	Beginmeting Week 0	Tussenmeting Week 7	Eindmeting Week 12	Vershil begin-eind	MIC/SDC
PSK 1: Lopen (tien minuten)	NRS: 5/10	NRS: 6/10	NRS: 3/10	-2 punten	MIC: 1.5-2.5
PSK 2: fietsen naar school	NRS: 10/10	NRS: 7/10	NRS: 2/10	-8 punten	MIC: 1.5-2.5
PSK 3: hurken	NRS: 7/10	NRS: 7/10	NRS: 6/10	-1 punt	MIC: 1.5-2.5
AKPS	72/100	73/100	92/100	+20 punten	SDC: 11

In *tabel 9* en *10* worden de resultaten weergegeven van de metingen op functieniveau. Uit de resultaten blijkt dat er sprake is van een klinisch relevantie afname (MCID: 3.3) op het gebied van gemiddelde pijn (NPRS: -5 punten) en van de pijn op het slechtste moment (NPRS: -6 punten).. Ook de kracht van de heupabductoren, quadriceps en hamstrings is vooruitgegaan van MRC 4 naar MRC 5. Tevens lijkt de neuromusculaire controle te zijn verbeterd. Tijdens de SLST werden er minder balansverstoringen waargenomen, was er geen pelvic drop meer zichtbaar en was de dynamische knievalgus verbeterd. Bij de uitvoering op het linkerbeen waren er nog enkele balansverstoringen, een gescandeerd bewegingsverloop en matige dynamische knievalgus zichtbaar. De uitvoering op het rechterbeen was correct (*tabel 10*).

Tabel 9: Resultaten van de metingen op functieniveau.

	Beginmeting Week 0	Tussenmeting Week 7	Eindmeting Week 12	Vershil begin-eind	MCID
NPRS gemiddeld	NPRS: 6/10	NPRS: 4/10	NPRS: 1/10	-5 punten	3.3
NPRS slechtste moment	NPRS: 8/10	NPRS: 4/10	NPRS: 2/10	-6 punten	3.3
MRC heupabductoren	MRC: 4	-	MRC: 5	+1 punt	-
MRC quadriceps	MRC: 4	-	MRC: 5	+1 punt	-
MRC hamstrings	MRC: 4	-	MRC: 5	+1 punt	-

Tabel 10: Resultaten observatie single leg squat test (SLST)

Observatielijst Single Leg Squat Test (SLST)	Beginmeting links	Eindmeting links	Beginmeting rechts	Eindmeting rechts
- Pelvic drop	+	-	+	-
- Heupadductie/endorotatie femur	+	+	+	-
- Dynamische knievalgus	++	+	+	-
- Endorotatie tibia	+	+	+	-
- Overmatige voetpronatie	+	-	+	-
- Balansverstoringen	++	+	+	-
- Gescandeerd bewegingsverloop	++	+	+	-

Legenda: - = afwezig, + = aanwezig, ++ = sterk aanwezig.

Afsluiting

Alle uitkomstmaten laten een verbetering zien ten opzichte van de beginmeting. Na een interventieperiode van twaalf weken was de patiënt tevreden met het eindresultaat omdat hij nog weinig restklachten ervaarde in het dagelijks leven. Naar aanleiding van de tevredenheid van de patiënt met het eindresultaat is besloten om de behandeling af te ronden. De resultaten zijn tijdens de laatste behandeling besproken met de patiënt en eventuele vragen zijn beantwoord. Doordat de patiënt nog niet geheel pijnvrij was aan het eind van de behandelperiode is het mogelijk dat de klachten verergeren zodra er opnieuw een disbalans ontstaat in de belasting en belastbaarheid van het patellofemorale gewricht. Gezien een wat laconieke houding van de patiënt richting het eind van de behandelperiode is het mogelijk dat de patiënt snel over zijn grenzen heen gaat en daarmee de klachten opnieuw aanwakkert. Het is mogelijk dat als de verworven spierkracht en neuromusculaire controle niet wordt bijgehouden dit kan leiden tot recidiverende klachten. Om dit zo goed mogelijk te ondervangen is de patiënt geadviseerd om een aantal oefeningen zelfstandig thuis te blijven uitvoeren om de geboekte vooruitgang in stand te houden of eventueel nog iets te verbeteren. Tevens is er afgesproken dat de patiënt weer contact opneemt met de fysiotherapeut indien de klachten verergeren.

Discussie

De onderzoeksvraag van dit case report luidt: 'In welke mate heeft oefentherapie gericht op het verbeteren van de spierkracht en neuromusculaire controle van de onderste extremiteit gedurende twaalf weken invloed op de mate van pijn en beperkingen in activiteiten (wandelen, fietsen en hurken) bij een vijftienjarige jongen met beiderzijds het patellofemorale pijnsyndroom?'.

Gedurende de behandelperiode is er een klinisch relevante afname waargenomen op het gebied van pijn en beperkingen in de activiteiten lopen en fietsen gemeten met de PSK. Alleen voor de activiteit hurken, eveneens gemeten met de PSK, is geen klinisch verschil waargenomen. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat er tijdens het hurken een grotere patellofemorale druk ontstaat dan tijdens de andere activiteiten (Wallace, Salem, Salinas & Powers, 2002).

Het hoofddoel was: "De patiënt heeft over twaalf weken minder pijn (NPRS: 0) en beperkingen in activiteiten (AKPS > 90) waardoor hij in staat is om langer dan tien minuten te wandelen (PSK: 5 > 0), te fietsen naar school (PSK: 10 > 3) en mee kan doen met de gymlessen op school".

Zoals hierboven beschreven, is er een verbetering opgetreden op alle gebieden van het hoofddoel en daarmee ook de hulpvraag, echter zijn de beoogde scores daarbij niet behaald. Daarnaast heeft de patiënt nog niet mee kunnen doen met de gymlessen op school omdat deze lessen tijdelijk zijn vervallen.

Uit de literatuur is gebleken dat oefentherapie de beste interventie is voor het behandelen van PFPS. Fukuda et al. (2012) heeft in een RCT onderzocht of het combineren van spierversterkende oefeningen voor de heup- en kniespiers effectiever is dan wanneer men alleen het quadriceps oefenprogramma volgt bij vrouwen met PFPS. De proefpersonen in het gecombineerde heup- en knieprogramma vertoonden een significante verbetering op het gebied van pijn en functie gedurende de drie, zes en twaalf maanden follow-up. De AKPS verbeterde in deze groep tijdens de 3 maanden follow-up met 19,8 punten (± 9.1). Deze resultaten komen overeen met de verbetering van 20 punten op de AKPS in dit case report. Tevens werd er in de studie van Fukuda et al. (2012) een significante verbetering waargenomen op de NPRS voor traplopen, de Lower Extremity Functional Scale en de afstand tijdens de single-hop test. De interventieperiode in de studie van Fukuda et al. (2012) was echter vier weken in plaats van twaalf in dit case report. Daarnaast werden er naast de spierkracht versterkende oefeningen ook rekoefeningen uitgevoerd welke niet zijn toegepast in dit case report. Om deze redenen zijn de resultaten van dit RCT niet geheel vergelijkbaar met de resultaten van dit case report.

Uitsluitend in de studie van Baldon et al. (2014) is het effect van functionele stabiliteitstraining bij PFPS onderzocht. De interventie was in deze studie gericht op het verbeteren van de spierkracht van de knie- en heupspieren in combinatie met motorische controle oefeningen van de OE gedurende acht weken. De resultaten toonden een afname op het gebied van pijn gemeten met de VAS: -5.2 (± 1.6). Deze resultaten komen overeen met de resultaten op het gebied van pijn in dit case report (NPRS: -5 voor gemiddelde pijn). De functionele stabiliteitstrainingsgroep in het onderzoek van Baldon et al. (2014) vertoonden een significante afname van de ipsilaterale romp inclinatiehoek ($P = .004$), contralaterale pelvis drop ($P = .005$), heupadductie ($P < .001$) en knieabductie ($P = .004$) gemeten doormiddel van een elektromagnetisch systeem tijdens de single leg squat. Deze verbeteringen werden ook visueel waargenomen in dit case report maar konden niet zo specifiek gemeten worden doordat er geen gebruik is gemaakt van video-analyse met markers. De resultaten van het onderzoek van Baldon et al. (2014) kunnen niet helemaal vergeleken worden met dit case report omdat de onderzoekspopulatie bestond uit volwassen vrouwelijke atleten.

De resultaten van dit case report kunnen verklaard worden vanuit een biomechanisch/fysiologisch perspectief. De toename van spierkracht en een betere neuromusculaire controle van de OE gedurende activiteiten leidt mogelijk tot een vermindering van druk in het patellofemorale gewricht (Salsich & Perman, 2007). Vermindering van druk in het patellofemorale gewricht leidt eveneens tot minder nociceptie van structuren in het gewricht (Powers et al., 2017). De interventieperiode van twaalf weken is gekozen omdat het minimaal tien weken duurt voordat krachttraining leidt tot een toename van neuromusculaire innervatie en hypertrofie (Vrijens, Bourgois & Witvrouw, 2001). Het niet helemaal behalen van de hulpvraag kan mogelijk worden verklaard vanuit een psychosociaal perspectief. De totale behandelduur van dit case report was vijftien weken met een interventieperiode van twaalf weken. Deze discrepantie heeft te maken met een afname in de therapietrouw richting het eind van de behandelperiode gepaard met een laconieke houding van de patiënt. Richting het eind van de behandelperiode werd het steeds lastiger om afspraken in te plannen omdat de patiënt het druk had met school en werken. Er zijn afspraken gemaakt dat wanneer er geen behandeling ingepland kon worden de patiënt die week zelfstandig zou komen trainen, deze afspraken zijn echter meerdere malen niet nagekomen. Het gevolg hiervan is dat er richting het eind van de behandelperiode vaak veel tijd heeft gezeten tussen de opeenvolgende trainingsprikkelers wat er mogelijk toe kan hebben geleid dat het hoofddoel niet helemaal is behaald binnen de behandelperiode. Daarnaast was er sprake van een herstel belemmerende factor namelijk de duur waarin de klachten al aanwezig waren. Uit de resultaten van het onderzoek van Noehren et al. (2016) wordt verondersteld dat chronische PFP wordt gekarakteriseerd door verhoogde gevoeligheid van zowel lokale- als centrale pijnsensoren en dat er een verband bestaat tussen afwijkende bewegingsbiomechanica en een verhoogde nociceptieve input. Deze factoren maken dat chronische PFP lastiger te behandelen is dan wanneer de klacht acuut is, dit kan eveneens een verklaring zijn voor het niet helemaal behalen van het hoofddoel.

De hypothesen en het onderzoeksplan zijn gedurende de behandelperiode niet bijgesteld. Gemeld moet worden dat het uitsluiten van potentiële differentiaaldiagnosen doormiddel van fysiotherapeutische testen maar met een zeer beperkte betrouwbaarheid gedaan kan worden. Beeldvormend onderzoek is nodig om met zekerheid deze differentiaaldiagnosen uit te kunnen sluiten (Dutton et al., 2016).

Tevens had verder onderzocht kunnen worden of de statiek van de enkel en voet verbeterd had kunnen worden doormiddel van podotherapie zolen. Het onderzoek van Barton, Menz en Crossley (2011) heeft aangetoond dat podotherapie zolen een significant effect hebben op de uitvoering van functionele taken en vermindering van pijn bij patiënten met PFPS. De gedachte hierachter is dat de steunzolen zorgen voor vermindering van de voetpronatie wat leidt tot een betere alignment van de OE waardoor een dynamische knievalgus wordt voorkomen en daarmee minder druk in het patellofemorale gewricht ontstaat (Barton, Menz & Crossley, 2011).

Om de spierkracht te meten is gebruik gemaakt van de MRC. De MRC heeft een beperkte betrouwbaarheid gezien deze voor de OE alleen onderzocht is bij een kritiek zieke patiëntenpopulatie. Ondanks dat de kracht is toegenomen van MRC 4 naar MRC 5 is het niet mogelijk om te zeggen of dit klinisch relevant is omdat er geen MCID beschikbaar is. Daarnaast heeft de MRC een beperkte validiteit en responsiviteit bij relatief gezonde patiënten die MRC 4 of hoger scoren (Van der Ploeg & Oosterhuis, 2001). Het is een meetinstrument waarbij de patiënt een verbetering van 80% kan vertonen in de spierkracht maar hierdoor toch MRC 4 blijft scoren omdat het nog niet overeen komt met normaal kracht. De spierkracht had bij deze patiënt beter in kaart gebracht kunnen worden doormiddel van een Microfet. De betrouwbaarheid van de Microfet voor het meten van de heupspierkracht is goed, ICC: 0.82 – 0.97 (Krause et al., 2014). Ook had een isokinetische spierkrachtmeting met behulp van bijvoorbeeld een Biodex een betrouwbaardere meting opgeleverd. Uit het onderzoek van Merlini, Dell'Accio & Granata (1995) is gebleken dat een isokinetische spierkrachtmeting van de quadriceps een goede betrouwbaarheid heeft van ICC: 0.94 – 0.99 en voor de hamstrings ICC: 0.85 – 0.95.

Het is aangetoond dat patiënten met PFPS regelmatig afwijkingen vertonen in de biomechanica welke kan worden gevisualiseerd met een SLST (Petersen et al., 2014; Dutton et al., 2016). Om een analyse uit te voeren is er in dit case report gebruik gemaakt van een zelfontworpen observatielijst. De afwijkingen in de biomechanica tijdens de SLST had beter geanalyseerd kunnen worden door gebruik te maken van een videoanalyse (Herrington, 2014). Tijdens een videoanalyse kan gebruik worden gemaakt van markers op vastgestelde punten zodat hoeken in kaart kunnen worden gebracht met behulp van een applicatie. Uit het onderzoek van Munro, Herrington en Carolan (2012) is gebleken dat een video analyse een betrouwbaar meetinstrument (ICC: 0.72 – 0.92) is voor het in kaart brengen van de dynamische knievalgus.

De toegevoegde waarde van dit case report is dat de neuromusculaire controle van de OE is meegenomen in de behandeling doormiddel van verschillende vormen van feedback. Een multimodale aanpak doormiddel van visuele, auditieve en tactiele feedback is het meest effectief voor het verbeteren van de motorische controle (Sigrist, Rauter, Riener & Wolk, 2013).

Conclusie

Oefentherapie gedurende twaalf weken gericht op het verbeteren van de spierkracht van de quadriceps en heupspieren en de neuromusculaire controle van de OE heeft in dit case report geleid tot een klinisch relevante verbetering op het gebied van pijn en beperkingen in activiteiten bij een vijftienjarige adolescent met beiderzijds PFPS. Tevens is er een verbetering opgetreden in de spierkracht en neuromusculaire controle van de OE. Een aanbeveling voor de praktijk is om bij iedere patiënt met PFPS individueel na te gaan welke factoren leiden tot overbelasting van het patellofemorale gewricht en om deze persoonsgebonden aspecten vervolgens aan te pakken in de behandeling. Een implicatie voor verder wetenschappelijk onderzoek zou zijn om de effecten van een interventie gericht op het verbeteren van de neuromusculaire controle in kaart te brengen. Daarnaast dient meer aandacht te worden besteed aan de specifieke behandeling voor PFPS in de adolescenten populatie gezien de hoge prevalentie in deze doelgroep.

Literatuurlijst

- Alba-Martín, P., Gallego-Izquierdo, T., Plaza-Manzano, G., Romero-Franco, N., Núñez-Nagy, S., & Pecos-Martín, D. (2015). Effectiveness of therapeutic physical exercise in the treatment of patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(7), 2387–2390. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2387>
- Baldon, R. M., Serrão, F. V., Scattone Silva, R., & Piva, S. R. (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. <https://doi.org/10.2519/jospt.2014.4940>
- Barton, C. J., Lack, S., Hemmings, S., Tufail, S., & Morrissey, D. (2015). The ‘Best Practice Guide to Conservative Management of Patellofemoral Pain’: incorporating level 1 evidence with expert clinical reasoning. *British Journal of Sports Medicine*, 49(14), 923–934. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093637>
- Barton, C. J., Menz, H. B., & Crossley, K. M. (2011). The immediate effects of foot orthoses on functional performance in individuals with patellofemoral pain syndrome. *British Journal of Sports Medicine*, 45(3), 193–197. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.069203>
- Chatman, A. B., Hyams, S. P., Neel, J. M., Binkley, J. M., Stratford, P. W., Schomberg, A., & Stabler, M. (1997). The Patient-Specific Functional Scale: measurement properties in patients with knee dysfunction. *Physical therapy*, 77(8), 820-829.
- Cibere, J., Bellamy, N., Thorne, A., Esdaile, J. M., McGorm, K. J., Chalmers, A., . . . Kopec, J. (2004). Reliability of the knee examination in osteoarthritis: Effect of standardization. *Arthritis & Rheumatism*, 50(2), 458–468. <https://doi.org/10.1002/art.20025>
- Circi, E., Atalay, Y., & Beyzadeoglu, T. (2017). Treatment of Osgood–Schlatter disease: review of the literature. *MUSCULOSKELETAL SURGERY*, 101(3), 195–200. <https://doi.org/10.1007/s12306-017-0479-7>
- Cirkel, J. W., Klaassen, W. R. C., Kunst, J. A., Aarns, T. E. M., Plag, E. C. M., Goudswaard, A. N., & Burgers, J. S. (2009). NHG-Standaard Niet-traumatische knieproblemen bij kinderen en adolescenten. In *NHG-Standaarden 2009* (pp. 1145-1153). Bohn Stafleu van Loghum, Houten.
- Collins, N. J., Barton, C. J., Van Middelkoop, M., Callaghan, M. J., Rathleff, M. S., Vicenzino, B. T., . . . Crossley, K. M. (2018). 2018 Consensus statement on exercise therapy and physical interventions (orthoses, taping and manual therapy) to treat patellofemoral pain: recommendations from the 5th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Gold Coast, Australia, 2017. *British Journal of Sports Medicine*, 52(18), 1170–1178. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099397>
- Collins, N. J., Bierma-Zeinstra, S. M. A., Crossley, K. M., Van Linschoten, R. L., Vicenzino, B., & Van Middelkoop, M. (2013). Prognostic factors for patellofemoral pain: a multicentre observational analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 47(4), 227–233. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091696>

- Cook, C., Hegedus, E., Hawkins, R., Scovell, F., & Wyland, D. (2010). Diagnostic Accuracy and Association to Disability of Clinical Test Findings Associated with Patellofemoral Pain Syndrome. *Physiotherapy Canada*, 62(1), 17–24. <https://doi.org/10.3138/physio.62.1.17>
- 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? 1. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 85(5), 815–822.
- Crossley, K. M., Zhang, W., Schache, A. G., Bryant, A., & Cowan, S. M. (2011). Performance on the Single-Leg Squat Task Indicates Hip Abductor Muscle Function. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(4), 866–873. <https://doi.org/10.1177/0363546510395456>
- Dos Anjos Rabelo, N. D. A., Lima, B., Dos Reis, A. C., Bley, A. S., Yi, L. C., Fukuda, T. Y., . . . Lucareli, P. R. G. (2014). Neuromuscular training and muscle strengthening in patients with patellofemoral pain syndrome: a protocol of randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2474-15-157>
- Dutton, R. A., Khadavi, M. J., & Fredericson, M. (2016). Patellofemoral Pain. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 27(1), 31–52. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2015.08.002>
- Fukuda, T. Y., Melo, W. P., Zaffalon, B. M., Rossetto, F. M., Magalhães, E., Bryk, F. F., & Martin, R. L. (2012). Hip Posterolateral Musculature Strengthening in Sedentary Women With Patellofemoral Pain Syndrome: A Randomized Controlled Clinical Trial With 1-Year Follow-up. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 42(10), 823–830. <https://doi.org/10.2519/jospt.2012.4184>
- Green, A., Liles, C., Rushton, A., & Kyte, D. G. (2014). Measurement properties of patient-reported outcome measures (PROMS) in Patellofemoral Pain Syndrome: A systematic review. *Manual Therapy*, 19(6), 517–526. <https://doi.org/10.1016/j.math.2014.05.013>
- Hermans, G., Clerckx, B., Vanhullebusch, T., Segers, J., Vanpee, G., Robbeets, C., . . . Van Den Berghe, G. (2012). Interobserver agreement of medical research council sum-score and handgrip strength in the intensive care unit. *Muscle & Nerve*, 45(1), 18–25. <https://doi.org/10.1002/mus.22219>
- Herrington, L. (2014). Knee valgus angle during single leg squat and landing in patellofemoral pain patients and controls. *The Knee*, 21(2), 514–517. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2013.11.011>
- Horn, K. K., Jennings, S., Richardson, G., Van Vliet, D., Hefford, C., & Abbott, J. H. (2012). The Patient-Specific Functional Scale: Psychometrics, Clinimetrics, and Application as a Clinical Outcome Measure. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 42(1), 30. <https://doi.org/10.2519/jospt.2012.3727>
- Jensen, R., Hystad, T., & Baerheim, A. (2005). Knee Function and Pain Related to Psychological Variables in Patients With Long-Term Patellofemoral Pain Syndrome. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 35(9), 594–600. <https://doi.org/10.2519/jospt.2005.35.9.594>
- Jones, A., Hopkinson, N., Patrick, M., Berman, P., & Doherty, M. (1992). Evaluation of a method for clinically assessing osteoarthritis of the knee. *Annals of the rheumatic diseases*, 51(2), 243–245.

- Krause, D. A., Neuger, M. D., Lambert, K. A., Johnson, A. E., DeVinny, H. A., & Hollman, J. H. (2014). Effects of Examiner Strength on Reliability of Hip-Strength Testing Using a Handheld Dynamometer. *Journal of Sport Rehabilitation*, 23(1), 56–64. <https://doi.org/10.1123/jsr.2012-0070>
- Kumar, V., Singhroha, M., & Agarwal, A. K. (2016). Jumper's knee: A review. *Saudi Journal of Medicine*, 1(2), 26-28.
- Lankhorst, N. E., Van Middelkoop, M., Crossley, K. M., Bierma-Zeinstra, S. M. A., Oei, E. H. G., Vicenzino, B., & Collins, N. J. (2016). Factors that predict a poor outcome 5–8 years after the diagnosis of patellofemoral pain: a multicentre observational analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(14), 881–886. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094664>
- Lepley, L. K., Lepley, A. S., Onate, J. A., & Grooms, D. R. (2017). Eccentric Exercise to Enhance Neuromuscular Control. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 9(4), 333–340. <https://doi.org/10.1177/1941738117710913>
- Manske, R. C., & Davies, G. J. (2016). Examination of the patellofemoral joint. *International journal of sports physical therapy*, 11(6), 831.
- Merlini, L., Dell'Accio, D., & Granata, C. (1995). Reliability of dynamic strength knee muscle testing in children. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 22(2), 73-76.
- Van Middelkoop, M., Van der Heijden, R. A., & Bierma-Zeinstra, S. M. (2017). Characteristics and Outcome of Patellofemoral Pain in Adolescents: Do They Differ From Adults? *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 47(10), 801–805. <https://doi.org/10.2519/jospt.2017.7326>
- Munro, A., Herrington, L., & Carolan, M. (2012). Reliability of 2-dimensional video assessment of frontal-plane dynamic knee valgus during common athletic screening tasks. *Journal of sport rehabilitation*, 21(1), 7-11
- Nascimento, L. R., Teixeira-Salmela, L. F., Souza, R. B., & Resende, R. A. (2018). Hip and Knee Strengthening Is More Effective Than Knee Strengthening Alone for Reducing Pain and Improving Activity in Individuals With Patellofemoral Pain: A Systematic Review With Meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 48(1), 19–31. <https://doi.org/10.2519/jospt.2018.7365>
- Noehren, B., Shuping, L., Jones, A., Akers, D. A., Bush, H. M., & Sluka, K. A. (2016). Somatosensory and Biomechanical Abnormalities in Females With Patellofemoral Pain. *The Clinical Journal of Pain*, 32(10), 915–919. <https://doi.org/10.1097/ajp.0000000000000331>
- Van Nugteren, K., & Winkel, D. (2010). *Onderzoek en behandeling van anterieure kniepijn*. Houten, Nederland: Bohn Stafleu van Loghum.
- Palmieri-Smith, R. M., Villwock, M., Downie, B., Hecht, G., & Zernicke, R. (2013). Pain and Effusion and Quadriceps Activation and Strength. *Journal of Athletic Training*, 48(2), 186–191. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-48.2.10>
- Petersen, W., Ellermann, A., Gösele-Koppenburg, A., Best, R., Rembitzki, I. V., Brüggemann, G., & Liebau, C. (2014). Patellofemoral pain syndrome. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 22(10), 2264–2274. <https://doi.org/10.1007/s00167-013-2759-6>

- Piva, S., Gil, A., Moore, C., & Fitzgerald, G. (2009). Responsiveness of the activities of daily living scale of the knee outcome survey and numeric pain rating scale in patients with patellofemoral pain. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 41(3), 129–135. <https://doi.org/10.2340/16501977-0295>
- Van Der Ploeg, R. J. O., & Oosterhuis, H. J. G. H. (2001). Fysische diagnostiek-het meten van spierkracht. *Nederlands tijdschrift voor geneeskunde*, 145(1), 19-23.
- Powers, C. M. (2010). The Influence of Abnormal Hip Mechanics on Knee Injury: A Biomechanical Perspective. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(2), 42–51. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3337>
- Powers, C. M., Witvrouw, E., Davis, I. S., & Crossley, K. M. (2017). Evidence-based framework for a pathomechanical model of patellofemoral pain: 2017 patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester, UK: part 3. *British Journal of Sports Medicine*, 51(24), 1713–1723. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098717>
- Ruland, J. R., III, M. M. H., & Diduch, D. R. (2017). Patellofemoral Pain: Current Concepts. *Ann Sports Med Res*, 4(5), 1118.
- Salsich, G. B., & Perman, W. H. (2007). Patellofemoral Joint Contact Area Is Influenced by Tibiofemoral Rotation Alignment in Individuals Who Have Patellofemoral Pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 37(9), 521–528. <https://doi.org/10.2519/jospt.2007.37.9.521>
- Santos, T. R. T., Oliveira, B. A., Ocarino, J. M., Holt, K. G., & Fonseca, S. T. (2015). Effectiveness of hip muscle strengthening in patellofemoral pain syndrome patients: a systematic review. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 19(3), 167–176. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0089>
- Sigrist, R., Rauter, G., Riener, R., & Wolf, P. (2013). Augmented visual, auditory, haptic, and multimodal feedback in motor learning: a review. *Psychonomic bulletin & review*, 20(1), 21-53.
- Smith, B. E., Selfe, J., Thacker, D., Hendrick, P., Bateman, M., Moffatt, F., . . . Logan, P. (2018). Incidence and prevalence of patellofemoral pain: A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE*, 13(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190892>
- Suter, E., Herzog, W., De Souza, K., & Bray, R. (1998). Inhibition of the Quadriceps Muscles in Patients with Anterior Knee Pain. *Journal of Applied Biomechanics*, 14(4), 360–373. <https://doi.org/10.1123/jab.14.4.360>
- Ummels, P. E. J., Lenssen, A. F., Barendrecht, M., & Beurskens, A. J. H. M. (2017). Reliability of the Dutch translation of the Kujala Patellofemoral Score Questionnaire. *Physiotherapy Research International*, 22(1). <https://doi.org/10.1002/pri.1649>
- Vrijens, J., Bourgois, J., & Lenoir, M. (2001). *Basis voor verantwoord trainen*. Publicatiefonds voor Lichamelijke opvoeding.

- Wallace, D. A., Salem, G. J., Salinas, R., & Powers, C. M. (2002). Patellofemoral Joint Kinetics While Squatting with and without an External Load. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 32(4), 141–148. <https://doi.org/10.2519/jospt.2002.32.4.141>
- Wilmore, J. H., Costill, D. L., Kenney, W. L., & Poel, G. M. (2009). *Inspannings-en sportfysiologie*. Elsevier gezondheidszorg.
- Witvrouw, E., Lysens, R., Bellemans, J., Cambier, D., & Vanderstraeten, G. (2000). Intrinsic Risk Factors for the Development of Anterior Knee Pain in an Athletic Population: A Two-Year Prospective Study. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(4), 480–489. <https://doi.org/10.1177/03635465000280040701>
- Zwerver, H., & Slagers, A. (2009). Diagnostiek en behandeling van de jumper's knee. In *Jaarboek Fysiotherapie Kinesitherapie 2009* (pp. 72-87). Bohn Stafleu van Loghum, Houten.

