

Wat is de invloed van open en gesloten keten-training na een voorste kruisbandreconstructie op de kniefunctie?

Afstudeeropdracht opleiding Fysiotherapie aan de Hogeschool van Utrecht
Auteurs: Isabel Grommen & Mark Rehorst

Samenvatting:

Doel: Op systematische wijze literatuur verzamelen en bestuderen met betrekking tot spierkracht, knie-laxiteit en knie-pijn bij Open Kinetische Keten Training (OKC) en Gesloten Kinetische Keten Training (CKC) bij patiënten die revalideren na een voorste kruisband (VKB) reconstructie.

Methode: Middels in- en exclusiecriteria systematisch, en via verschillende databanken, effectstudies vergaard die vervolgens samengevat konden worden op basis van hun resultaten met betrekking tot de onderzoeksvraag. Deze effectstudies werden beoordeeld op hun methodologische kwaliteit aan de hand van de PEDro-scorelijst.

Resultaten: Aan de hand van de in- en exclusiecriteria werden er zes artikelen geïnccludeerd. OKC-training heeft een positieve invloed op spierkracht en een negatievere invloed op laxiteit van de knie wanneer deze wordt vergeleken met CKC-training. Er is geen verschil in het effect op knie-pijn tussen de CKC- en OKC-groepen.

Conclusie: Er bestaat sterk bewijs dat OKC-training een goede invloed heeft op de spierkracht van de kniemusculatuur. Met betrekking tot de laxiteit zijn er aanwijzingen gevonden dat OKC-training, met name in de vroege periode postoperatief, hier een negatieve invloed op heeft. Er is gering bewijs gevonden dat er geen verschil in effect bestaat tussen CKC- en OKC-training op knie-pijn.

Summary:

Objective: The objective of this article is to collect, in a systematically manner, scientific evidence within different databases about the influence of Open Kinetic Chain Exercise (OKC) and/or Closed Kinetic Chain Exercise (CKC) on the muscle strength of the knee musculature, the laxity of the knee and knee pain on patients who are rehabilitating after a surgical reconstruction of the anterior cruciate ligament.

Method: Due to the inclusion and exclusion terms scientific articles were found in a systematically manner and within different databases. The results within these articles were summarised and presented in a logical order in order to clarify the problem that is presented by this article. The articles were assessed on their methodological quality by the PEDro-score list.

Results: 6 articles were found, due to the inclusion and exclusion terms, which were relevant to provide an answer for the questions asked in this article. OKC-exercise has a more positive influence on the muscle strength of the knee musculature when compared to CKC-exercise. OKC-exercise has a negative influence on the laxity of the knee, especially in the early period of rehabilitation, when compared to CKC-exercise. There is no difference found that nor CKC- or OKC-exercise has a worse influence on the knee pain.

Conclusion: there's strong evidence about the fact that OKC-exercise in the therapy following an anterior cruciate ligament reconstruction will improve the muscle strength of the knee muscles more than CKC-exercise. However, there are indications that the early start of OKC-exercise may result in more laxity of the knee joint than CKC-training. There's weak evidence, due to a lack of available literature, about the effect of OKC- or CKC-exercise, or combined, on the knee pain.

Trefwoorden: Open kinetische keten, gesloten kinetische keten, voorste kruisband, reconstructie, spierkracht, pijn, laxiteit.

INLEIDING

De voorste kruisband is een belangrijke stabilisator in het kniegewricht. Deze structuur staat in voor 86% van de weerstand tegen de voorste schuiflade van de knie (Butler, Noyes, & Grood, 1980).

De voorste kruisband loopt van de area intercondylaris anterior omhoog naar de mediale vlakte van de laterale femurcondylus (Schünke, Schulte, & Schumacher, 2010).

Incidentie:

Wanneer de voorste kruisband ruptureert is dit meestal het gevolg van een rotatie beweging gecombineerd met een valgus-stress in het kniegewricht (Hewett et al., 2005).

Het is een veelvoorkomende blessure, waar meestal een operatie op volgt. Collins, Katz, Donnell-Fink, Martin, & Losina (2013) schatten de incidentie van een voorste kruisband ruptuur op 250,000 per jaar in Amerika. Exacte cijfers over de incidentie in Nederland zijn niet beschikbaar. Naar schatting worden er jaarlijks 6000 voorste kruisband reconstructies uitgevoerd in Nederland (Saris et al., 2011). In 2006 zijn er in Amerika 125,000 VKB-reconstructies uitgevoerd en dit aantal groeit ieder jaar. In het driejarige onderzoek van Collins et al. zijn er 2370 patiënten met de diagnose 'VKB-ruptuur' vastgesteld. Daarvan hebben er 520 patiënten binnen drie jaar een VKB-reconstructie gehad. Bij mannelijke patiënten werd er vaker een reconstructie uitgevoerd dan bij vrouwen binnen dit onderzoek. Bij de mannen was dit percentage 26% tegenover 19% bij de vrouwen (Collins et al., 2013).

Herstelfasen:

Net zoals bij wondherstel gaat een pas gereconstrueerde voorste kruisband ook door verschillende herstelfasen. Uit onderzoek van Arnoczky, Tarvin, & Mashall (1982) en Beynnon en Johnson (1996) blijkt dat in de eerste twee à drie weken na de operatie de fase 'a-vasculaire necrose' plaatsvindt. In deze fase bevindt de kruisband zich in de zwakke fase en daar moet rekening mee worden gehouden tijdens de revalidatie. In de zesde tot en met de twaalfde week van de revalidatiefase is de reorganisatie van het collageen weefsel. In deze fase is de greffe verzwakt tot 20% van de

oorspronkelijke stevigheid (Arnoczky et al., 1982)(Beynnon & Johnson, 1996).

Training kan collageensynthese bevorderen waardoor het ligamentaire weefsels versterkt. Vroegtijdige deelname aan normale activiteiten kan een sneller herstel van cellen bevorderen (Parker, 1994).

Spiergroepen:

Welke spiergroep de meeste invloed heeft op de actieve stabiliteit in de knie is nog een discussie. Volgens een onderzoek van Keays, Bullock-Saxton, Newcombe, & Keays (2002) is er aan de hand van drie functionele tests gebleken dat de quadricepskracht zowel vóór de VKB-reconstructie als postoperatief een significante correlatie heeft met de functionele stabiliteit in het kniegewricht. Deze significante correlatie bestaat volgens dit onderzoek niet tussen de hamstringkracht en functionele stabiliteit (Keays et al., 2002).

Open-keten-training en gesloten-keten-training:

Een beweging is een open-keten-beweging (OKC) als aan elkaar geschakelde gewrichten waarbij het distale segment vrij kan bewegen in de ruimte, wordt uitgevoerd. Een gesloten-keten-beweging (CKC) wordt gedefinieerd als een beweging waarbij het distale segment tijdens het bewegen niet van positie verandert (Steindler, zoals geciteerd in Bodor, 2001).

Volgens een onderzoek van Escamilla et al. (1998) vertonen open-keten-bewegingen een meer geïsoleerde spierwerking, terwijl een gesloten-keten-beweging een meer algemene en gecoördineerde spierwerking vertoont (Escamilla et al., 1998).

In de revalidatie na een voorste kruisband reconstructie wordt er voorzichtig omgegaan met open-keten-training. Om te begrijpen waarom dit zo is, is het belangrijk om te weten wat er in de knie gebeurt tijdens het uitvoeren van oefeningen. Tijdens een oefening spelen veel factoren een rol, onder andere de krachten die inwerken op de knie en de hoek van flexie van de knie.

Krachten:

De krachten die op het kniegewricht inwerken zijn schuifkrachten, compressiekrachten en rotatiekrachten.

Bij een quadricepscontractie met een 30° geflecteerde knie vindt er een voorwaartse verplaatsing van de tibia plaats door de trekkracht van de patellapees op de tibia. Wanneer de voorste kruisband dit niet kan tegen gaan doordat deze geblesseerd is, wordt deze anterieure translatie groter. Hierdoor is er een vergrote schuifkracht. Er vindt geen anterieure translatie plaats wanneer de knie 70° geflecteerd is. Compressiekrachten worden veroorzaakt door de inwerking van de zwaartekracht, het dragen van het lichaamsgewicht en door inwerking van de spierkracht. Compressiekrachten tussen tibia en femur zijn belangrijk voor het stabiliseren van de knie en gaan de anteroposterieure translatiebeweging in het gewricht tegen. De kruisbanden in de knie zijn gedraaid in tegengestelde richting ten opzichte van elkaar. Tijdens een endorotatie draaien beide kruisbanden verder rond elkaar en komen onder meer spanning te staan. Bij een VKB-ruptuur wordt de endorotatie niet meer belemmerd. Hierdoor ontstaat niet alleen een vergrootte anterieure verschuiving, maar ook een rotatoire instabiliteit (Ellenbecker, 2000).

Tijdens een OKC-oefening zal er tot ongeveer 60° knieflexie een schuifkracht inwerken op de knie door de trekkracht van de patellapees op de tibia als gevolg van quadricepscontractie waardoor er een anterieure translatie plaatsvindt in de knie, in dit traject is de meeste belasting op de voorste kruisband. Er is in deze oefening geen sprake van een beschermende functie door compressiekrachten omdat er geen sprake is van het dragen van lichaamsgewicht. Tijdens een CKC-oefening is er geen sprake van schuifkrachten omdat er een grote compressiekracht inspeelt op het gewricht door het dragen van lichaamsgewicht. Ook is er tijdens deze oefeningen sprake van een cocontractie van de quadriceps en hamstrings. Door deze factoren is er een beschermende en stabiliserende factor van het gewricht en staat de voorste kruisband onder minder belasting (Beynnon, Fleming, & Johnson, 1995)(Beynnon, Johnson, & Fleming, 1997)(Beynnon, Johnson, & Fleming, 2002).

Tijdens een isometrische quadricepscontractie met een knieflexie tussen de 0° en 30° komt er de meeste belasting op de voorste kruisband. Bij een isometrische quadricepscontractie met

een knieflexie tussen de 60° en 90° is er een minimale belasting op de voorste kruisband. Wanneer er een cocontractie van de quadriceps en hamstring plaatsvindt is er vanaf een knieflexie van 30° weinig belasting op de voorste kruisband (Beynnon et al., 1995)(Beynnon et al., 1997)(Beynnon et al., 2002).

Veel fysiotherapeuten gebruiken verschillende revalidatiemethoden. Binnen de fysiotherapie zijn er veel behandelprotocollen en dit onderzoek spitst zich toe op een specifiek gedeelte van de revalidatie: de open- en gesloten keten trainingen. Er is nog vaak onduidelijkheid over welk soort training de voorkeur heeft tijdens de revalidatie. Zoals eerder beschreven geeft volgens de eerder genoemde literatuur OKC-oefeningen meer belasting op de VKB dan de CKC-oefeningen.

Het doel:

Het doel van de literatuurstudie is om een uitspraak te kunnen doen over wat de invloed is van open- en gesloten keten training, of een combinatie hiervan, na een voorste kruisband-reconstructie op de kracht van de omliggende musculatuur, knie-laxiteit en knie-pijn. Dit onderwerp is van belang om meer eenheid te creëren onder de fysiotherapeuten en een recenter inzicht te geven in de beschikbare literatuur met betrekking tot dit onderwerp.

De hypothese:

De verwachting is dat OKC-training een betere invloed heeft op de spierkracht van de extensoren en flexoren van de knie omdat OKC-oefeningen geïsoleerdere oefeningen voor de kniemusculatuur zijn dan CKC-oefeningen. CKC-oefeningen zijn oefeningen die een beroep doen op meerdere spiergroepen en daardoor resulteren in een minder grote toename van de spierkracht.

De hypothese met betrekking tot de invloed op laxiteit is, gezien eerdere genoemde literatuur, dat de OKC-oefeningen meer stress uitoefenen op de voorste kruisband wat resulteert in een toename van de laxiteit van de voorste kruisband.

De verwachting met betrekking tot de invloed op knie-pijn is dat er geen verschil zal zijn tussen OKC- en CKC-training.

Onderzoeksvraag:

De onderzoeksvraag van deze literatuurstudie luidt: 'Wat is de invloed van open- en gesloten keten training, of een combinatie daarvan, na een voorste kruisband reconstructie op de kracht van de kniefunctie?'

De kniefunctie wordt in dit literatuuronderzoek verdeeld in spierkracht, knie-laxiteit en knie-pijn en hierdoor ontstaan drie (sub-)vragen:

- Wat is de invloed van open en gesloten keten-training, of een combinatie daarvan, op de spierkracht van de kniemusculatuur?
- Wat is de invloed van open en gesloten keten-training, of een combinatie daarvan, op de knie-laxiteit?
- Wat is de invloed van open en gesloten keten-training, of een combinatie daarvan, op de knie-pijn?

Voor alle (sub-)vragen geldt dat er een uitspraak wordt gedaan voor patiënten die revalideren na een VKB-reconstructie,

METHODE

Eerst zijn de in- en exclusiecriteria opgesteld, deze staan hieronder beschreven. Er is een selectie gemaakt van de databanken voor de literatuurstudie. Daaruit is er gekozen voor: Academic Search Premier, Cinahl en Pubmed. In deze databanken is er door de twee auteurs gezocht naar artikelen die voldoen aan de in- en exclusiecriteria.

De volgende zoektermen zijn gebruikt:

- ACL reconstruction
- Open kinetic chain
- Closed kinetic chain
- Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Deze zoektermen zijn gebruikt in verschillende combinaties.

In- en exclusie-criteria:

Studies worden geselecteerd op basis van de volgende criteria:

- Artikelen moeten zijn geschreven tussen het jaar 2000 en 2013.
- De onderzoekspopulatie bestaat uit mannen en/of vrouwen die een VKB-reconstructie zijn ondergaan.

- De interventie bestaat uit open keten training en gesloten keten training of combinaties daarvan.
- Er moet minstens één uitkomstmaat gebruikt worden als spierkracht, knie-laxiteit en/of knie-pijn.
- Het onderzoeksdesign moet een Randomized Clinical Trial of een Controlled Clinical Trial zijn (RCT/CCT).
- Het artikel moet in het Engels of Nederlands geschreven zijn en er moet toegang zijn tot het volledige artikel. Samenvattingen worden geëxcludeerd.

Stroomdiagram:

De zoekstrategie zal in een stroomdiagram overzichtelijk worden weergegeven. Middels de in- en exclusiecriteria zullen de opgeleverde hits beoordeeld worden of deze in aanmerking komen met betrekking tot de onderzoeksvraag.

Beoordeling methodologische kwaliteit:

De methodologische kwaliteit van de artikelen worden beoordeeld met behulp van de Physiotherapy Evidence Database (PEDro)-scorelijst. De PEDro-scorelijst is specifiek ontwikkeld om RCT's die relevant zijn voor fysiotherapeutische onderwerpen te beoordelen. De PEDro-scorelijst is voortgekomen uit de Delphi-lijst. De schaal scoort op 10 criteria (range 0-10 punten). Er zijn 11 items, hiervan wordt er op 10 items een score gegeven. Elke vraag kan met 'ja' of 'nee' worden beantwoord. Wanneer de vraag met 'ja' wordt beantwoord, wordt er 1 punt toegekend, bij 'nee' is het 0 punten. Naast een item die de externe kwaliteit van de RCT bepaalt, beoordelen 10 items de interne en statische kwaliteit. De vraag over externe validiteit wordt niet in de som-score opgenomen. De score van deze 10 items worden bij elkaar opgeteld en bepalen zo de somscore en dus de methodologische kwaliteit. Deze somscore wordt geclassificeerd volgens het Canadese Stroke Rehabilitation Evidence-Based Review (SREBR), zie figuur 1 (Van Peppen et al, 2004).

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

Figuur 1: Van Peppen et al., 2004. Classificatie PEDRO-score.

De beoordeling van de methodologische kwaliteit wordt gedaan door de twee auteurs. Deze scores worden vergeleken met de scorelijst op de officiële PEDro internetsite. Hier staan per artikel de PEDro-scores benoemd.

Best Evidence Synthesis	
Sterk Bewijs	Gebaseerd op statistisch significante resultaten gemeten in ten minste 2 rct's van hoge kwaliteit, met PEDro-scores van minimaal 4 punten
Matig Bewijs	Gebaseerd op statistisch significante resultaten, gemeten in ten minste 1 rct van hoge kwaliteit en ten minste 1 rct van lage kwaliteit (≤ 3 punten op PEDro) of 1 cct* van hoge kwaliteit.
Gering Bewijs	Gebaseerd op statistisch significante resultaten, gemeten in ten minste 1 rct van hoge kwaliteit of ten minste 2 cct's* van hoge kwaliteit (in afwezigheid van rct's van hoge kwaliteit)
Aanwijzingen	Gebaseerd op statistisch significante resultaten, gemeten in ten minste 1 cct van hoge kwaliteit of rct* van lage kwaliteit (in afwezigheid van rct's van hoge kwaliteit), of ten minste 2 studies van niet-experimentele aard met voldoende kwaliteit (in afwezigheid van rct's en cct's)*
Geen/onvoldoende bewijs	In de gevallen waarin de resultaten van de geïnccludeerde studies niet voldoen aan de bovengenoemde niveaus van bewijskracht, of in die gevallen waarin conflicterende (statistisch significante positieve en statistisch significante negatieve) resultaten aanwezig zijn tussen rct's en cct's, of in die gevallen waarin geen enkele studie geïnccludeerd kon worden
* Indien het aantal studies dat bewijs aantoonst minder dan 50% bedraagt van het totale aantal gevonden studies in dezelfde categorie van methodologische kwaliteit en studie- design (rct, cct of preëxperimentele studie), wordt het resultaat als 'geen bewijs' geclassificeerd.	

Figuur 2: Van Tulder et al., 2003. 'Best Evidence Synthesis'

Data-extractie-tabel:

Per geïnccludeerd artikel zal er in een tabel (figuur 5) overzichtelijk het studietype, de populatie, de interventie, resultaten uit de groepen en de conclusie van het artikel worden weergegeven.

Interpretatie van de resultaten:

Om een duidelijke uitspraak te doen over de gevonden resultaten, wordt er gebruik gemaakt van de 'Best Evidence Synthesis' van Van Tulder, Furlan, Bombardier, Bouter, & the Editorial Board of the Cochrane Collaboration Back Review Group (2003). Van Tulder et al.

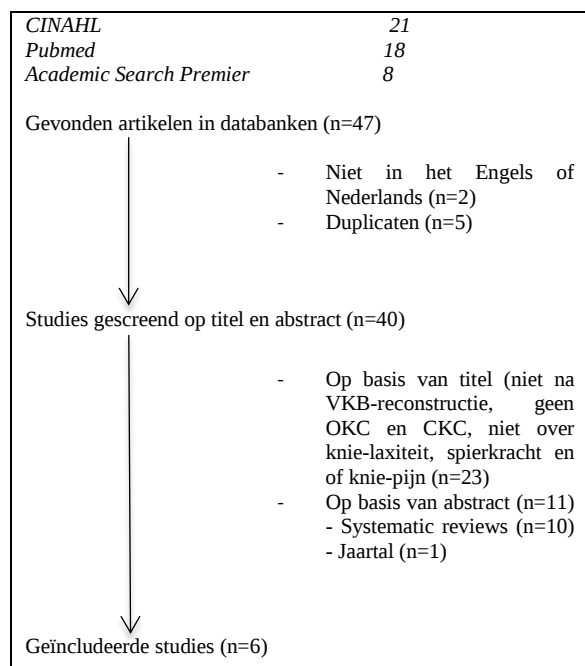
beschrijft in welke mate er een uitspraak gedaan kan worden over de kracht van de resultaten. De classificatie van Van Tulder et al. staat beschreven in figuur 2 (Van Tulder et al., 2003).

RESULTATEN

Alvorens de resultaten vanuit de artikelen besproken gaan worden, zullen eerst de resultaten met betrekking tot het literatuuronderzoek behandeld worden. Daaropvolgend zullen de artikelen beoordeeld worden aan de hand van de PEDro-scorelijst van Van Peppen et al. (2003) om vervolgens de resultaten met betrekking tot de spierkracht, laxiteit en knie-pijn te vergelijken

Resultaten van het literatuuronderzoek:

In totaal leverde de zoektermen 47 hits op. Hiervan werden twee artikelen geëxcludeerd op basis van de geschreven taal. Vijf duplicaten werden vervolgens geëxcludeerd. Hierop volgend werden 40 artikelen geïnccludeerd. Deze artikelen werden vervolgens gescreend op titel en abstract. Op basis van titel werden er 23 onderzoeken geëxcludeerd en op basis van het abstract 11 onderzoeken. Uiteindelijk konden er zes studies geïnccludeerd worden. Dit proces staat weergegeven in het stroomdiagram in figuur 3.



Figuur 3: Stroomdiagram zoekstrategie.

Vragen van de PEDro-scorelijst											
Zijn de in- en exclusiecriteria duidelijk beschreven?											ja/nee
1. Zijn de patiënten random toegewezen aan de groepen?											0 / 1
2. Is de blindingprocedure van de randomisatie gewaarborgd (concealed allocation)?											0 / 1
3. Zijn de groepen wat betreft de belangrijkste prognostische factoren indicatoren vergelijkbaar?											0 / 1
4. Zijn de patiënten geblindeerd?											0 / 1
5. Zijn de therapeuten geblindeerd?											0 / 1
6. Zijn de beoordelaars geblindeerd voor tenminste 1 primaire uitkomstmaat?											0 / 1
7. Wordt er tenminste 1 primaire uitkomstmaat gemeten bij >85% van de geïncludeerde patiënten?											0 / 1
8. Ontvingen alle patiënten de toegewezen experimentele of controlebehandeling of is er een intention-to-treat analyse uitgevoerd?											0 / 1
9. Is van tenminste 1 primaire uitkomstmaat de statistische vergelijkbaarheid tussen de groepen gerapporteerd?											0 / 1
10. Is van tenminste 1 primaire uitkomstmaat zowel puntschatting als spreidingsmate gepresenteerd?											0 / 1
Artikel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Totaal
Kang et al. (2012)	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	7/10
Perry et al. (2005)	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	5/10
Mikkelsen et al.(2000)	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	5/10
Morrissey et al. (2002)	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	5/10
Hooper et al. (2001)	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	4/10
Morrissey et al. (2000)	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	4/10

Figuur 4: PEDro-scorelijst van de gebruikte literatuur

Methodologische kwaliteit van de artikelen:

Zoals in de methode al werd besproken, zijn de artikelen beoordeeld op hun methodologische kwaliteit middels de PEDro-scorelijst van Van Peppen et al. (2003). In 'figuur 4' worden de verschillende vragen van de PEDro-scorelijst beschreven en voor welke vragen de gevonden artikelen een punt scoorden. (Van Peppen et al., 2004).

Het data-extractietabel:

Alle resultaten met betrekking tot de uitkomsten van de gevonden literatuur die beschreven gaan worden, staan vermeld in figuur 5; Het Data-extractietabel.

Resultaten met betrekking tot spierkracht:

In het onderzoek (n=44) van Mikkelsen, Werner, & Eriksson (2000) is er een vergelijking gemaakt tussen een Closed Kinetic Chain-groep (CKC, n=22) en een groep waarin CKC-training later, na 6 weken postoperatief, werd aangevuld met Open Kinetic Chain-therapie (CKC+OKC, n=22). In dit artikel deden de onderzoekers een studie naar onder meer de spierpiekkracht van de mm.quadriceps en de mm.hamstrings van zowel het niet-aangedane als het aangedane been. In het traject van 20-80° flexie werd de spierkracht op snelheden van 30°/seconde, 120°/seconde en 240°/seconde gemeten. De pretest is afgenomen voor de operatie en de posttest na 6 maanden revalidatie.

Resultaten van dit onderzoek laten zien dat de kracht van de mm.quadriceps en mm.hamstrings tijdens concentrische en excentrische metingen bij de CKC+OKC-

groep sterker is verbeterd dan bij de CKC-groep (Mikkelsen et al., 2000).

In een ander artikel, dat van Kang, Jung, & Yu (2012), is onderzoek gedaan naar de spierkracht met betrekking tot open- versus gesloten keten training. In dit onderzoek (n=36) werden de CKC- (n=18) en de OKC-groep (n=18) vergeleken op basis van spierkracht. De CKC-groep voerde alleen gesloten keten oefeningen uit en de OKC-groep alleen open keten oefeningen. De spierkracht werd in dit onderzoek op drie manieren gemeten in week 1 postoperatief en na 12 weken postoperatief. De spierkracht werd gemeten op basis van de piekkracht, het krachthuoudingsvermogen en middels een 1 RM-test.

Uit de resultaten kan worden opgemaakt dat er in dit onderzoek een groter verschil tussen pre- en posttest van de piekkracht, KUHv en 1 RM bij de OKC-groep werd gemeten dan bij de CKC-groep (Kang et al., 2012).

Een laatste onderzoek dat binnen deze literatuurstudie een uitspraak deed over de spierkracht, is het onderzoek (n=43) van Morrissey et al. (2002). In zijn onderzoek werd er gekeken naar de spierkrachtratio van de extensoren. Dit werd berekend door de waarden van het aangedane been te delen door de waarden van het niet-aangedane been. Ook in dit artikel werd de eerste groep benaderd met OKC-training (n=22) en de tweede groep met CKC-training (n=21). In een traject van 4 weken met 3 behandelingen per week werden de verschillende groepen getraind met OKC- en CKC-training. Na 4 weken werden de ratio's opnieuw berekend en werd er gevonden dat de ratio van de OKC-groep lichtelijk meer

verbeterd was ten opzichte van de CKC-groep. (Morrissey et al., 2002).

Resultaten met betrekking tot laxiteit:

In het artikel van Mikkelsen et al. (2000) is er ook onderzoek gedaan naar de laxiteit van het kniegewricht. De anterior tibial displacement (ATD) in millimeters werd gemeten met behulp van de KT-1000 arthrometer. De laxiteit was na 6 maanden postoperatief, voor de CKC+OKC-groep afgenomen met 7,1 millimeter en voor de CKC-groep met 6,4 millimeter. (Mikkelsen et al., 2000).

In een onderzoek (n=49) van Perry, Morrissey, King, Morrissey, & Earnshaw (2005) werd de CKC-groep (n=17) en de OKC-groep (n=15) vergeleken op basis van onder andere de laxiteit van de knie. Dit werd gemeten door een ligament arthrometer en beschreven, net als in het artikel van Mikkelsen et al. (2000), in ATD in mm. De eerste meting werd 8 weken postoperatief gedaan en de eindmeting 6 weken daarna. Perry et al. vond echter geen verschil hierin. De trainingsperiode duurde 6 weken waarvan er per week 3 keer werd getraind. De laxiteit bij de CKC-groep was niet toe- of afgenomen in 6 weken en de laxiteit van de OKC-groep was met 1 mm toegenomen. (Perry et al., 2005).

Een laatste artikel dat een uitspraak heeft gedaan over de laxiteit van de knie, is het onderzoek (n=36) van Morrissey et al. (2000). In dit onderzoek is er een onderscheid gemaakt tussen een CKC-groep (n=18) en een OKC-

groep (n=18). De meting werd verricht met behulp van de KT-1000 en werden aangeduid in ATD in mm. De pretest werd afgenomen 2 weken postoperatief. Na 4 weken van training werd er in week 6 een hertest gedaan. Bij de CKC-groep was de laxiteit toegenomen met 0,11 millimeter en voor de CKC-groep en voor de OKC-groep werd een toename 0,79mm gemeten. (Morrissey et al., 2000).

Resultaten met betrekking tot knie-pijn:

In het al eerder besproken artikel van Morrissey et al. (2002) werd ook knie-pijn vergeleken bij de CKC- en OKC-groep. Voor het beoordelen van de pijn gebruikte Morrissey in zijn onderzoek vragen 1, 2 en 25 van de Hughston Clinic Questionnaire. Deze vragen berusten geheel en alleen op pijn en waren volgens Morrissey gevalideerd om de pijn die iemand had te schalen. De proefpersonen konden vervolgens een streep zetten op een horizontale lijn van 10 cm lang. Hetzelfde principe als bij een VAS-schaal. Er werd geen verschil gevonden tussen de twee groepen in pijnreductie.

In hetzelfde onderzoek van Morrissey et al. (2002) is ook de pijn gemeten gedurende de maximale isometrische contractie van de extensoren. Deze werd als pre- en posttest afgenomen middels een VAS en resulteerde in een afname van 1,5 centimeter voor de CKC-groep en een afname van 1,4 centimeter voor de OKC-groep. (Morrissey et al., 2002).

Data-extractietabel						
Artikel	Studietype	Populatie	Interventie	Resultaten groep 1	Resultaten groep 2	Conclusie
Kang et al. (2012)	Prospective, single blind, randomized controlled trial	n=36 (24 man & 12 vrouw)	CKC-training (n=18) versus OKC-training (n=18) Metingen: week 1 & 12 postoperatief	CKC-groep PiekF ext +17,2 PiekF flex +14,7 KUHV ext +10,2 KUHV flex +38,7 Squat + 26,2	OKC-groep PiekF ext +46,5 PiekF flex +33,6 KUHV ext +33,5 KUHV flex +30,5 Squat +28,6	OKC-training geeft betere F-winst bij PiekF, KUHV en Squat dan bij CKC-training
Perry et al. (2005)	Randomized single-blind clinical trial	n=49 (37 man & 12 vrouw)	CKC-training (n=25) versus OKC-training (n=24) Metingen: week 8 & 14 postoperatief	CKC-groep HCQ + 10% Laxiteit + 0mm	OKC-groep HCQ + 9% Laxiteit + 1mm	Geen significante verschillen tussen interventie-groepen.
Mikkelsen et al. (2000)	Randomized clinical trial	n=48	CKC-training (n=22) versus CKC+OKC-training (n=22) Metingen: pre-operatief & 6 maanden postoperatief	CKC-groep Laxiteit -6,4 Sporthervatters: 5/22 in 9,5 (SD=3) maanden F-flex - 12,2 Nm F-ext + 1,7 Nm	CKC+OKC-groep Laxiteit -7,1 Sporthervatters: 12/22 in 7,5 (SD=1) maanden F-flex - 5,6 Nm F-ext + 8,7 Nm	Fors meer F-winst bij CKC+OKC-groep. Geen significant verschil bij laxiteit. Meer sporthervatters in CKC+OKC-groep
Morrissey et al. (2002)	Randomized, single-blind clinical trial	n=43 (34 man & 9 vrouw)	CKC-training (n=21) versus OKC-training (n=22) Metingen: week 2 & 6 postoperatief	CKC-groep HCQvraag1 -1,1 HCQvraag2 -2,0 HCQvraag25 -1,4 RatioA/NA +19% Pijn bij maximaal isometrisch aan-spennen -1,5	OKC-groep HCQvraag1 -1,6 HCQvraag2 -1,9 HCQvraag25 -1,8 RatioA/NA +21% Pijn bij maximaal isometrisch aan-spennen -1,4	Geen verschil tussen de groepen m.b.t. de pijnreductie en slechts een klein, niet significant verschil in krachttoename.
Hooper et al. (2001)	Randomized, prospective, clinical trial	n=37 (29 man & 8 vrouw)	CKC-training (n=18) versus OKC-training (n=19) Metingen: week 2 & 6 postoperatief	CKC-groep HCQ + 16% Knieflexie: Heel-strike +1° Toe off +4° Midstance +3° Trap op +6°	OKC-groep HCQ +14% Knieflexie: Heel-strike +1° Toe off +9° Midstance +2° Trap op +11°	Geen verschil in functietoename en geen verschil bij toename knieflexie behalve bij toe off en trap op.
Morrissey et al. (2000)	Clinical trial	n=36 (29 man & 7 vrouw)	CKC-training (n=18) versus OKC-training (n=18) Metingen: week 2 & 6 postoperatief	CKC-groep Laxiteit +0,11	OKC-groep Laxiteit +0,79	Toename van laxiteit bij de OKC-groep.
Afkortingen: F=kracht, ext=extensoren, flex=flexoren, n=aantal, -=afname, +=toename, OKC=open kinetische keten, CKC=gesloten kinetische keten, HCQ=Hughston Clinic Questionnaire, A/AN=aangedaan/niet aangedaan.						

Figuur 5: Data-extractietabel van de gebruikte literatuur

DISCUSSIE

Discussie met betrekking tot de literatuur dat een uitspraak heeft gedaan over spierkracht:

Met betrekking tot de spierkracht vonden Kang et al. (2012) een aanzienlijke stijging in de kracht van de kniemusculatuur in de OKC-groep en in het onderzoek van Mikkelsen et al. (2000) was het verschil tussen de preoperatieve en postoperatieve meting bij de CKC+OKC-groep kleiner dan bij de CKC-groep. Ook Morrissey et al. (2002) vond bij de OKC-groep een hogere ratiostijging in aangedaan/niet aangedaan. Het verschil met de CKC-groep verschil was echter minimaal.

Wanneer er wordt getraind op spierkracht, zijn de duur van het onderzoekstraject en de trainings-intensiteit en frequentie van groot belang. Het verschil tussen de OKC- en CKC-groep dat Kang et al. (2012) hebben onderzocht is aantoonbaar omdat, naar alle waarschijnlijkheid, in dit onderzoek de groepen voor een langere tijd (12 weken) hebben getraind. Het onderzoek van Morrissey et al. (2002) duurde slechts 4 weken en dat kan mogelijk verklaren waarom er slechts een klein, niet significant, verschil werd gevonden. Het onderzoek van Mikkelsen et al. (2000) nam 6 maanden in beslag en ook in dit onderzoek waren de verschillen tussen de OKC- en CKC-groep groter, net als bij het

onderzoek van Kang et al.. Het artikel Morrissey et al. (2002) bediscussieert dit punt ook. Er bestaat veel variatie in trainings-intensiteit van zijn onderzoek en suggereert daarom dat het zinvol is om patiënten revaliderende na een voorstekruisband-reconstructie gedurende een langer traject te onderzoeken. Een kortere onderzoeksperiode resulteert in een veel kleiner verschil tussen twee onderzoeksgroepen dan een langere onderzoeksperiode. Zoals al eerder vermeld, bediscussieert Morrissey et al. (2002) het feit dat er in zijn onderzoek weinig controle was op de trainings-intensiteit. Het gestandaardiseerde protocol is erg summier opgebouwd. Wel is er bekend dat de patiënten 3 keer per week trinden. De verschillende groepen waren dus niet gestandaardiseerd met betrekking tot de geboden oefentherapie buiten CKC- en OKC-training om. Kang et al. daarentegen, werkten met een goed en uitgebreid gestandaardiseerd protocol. De groepen trinden 12 weken lang met 3 behandelingen van 30 minuten per week. Opvallend aan het artikel van Mikkelsen et al. is dat er in het artikel geen uitspraak wordt gedaan over de trainings-frequentie en –intensiteit. Het standaard protocol wordt onvolledig beschreven en de CKC-groep dient in dit onderzoek meer als controlegroep dan als een onderzoeksgroep. De onderzoeksgroep vormt zich namelijk door de toegevoegde OKC-training na 6 weken.

Wanneer er weinig tot niets bekend is over de trainingsfrequentie en –intensiteit, is het moeilijk een uitspraak te doen over hoe bepaalde resultaten behaald zijn. Dit heeft een negatieve invloed op de waarde van de resultaten.

Een ander discussiepunt richt zich op de manier waarop de kracht van de knie wordt getest. Alle drie de auteurs hebben zich gericht om binnen een traject van flexie naar extensie te meten. Mikkelsen et al. (2000) heeft getest op concentrische en excentrische piekkracht van de hamstrings en quadriceps in het traject van 20°-80° knie flexie op snelheden van 30°/s, 120°/s en 240°/s. Kang et al. (2012) heeft de kracht en kracht uithoudingsvermogen getest. De kracht werd gemeten in het traject 0°-90° knie flexie met een snelheid van 60°/s. Het kracht uithoudingsvermogen werd ook gedurende 0°-90° knie flexie getest met een snelheid van 180°/s en dit werd 20 keer

herhaald. Het artikel van Morrissey et al. (2002) heeft slechts gemeten op 60° knie flexie met isometrische weerstand. De manier van testen is van essentieel belang om een goede uitspraak te kunnen doen over wat het effect is op spierkracht. Morrissey et al. (2002) benoemt het ook in zijn discussie dat het relevanter is om de kracht binnen een traject of op verschillende punten in de ROM te meten. De data die Kang et al. en Mikkelsen et al. hebben verzameld zijn dus veel uitgebreider dan de data die Morrissey et al. (2002) heeft verzameld.

Naast het belang van op welke manier de resultaten zijn gemeten, is het ook belangrijk om te kijken naar de betrouwbaarheid van de meetinstrumenten die voor de metingen zijn gebruikt. Kang et al. (2012) gebruikte voor de metingen de Biodex System III. Er is geen onderzoek gedaan waarin de betrouwbaarheid van de Biodex System III met betrekking tot de kniemusculatuur werd onderzocht. Mikkelsen et al. (2000) gebruikte voor de metingen de Kin-Com Dynamometer met een ICC van 0,99 volgens Mayhew, Rothstein, Finucane, & Lamb (1994). Morrissey et al. (2002), op zijn beurt, gebruikte de 1 RM op de leg-press met een ICC van 0,91-0,93 volgens Swinkels (2011). De meetinstrument die gebruikt zijn door de auteurs zijn dus, met uitzondering van de Biodex System III, betrouwbare en valide meetinstrumenten op de spierkracht te meten. De gebruikte meetinstrumenten brengen de behaalde resultaten dus niet in

Een laatst, maar niet onbelangrijk, discussiepunt is het feit dat de populaties van alle artikelen relatief klein zijn. Kang et al. (2012) gebruikte een populatie van n=36, Mikkelsen et al. (2000) een populatie van n=48 en Morrissey et al. (2000) een populatie van 43. In combinatie met een onvoldoende gestandaardiseerd protocol voor de onderzoeksgroepen en een korter onderzoekstraject brengt dat de uitgesproken resultaten in gevaar en is de kans dat de resultaten op toeval berust zijn groter.

Wanneer er wordt gekeken naar de ‘Best Evidence Synthesis’ van Van Tulder et al. (2003), kan er geconcludeerd worden dat er sterk bewijs bestaat dat OKC-training een betere invloed heeft op de spierkracht dan CKC-training. Van Tulder et al. beschrijft dat

onderzoeken met een Pedro-score van hoger dan 4, onderzoeken van hoge kwaliteit zijn. De literatuur die gebruikt is voor resultaten met betrekking tot de spierkracht, zijn alle drie artikelen met een Pedro-score van 5 en hoger. Er kan echter geen uitspraak gedaan worden of een combinatie van OKC+CKC-training een beter resultaat geeft dan CKC- of OKC-training op zichzelf. Het artikel van Mikkelsen et al. (2000) heeft namelijk alleen een uitspraak gedaan over het verschil tussen de OKC- en CKC+OKC-groep. Er is gering bewijs, volgens de classificatie van Van Tulder et al. in verband met de beschikbare literatuur, dat CKC+OKC-training een betere invloed heeft dan CKC-training op zichzelf. In deze hoedanigheid is er dan ook geen uitspraak te doen over of CKC+OKC-training een betere of slechtere invloed heeft op de spierkracht wanneer deze wordt vergeleken met OKC-training.

Discussie met betrekking tot de literatuur dat een uitspraak heeft gedaan over laxiteit:

De resultaten van het onderzoek van Mikkelsen et al. (2000) laten zien dat de CKC+OKC-groep een grotere daling in laxiteit heeft behaald dan de CKC-groep. Het onderzoek van Perry et al. (2005) vond een hele minimale stijging van de laxiteit van de knie bij de OKC-groep ten opzichte van de CKC-groep. Het laatste onderzoek, van Morrissey et al. (2000) vond een klein verschil tussen de groepen waarbij de OKC-groep een iets grotere stijging van de laxiteit liet zien in vergelijking met de CKC-groep.

Op basis van de hypothese en de gevonden literatuur die een uitspraak deden over het feit dat OKC-training de voorste kruisband zou kunnen oprekken in een vroege fase postoperatief, is het van belang om te kijken naar wanneer de verschillende trainingen plaatsvonden. Mikkelsen et al. (2000) startte in week 6 postoperatief met de toevoeging van OKC-training aan de CKC-training. Zijn resultaten lieten juist, haaks op de hypothese, een mindere laxiteit zien in de groep die OKC-training onderging. Ook startte Perry et al. (2005) pas later, na 8 weken, met CKC- en OKC-training. Uit zijn resultaten bleek dat de OKC-groep gemiddeld een iets laxere knie vertoonde ten opzichte van de CKC-groep. Het verschil is echter minimaal (figuur 5). Morrissey et al. (2000) begon in week 2 met

OKC-training en CKC-training. Ook zijn resultaten laten geen groot verschil zien. De resultaten van de OKC-groep in zijn onderzoek lieten een grotere stijging in laxiteit zien dan de CKC-groep.

Net als bij de discussie met betrekking tot de spierkracht, is het ook bij de laxiteit van belang om kritisch te kijken naar hoe lang en hoe intensief het trainingstraject van de verschillende onderzoeken is. Mikkelsen et al. (2000) benoemt, zoals al eerder vermeld, in zijn artikel niks met betrekking tot de trainingsfrequentie en intensiteit. Morrissey et al. (2000) trainde de OKC- en CKC-groep 4 weken lang met een behandelingsfrequentie van 3 keer per week. Perry et al. (2005) trainde de verschillende groepen 6 weken lang en 3 keer per week.

Wanneer het onderzoek van Perry et al. (2005) goed wordt bestudeerd, kan er gezien worden dat er een uitgebreid trainingsschema is opgesteld dat zowel de OKC- als de CKC-groep doorloopt. Dit schema bezit echter veel CKC-trainingselementen. De OKC-groep werd dus ook blootgesteld aan veel CKC-oefeningen en dit kan dus een directe invloed hebben op de resultaten die Perry et al. heeft gepresenteerd.

Er is slechts 1 studie gevonden, dat van Morrissey et al. (2000), dat in een vroege fase postoperatief heeft plaatsgevonden waarbij een groep werd blootgesteld aan OKC-training. Het verschil dat werd gevonden was minimaal. Het onderzoekstraject van deze studie was echter zeer kort en dit feit kan het kleine verschil wellicht verklaren.

Er zal altijd een discussie bestaan over de manier waarop de laxiteit van de knie wordt gemeten. De artikelen van Morrissey et al. (2000) en Mikkelsen et al. (2000) hebben gebruik gemaakt van de KT-1000. De betrouwbaarheid van de K-1000 ligt volgens Meulenkamp (2006) tussen de 0.93-0.99. Dit is dus redelijk betrouwbaar, echter gaat het om erg kleine verschillen en kan er al een verschil bestaan tussen pretest en posttest. Perry et al. (2005) heeft gebruik gemaakt van een ligament arthrometer. Hier is echter niet over te vinden wat hiervan de betrouwbaarheid is en dus is er geen uitspraak te geven over hoe betrouwbaar de resultaten zijn die zijn onderzoek hebben opgebracht (Meulenkamp, 2006).

Op basis van de classificatie van Van Tulder et al. (2003) kan er geconcludeerd worden dat er aanwijzingen zijn dat OKC-training een negatievere invloed heeft op de laxiteit van de knie wanneer deze wordt vergeleken met CKC-training. Het enige artikel dat gebruikt is, is, volgens Van Tulder et al., van lage kwaliteit (pedro-score 4). De resultaten van Mikkelsen et al. (2000) en Morrissey et al. (2000) spreken elkaar tegen. Eerder werd er al bediscussieerd dat Perry et al. (2005) een groot gestandaardiseerd protocol gebruikte bij zowel de CKC- als de OKC-groep en dat dit protocol veel CKC-training bevatte. Hierdoor wordt er eigenlijk, net als in het artikel van Mikkelsen et al., een CKC+OKC-groep gevormd en vergeleken met een CKC-groep. Mikkelsen et al. liet zien dat er juist een verminderde laxiteit in de CKC+OKC-groep was en Morrissey et al. (2000) juist een vergrote laxiteit.

Discussie met betrekking tot de literatuur dat een uitspraak heeft gedaan over knie-pijn:

Het enige artikel dat een uitspraak deed over de knie-pijn, van Morrissey et al. (2002), liet zien dat er wel pijnreductie optrad bij beide groepen, maar dat er geen verschil zat in deze reductie.

Morrissey et al. (2002) gebruikte hiervoor drie vragen van de Hughston Clinical Questionnaire die zich alleen richtten op pijn. Dit is officieel geen valide meetinstrument om pijn te classificeren. Wel wordt er aan de hand van de vraag antwoord gegeven middels een VAS-schaal en kan er een goed inzicht vergaard worden over de pijn die de patiënt ervaart.

Concluderend kan er gezegd worden dat er gering bewijs bestaat dat er geen verschil bestaat tussen het effect van CKC- en OKC-training op knie-pijn wanneer er wordt gekeken naar de classificatie van Van Tulder et al. (2003). Er is slechts 1 artikel gebruikt wat een uitspraak deed over knie-pijn en wordt geclassificeerd als een artikel van lage kwaliteit. Het trainingstraject van Morrissey et al. (2002), zoals al eerder werd benoemd, besloeg echter slechts 4 weken en werd relatief kort postoperatief afgenomen. Pijnsensatie is in een vroege postoperatieve periode vanzelfsprekend het hoogst en daarom zou het relevanter zijn om het onderzoekstraject langer te houden om een betere uitspraak te kunnen

doen over het effect van OKC- en CKC-training op de knie-pijn.

Discussie met betrekking tot de literatuurstudie:

Zoals in de methode is besproken zijn er drie databanken gebruikt. Door deze beperking kan er literatuur gemist zijn. Doordat er geen gebruik is gemaakt van bibliotheken en de literatuur die daar aanwezig is, zou eventuele literatuur gemist kunnen zijn.

Tijdens het zoeken naar literatuur zijn er artikelen gevonden die bruikbaar waren. Er was alleen toegang tot het abstract en niet tot het full article van deze onderzoeken. Hierdoor kan er niet met zekerheid gezegd worden dat alle artikelen, die er over dit onderwerp zijn, ook daadwerkelijk gebruikt zijn.

CONCLUSIE

Er bestaat sterk bewijs dat OKC- en CKC+OKC-training resulteren in een grotere verbetering in spierkracht wanneer deze wordt vergeleken met CKC-training. Met betrekking tot de invloed van CKC- en OKC-training op de laxiteit van de knie zijn er aanwijzingen gevonden dat OKC-training een negatievere invloed heeft op de laxiteit van de knie. De resultaten van de onderzoeken die CKC+OKC-training met alleen CKC-training vergelijken, spreken elkaar tegen in de resultaten. Er kan geconcludeerd worden dat er gering bewijs bestaat dat er geen verschil bestaat tussen de invloed van OKC- of CKC-training op knie-pijn.

Aanbeveling:

OKC-training resulteert in een aanzienlijk grotere krachtstoename wanneer dit wordt vergeleken met CKC-training. OKC-training zou dan ook een groot aspect binnen het behandelprotocol moeten vervullen. Echter, op basis van eerder gepubliceerde literatuur zou OKC-training, met name in een vroege periode postoperatief, een negatieve invloed hebben op de laxiteit van de voorste kruisband. Deze literatuurstudie heeft deze hypothese niet kunnen ontkrachten of bevestigen. Er bestaat dus de aanbeveling voor verder onderzoek met betrekking tot de invloed van OKC-training op de laxiteit van de kruisband. Dit met name in de vroege periode na de operatie.

Aanbevelingen voor verder onderzoek richten zich erop dat proefpersonen gedurende een langer traject van de revalidatie worden onderzocht en dat er ook wordt gekeken naar combinaties van OKC- en CKC-training binnen een revalidatietraject ten opzichte van CKC- of OKC-training op zichzelf. Ook is het van belang om de onderzoekspopulatie te vergroten, aangezien de gebruikte populaties in de literatuur relatief klein zijn.

LITERATUUR

- Arnoczky, S. T. (1982). Anterior cruciate ligament replacement using patellar tendon: an evaluation of graft revascularization in dog. *J Bone Joint Surg*, 217-224.
- Beynnon, B. &. (1996). Anterior cruciate ligament injury rehabilitation in athletes. Biomechanical considerations. *Sports Med*, 54-64.
- Beynnon, B. F. (1995). Anterior cruciate ligament strain behaviour during rehabilitation exercises in vivo. *Am J Sports Med*, 24-34.
- Beynnon, B. J. (1997). The strain behavior of the anterior cruciate ligament during squatting and active-extension. A comparison of an open and closed kinetic chain exercise. *Am J Sports Med*, 823-829.
- Beynnon, B. J. (2002). The science of the anterior cruciate ligament rehabilitation. *Clin Orthop*, 9-20.
- Bodor, M. (2001). Quadriceps protects the anterior cruciate ligament. *Journal of Orthopaedic Research*, 629-633.
- Butler, D. N. (1980). Ligamentous restrains to anterior-posterior drawer in the human knee: a biomechanical study. *J Bone Joint Surgery*, 259-270.
- Collins, J. K.-F. (2013, januari 9). Cumulative Incidence of ACL Reconstruction After ACL Injury in Adults: Role of Age, Sex, and Race. *The American Journal of Sports Medicine*, 41, 544-549.
- Ellenbecker, T. (2000). *Knee Ligament Rehabilitation*. Philadelphia: Churchill Livingstone.
- Escamilla, R. F. (1998). Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Med Sci Sports Exerc*, 556-569.
- Hewett, T. M. (2005). Biomechanical Measures of Neuromuscular Control and Valgus Loading of the Knee Predict Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Female Athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 492-501.
- Hooper, D. M. (2001). Open and Closed Kinetic Chain Exercises in the Early Period after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction; Improvements in Level Walking, Stair Ascent, and Stair Descent. *The American Journal of Sports Medicine*, Vol. 29(2), 167-174.
- Kang, H. J. (2012, November). Comparison of Strength and Endurance between Open and Closed Kinematic Chain Exercises after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Randomized Control Trial. *Journal of Physical Therapy Science*, 24(10), 1055-1057.
- Keays, S. B.-S. (2002, Maart). The relationship between knee strength and functional stability before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic Research*, 21(2), 231-237.
- Mayhew, T. R. (1994). Performance Characteristics of the Kin-Com dynamometer. *PHYS THER*, 1047-1054.
- Mens, J. (2006). *Bekkeninstabiliteit*. Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- Meulekamp, M. (2006, mei). *HBO Kennisbank*. Opgeroepen op december 29, 2013, van www.hbo-kennisbank.uvt.nl: hbo.kennisbank.uvt.nl/cgi/hu/show.cgi?fid=5681
- Mikkelsen, C. W. (2000, 10 12). Closed kinetic chain alone compared to combined open and closed kinetic exercise for quadriceps strengthening after anterior cruciate ligament reconstruction with respect to return to sports; a prospective matched follow-up study. *Knee surg, sports traumatol, Athrosc*, 8, 337-342.
- Morrissey, M. D. (2002, Januari). Effects of Distally Fixated Versus Nondistally Fixated Leg Extensor Resistance Training on Knee Pain in the Early

