

Fontys Paramedische Hogeschool

Opleiding Orthopedische Technologie

Enkel kinematica bij kinderen behandeld voor klompvoetjes

Actief bewegingsonderzoek vs. ganganalyse

Ineke de Bruijne

Begeleider: Siete Sirag

Opdrachtgever: Drs AT Besselaar

-november 2016 -

Personalia

Opdrachtgever:

Drs. AT Besselaar
Orthopedisch kinderchirurg
Máxima Medisch Centrum
Catharina Ziekenhuis Eindhoven
arnold.besselaar@catharinaziekenhuis.nl

Opleiding:

Orthopedische technologie
Fontys Paramedische Hogeschool
Ds. Th. Fliednerstraat 2
5631 BN Eindhoven
www.fontys.nl/paramedisch
0885071440

Hoofdonderzoekers:

HJJ Kars
Fontys Paramedische Hogeschool
c.kars@fontys.nl

L van Oorschot
Maastricht University
Catharina Ziekenhuis Eindhoven
l.vanoorschot@student.maastrichtuniversity.nl

Afstudeerbegeleider:

Siete Sirag
Fontys Paramedische Hogeschool
s.sirag@fontys.nl

Student:

Ineke de Bruijne
Fontys Paramedische Hogeschool
i.debruijne@student.fontys.nl

Voorwoord

Voor u ligt het onderzoeksverslag over enkel kinematica bij kinderen behandeld voor klompvoetjes. Dit verslag is geschreven in het kader van het afstuderen aan de opleiding orthopedisch technologie.

Van februari tot november 2016 ben ik bezig geweest met het onderzoek en het schrijven van dit verslag. Het ging niet altijd even gemakkelijk en er waren veel momenten waarop ik alles maar uit bleef stellen. Uiteindelijk heb ik de motivatie kunnen vinden om het verslag goed uit te werken en mijn afstudeeronderzoek zo af te kunnen ronden.

Dit afstudeerproject was niet tot stand gekomen zonder de hulp van een heel aantal mensen. Als allereerst is daar de opdrachtgever, Drs. AT Besselaar en het Catharina Ziekenhuis Eindhoven waar hij werkt. Zonder hen waren er geen kinderen met klompvoeten geweest die deel namen aan het onderzoek. Verder wil ik de twee hoofdonderzoekers van dit project, Cojanne Kars en Lisa van Oorschot bedanken. Zonder hun kennis en inzet voor het onderzoek had ik dit niet kunnen voltooien. Ook wil ik Siete Sirag bedanken die mij het hele onderzoek begeleid heeft.

Ik wil mijn medestudenten, Tessa Dirkx en Femke Kleinhout bedanken. Samen met hen heb ik veel samen gezeten om aan het onderzoek te werken, om samen op het klompvoetenproject af te kunnen studeren. Ik wil ook alle kinderen en hun ouders die mee hebben gewerkt aan het onderzoek bedanken. Velen van hen kwamen van ver en moesten er veel tijd aan besteden om dit onderzoek mogelijk te maken.

Als laatste wil ik mijn ouders bedanken die mij toen mijn motivatie niet heel hoog was bleven pushen om door te gaan en mijn opleiding af te ronden.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Ineke de Bruijne

Almelo, november 2016

Samenvatting

Inleiding

Na behandeling van een klompvoet door de Ponseti-methode wordt door artsen van COGE vaak een afwijkende beweging in de enkel waargenomen. Tijdens het actieve bewegingsonderzoek is tijdens het testen van de dorsaalflexie een inversiebeweging te zien.

Om meer informatie te krijgen over deze inversiebeweging is er onderzoek gedaan naar de volgende vraag: *Wat is de relatie tussen het actieve bewegingsonderzoek van de enkel en de enkel kinematica tijdens het lopen, bij kinderen die behandeld zijn voor klompvoetjes?*

Methode

In deze controlled clinical trial is een groep kinderen met aangeboren klompvoet, behandeld met de Ponseti-methode, vergeleken met een controlegroep. Door middel van 3D ganganalyse met Odin is gekeken naar de maximale plantairflexie en dorsaalflexie tijdens het lopen. Hierbij werd gebruik gemaakt van het Oxford food model voor het plaatsen van de markers. Bij het actieve bewegingsonderzoek is gekeken naar de maximale plantairflexie en dorsaalflexie, die in een zittende positie, bereikt kan worden en de mate van inversie/eversie die hierbij aanwezig is.

Resultaten

Beide onderzoeksgroepen bestonden uit acht deelnemers in de leeftijd van vier tot acht jaar oud. Uit de ganganalyse blijkt dat de maximale plantairflexie en dorsaalflexie van de patiëntgroep lager ligt dan dat van de controlegroep, maar het verschil is niet significant aantoonbaar. Uit het actieve bewegingsonderzoek blijkt de maximale plantairflexie en dorsaalflexie van de controlegroep groter dan dat van de patiëntgroep. Bij de patiëntgroep blijkt tijdens het bewegingsonderzoek ook meer inversie en eversie aanwezig te zijn.

Conclusie

In het gangbeeld veroorzaakt een, door de Ponseti-methode behandelde, klompvoet niet voor verschillen met een controlegroep van dezelfde leeftijd. Wel zijn er tussen de controlegroep en de patiëntgroep grote verschillen te vinden tijdens het actieve bewegingsonderzoek maar deze lijken niet van invloed te zijn op het gaan.

Summary

Background

After treatment of clubfeet by the Ponseti-method, doctors of COGE often see an abnormal movement in the ankle. During active physical examination there is an inversion movement during the dorsiflexion movement. The aim of this study was to gain more information about this inversion movement and to find the relation between active physical examination of the ankle and the ankle kinematics during gait, of children treated for clubfeet.

Methods

In this controlled clinical trial we compared children with congenital clubfeet, treated by the Ponseti-method, with a control group. 3D gait analysis was used to determine the maximal plantarflexion and dorsiflexion during gait. Markers were placed by the Oxford foot model. The maximal plantarflexion and dorsiflexion and the amount of inversion and eversion, during the active physical examination, was tested in a sitting position.

Results

Both research groups consisted of eight participants in the age of four to eight years old. During gait the patient group had lower maximal plantarflexion and dorsiflexion than the control group but it's not a significant difference. Active physical examination showed a much lower maximal plantarflexion and dorsiflexion in the patient group than the control group. There's also more inversion and eversion during the physical examination in the patient group.

Conclusion

Clubfeet treated by the Ponseti-method showed no difference in gait compared to the control group of the same age. However, there are big differences in active physical examination but those differences seem to have no effect on the gait cycle.

Inleiding

Orthopedische chirurgen zien op spreekuren veel kleine kinderen met congenitale talipes equinovarus. Deze aandoening, ook wel klompvoet genoemd, is een afwijking met een karakteristieke deformiteit aan de voet en enkel (1). Deze deformiteit bestaat uit vier delen: voorvoet cavus en adductie, equinus stand van de enkel en een varus stand in de enkel (1,2). In de achtervoet is daarnaast op het zicht een supinatie stand aanwezig, die veroorzaakt wordt door de equinus stand van de enkel en de adductie van de calcaneus (3). De voorvoet cavus wordt veroorzaakt door een plantairflexie stand van de 1^e straal en pronatie van de voorvoet ten opzichte van de achtervoet (1,3). Het os naviculare en os talare hebben een wigvorm en de dorsale en mediale weefsels zijn verdikt (1). Het is niet precies bekend hoeveel kinderen er in Nederland met een klompvoet worden geboren. Gebaseerd op een studie uit Zweden wordt aangenomen dat er in Nederland per jaar 200 tot 300 kinderen met één of twee klompvoeten worden geboren (2,4).

Internationaal is de meest voorkomende conservatieve behandeling voor een klompvoet is de Ponseti methode (5,6). Deze non-operatieve behandeling bestaat uit het strekken en manipuleren van het beentje. Zo snel mogelijk na de geboorte van het kindje wordt het klompvoetje in een gipskast geplaatst, waarbij er supinatie wordt toegepast, die om de 5-7 dagen vervangen wordt (7). Dit wordt soms gevolgd door het doorklieven van de achillespees en de beandeling wordt afgesloten met het dragen van een brace (7–9). Bij het vierde levensjaar zijn de kinderen meestal uitbehandeld (10).

Er zijn verschillende onderzoeken gedaan naar de gevolgen voor het gangbeeld bij kinderen met een klompvoet. De kinematica van de enkel in het sagittale vlak is bij de helft van de kinderen met een klompvoet gelijk aan dat van gezonde kinderen met dezelfde leeftijd (11,12). In het gangbeeld is er in het frontale vlak vergrote inversie in de achtervoet evenals vergrote supinatie en adductie in de voorvoet gevonden (12). Over het algemeen hebben kinderen een bevredigend gangbeeld na behandeling met de Ponseti-methode (13).

Orthopedisch chirurgen van Coöperatie Orthopedie Groot Eindhoven (COGE) zien vaak na de Ponseti behandeling een afwijkende beweging in het actieve bewegingsonderzoek van de enkel. Deze beweging wordt getest in een zittende positie zoals beschreven is door Menadue et al. (14). Tijdens het testen van de dorsaalflexie is er een inversiebeweging te zien. Als de dorsaalflexie zonder deze inversiebeweging uitgevoerd wordt, is de maximale dorsaalflexie minder dan wanneer die inversiebeweging wel aanwezig is. Het is niet bekend wat deze inversiebeweging voor invloed heeft op het lopen. Smith et al. (9) beschrijven dat in het liggende passieve bewegingsonderzoek de maximale plantairflexie gelijk is met die van de controlegroep maar dat de maximale dorsaalflexie sterk verminderd is. Ook is er gevonden dat de eversie en inversie verminderd zijn maar in het onderzoek is niet gekeken of de maximale dorsaalflexie hoger zou zijn als er gebruik wordt gemaakt van inversie om tot dorsaalflexie te komen.

Het bereik van de bewegingen in de enkel wordt aangegeven met de Range Of Motion (ROM). Voor het meten van de ROM van de enkel is er geen niet-invasieve gouden standaard beschikbaar (14).

Menadue et al. hebben onderzocht wat de betrouwbaarheid is van het meten van de actieve ROM met een goniometer en concludeerden dat dit niet zo betrouwbaar is wanneer deze test wordt uitgevoerd door verschillende onderzoekers (14). Het gebruik van 3D-ganganalyse zou een betrouwbaar hulpmiddel kunnen zijn om de mate van inversie tijdens het actieve bewegingsonderzoek te meten. Het uitvoeren van een 3D-bewegingsanalyse is voor een arts vaak praktisch onmogelijk en kost vaak ook te veel tijd. Ondanks dat een 3D-ganganalyse een handig hulpmiddel is voor clinici volgens Mindler et al. (12), is een observationele ganganalyse, uitgevoerd door een ervaren chirurg toereikend voor het maken van klinische beslissingen in de behandeling voor klompvoetjes. Dit zou ook betekenen dat het observatief beoordelen van actieve ROM in de enkel toereikend is en er hiervoor geen 3D-bewegingsanalyse gedaan hoeft te worden. De opdrachtgever wil graag een hulpmiddel ontwikkelen zodat er met een kort observatief actief bewegingsonderzoek van de enkel, voorspeld kan worden wat het effect daarvan is op de enkel. Hiervoor is eerst meer informatie nodig over wat het effect is van het gebruik van inversie om tot maximale dorsaalflexie te komen, op het lopen. Dit wordt onderzocht met de hoofdvraag:

Wat is de relatie tussen het actieve bewegingsonderzoek van de enkel en de enkel kinematica tijdens het lopen, bij kinderen die behandeld zijn voor klompvoetjes?

Methode

In deze controle clinical trial werd door middel van 3D analyse onderzocht of er relatie is tussen het actieve beweginsonderzoek van de enkel en de enkel kinematica tijdens het lopen, bij kinderen die behandeld zijn voor klompvoetjes.

De patiëntgroep bestond uit kinderen in de leeftijd van vier tot en met acht jaar oud die door middel van de Ponseti-methode behandeld zijn voor klompvoetjes. Er was gekozen voor het vergelijken met een controlegroep omdat de onaangedane voet van de patiëntgroep niet gezien kan worden als normaal (15). De volgende in- en exclusiecriteria werden gehanteerd:

Inclusiecriteria controlegroep:

- Vier tot acht jaar oud, gematcht met de klompvoetengroep

Exclusiecriteria controlegroep:

- Niet in staat zijn om de uitleg of instructie te begrijpen of volgen. Dit werd gecheckt op het moment dat het kind de uitleg en/of instructie kreeg door te vragen of ze het snapten en ze wisten wat er ging gebeuren.
- Niet in staat zijn om taken uit te voeren door concentratieproblemen. Dit werd bepaald tijdens het onderzoek wanneer er veel meer dan de geplande tijd nodig was.
- Obesitas (BMI>30)
- Een aangeboren of neurologische aandoening die invloed heeft op het bewegen of de cognitie. Dit werd bij de ouders nagevraagd.

Inclusiecriteria patiëntgroep:

- Behandeld voor klompvoeten door middel van de Ponseti-methode, dit houdt ook in dat er geen brace meer gedragen werd (overdag of 's nachts).
- Vier tot acht jaar oud

Exclusiecriteria patiëntgroep:

- Niet in staat zijn om de uitleg of instructie te begrijpen of volgen, dit werd gecheckt op het moment dat het kind de uitleg en/of instructie kreeg door te vragen of ze het snapten en ze wisten wat er ging gebeuren.
- Niet in staat zijn om taken uit te voeren door concentratieproblemen, dit werd bepaald tijdens het onderzoek wanneer er veel meer dan de geplande tijd nodig was.
- Obesitas (BMI>30)

De kinderen uit de patiëntgroep werden benaderd via Drs. A. T. Besselaar, orthopedisch chirurg bij Coöperatie Orthopedie Groot Eindhoven. Voor de controlegroep werden medewerkers van Coöperatie Orthopedie Groot Eindhoven en Fontys Paramedische Hogeschool gevraagd om hun kinderen aan het onderzoek deel te laten nemen. Ook werd er aan familie/kennissen/vrienden van de onderzoekers gevraagd om hun kinderen aan het onderzoek deel te laten nemen. Voor het benaderen van de ouders van kinderen met een klompvoet werd gebruik gemaakt van de informatiebrief die in bijlage I te

vinden is. Voor het benaderen van de ouders van kinderen die in de controlegroep kwamen, werd gebruik gemaakt van de informatiebrief die in bijlage I te vinden is.

De proefpersonen ondergingen de gangbeeldanalyse met behulp van het 3D-systeem Odin van Codamotion. De plaatsing van de markers op het lichaam werd gedaan volgens het Oxford Foot Model (zie bijlage III). Het Oxford Foot Model is een betrouwbaar objectief model voor het plaatsen van de markers en kan zo betrouwbare informatie leveren voor de gangbeeldanalyse van de voet van volwassenen en kinderen (12). Bij kinderen met een bilaterale klompvoet wordt de rechtersvoet gemeten, omdat het systeem gebouwd is voor rechts.

Voor de gangbeeldanalyse werd de proefpersoon gevraagd in een rechte lijn te lopen. De meting was goed wanneer er met de te meten voet over het krachtenplatform gelopen werd. Het krachtenplatform werd gebruikt om hierop hielcontact van de te meten voet te bepalen.

Voor het actieve bewegingsonderzoek werd op een vaste plaats in de ruimte een kruk geplaatst. Op deze kruk moest de proefpersoon gaan zitten met de benen afhangend en de enkel in een comfortabele positie (14). De proefpersoon werd eerst voorgedaan wat de bedoeling was en tijdens het meten bewoog één van de onderzoekers mee. Eerst moesten de tenen helemaal naar beneden (plantairflexie) bewogen worden en de voet moest even in deze stand gehouden worden. Daarna werd gevraagd om de tenen naar zich toe te bewegen (dorsaalflexie) en de voet ook even in deze stand te houden.

Alle metingen werden meerdere keren uitgevoerd waarbij er van het gangbeeld en het bewegingsonderzoek elk vijf goede metingen moesten zijn. Het meetprotocol is in bijlage IV te vinden.

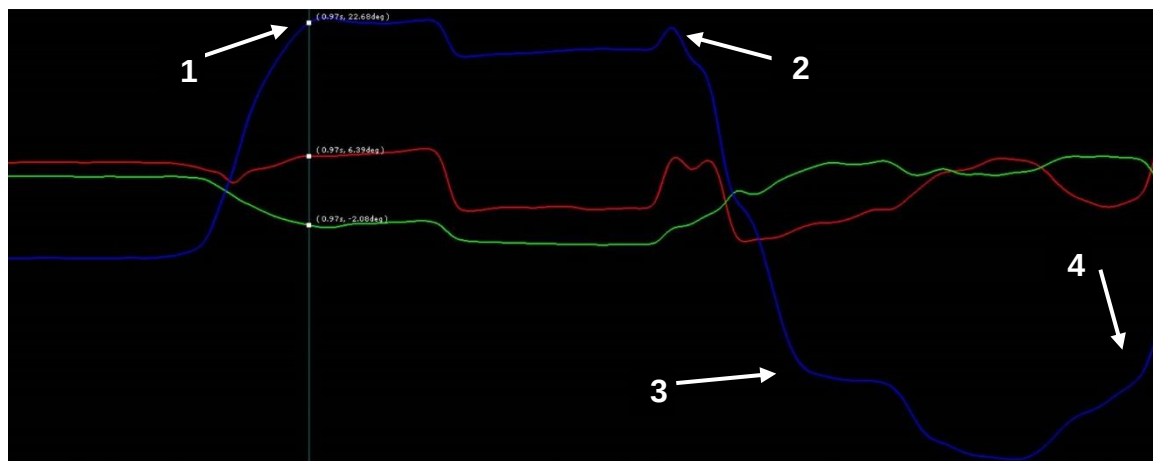
Data-analyse

Voor de data-analyse werd eerst alle data vanuit Odin naar Excel geëxporteerd. Zo kon de data makkelijker verwerkt worden en konden er ook berekeningen mee uitgevoerd worden. De assen in Odin zijn als volgt vastgesteld: de x-as gaat over de bewegingen in het frontale vlak en de z-as gaat over de bewegingen in het sagittale vlak.

De data die verzameld werd bij de gangbeeldanalyse zijn de plantair/dorsaalflexie ROM en de inversie/eversie ROM. Het traject waarbij er naar de data gekeken werd is een schrede. Deze schrede werd bepaald vanaf hielcontact van de ene voet op het krachtenplatform tot het tweede hielcontact van deze voet. De plantairflexie/dorsaalflexie ROM zijn de gegevens die op de z-as gemeten zijn. Hierbij ging het om de gegevens die staan bij foot/tibia. De inversie/eversie ROM zijn de gegevens die op de x-as gemeten zijn. Hierbij ging het eveneens om de gegevens die staan bij foot/tibia. Voor beide ROM gold dat de uiterste waarden bij een schrede genomen werden. De tijdsperiode van een schrede werd door middel van de volgende formule omgezet naar percentages van de genormaliseerde tijd: $(\text{tijd} - \text{eerste tijd}) / (\text{laatste tijd} - \text{eerste tijd}) * 100$. Deze percentages werden afgerond op hele getallen. Wanneer een proefpersoon twee trials had die meegenomen konden worden voor het onderzoek werden deze gegevens gemiddeld. De waarden van een trial werden per percentage, van de genormaliseerde tijd, gemiddeld. Als hierbij een percentage maar bij één van de trials voor kwam of bij

een trial staat hetzelfde percentage twee keer werden deze percentages niet meegenomen bij het middelen. Hierbij werden de waarden per 1% gemiddeld.

De data die verzameld werd bij het actieve bewegingsonderzoek zijn de plantair/dorsaalflexie ROM en de inversie/eversie ROM. Hierbij ontstonden in Odin grafieken zoals te zien is in figuur 1, dit is een printscreen van een van de trials. Hierbij zijn plateau's te zien die de uiterste plantairflexie en dorsaalflexie aangeven oftewel de uiterste stand waarin de voet gehouden wordt. Het traject waarbij er naar de data gekeken werd is vanaf het moment dat er een plateau aanwezig is tot het einde van dat plateau. In figuur 1 werd voor de maximale dorsaalflexie gekeken naar de data van punt 1 tot punt 2 en voor de maximale plantairflexie van punt 3 tot punt 4. De gegevens die gebruikt werden voor dit onderzoek staan bij foot/tibia. De maximale plantairflexie is de minimale waarde die op de z-as staat bij het plateau voor de plantairflexie (blauwe lijn). De maximale dorsaalflexie is de maximale waarde die op de z-as staat bij het plateau voor de dorsaalflexie (blauwe lijn). Voor de inversie/eversie ROM werd er gekeken naar de PK-PK (dat is piek tot piek) waarden die staan op de x-as bij foot/tibia (rode lijn), deze werd per plateau gemeten.



FIGUUR 1 ODIN GRAFIEK TRIAL 1 PERSOON ACTIEF BEWEGINGSONDERZOEK Blauw=plantairflexie/dorsaalflexie
Rood=inversie/eversie 1=start dorsaalflexie plateau 2=einde dorsaalflexie plateau 3=start plantairflexie plateau 4=einde plantairflexie plateau

De leeftijd, lengte en gewicht werden met beschrijvende statistiek weergegeven. Bij normaal verdeelde data werd gekeken naar het gemiddelde en de standaarddeviatie.

De maximale plantairflexie en de maximale dorsaalflexie evenals de inversie/eversie ROM werden met de beschrijvende statistiek beschreven. Bij normaal verdeelde data werd gekeken naar het gemiddelde en de standaarddeviatie.

Ethisch

Dit onderzoek betrof een onderzoek waarbij de proefpersonen kinderen onder de 18 jaar oud waren. Hiervoor was bij de WMO commissie van het Catharina Ziekenhuis te Eindhoven toestemming aangevraagd om het onderzoek uit te mogen voeren. Deze toestemming is verkregen. De ouders van de proefpersonen en de proefpersonen kregen te voren een informatie brief (bijlage I & II) waarna er

besloten kon worden mee te willen werken aan het onderzoek. Om deel te kunnen nemen aan het onderzoek moesten beide ouders het informed consent (bijlage V) invullen. Op de locatie zelf werd er nog een keer uitgelegd wat het onderzoek inhield. Bij het onderzoek was altijd één van de ouders aanwezig. Als een kind niet meer aan het onderzoek mee wilde werken, werden er geen verdere metingen meer met het kind gedaan en werd er gevraagd of de verzamelde informatie nog gebruikt mocht worden.

Persoonlijke gegevens van de proefpersonen die verzameld werden voor het onderzoek, werden door middel van een nummer opgeslagen. Dit nummer werd gebruikt voor alle documentatie, verslagen en publicaties. Hierdoor werd anonimiteit en dus de privacy van de proefpersonen gewaarborgd. Aan het einde van het onderzoek werden alle proefpersonen door middel van een e-mail op de hoogte gesteld van de resultaten van het onderzoek. Alle data werd toegestuurd naar de hoofdonderzoeker en tot 15 jaar na afloop van de studie bewaard.

Resultaten

Beschrijving deelnemers

Het onderzoek is gestart met 12 kinderen met een aangeboren klompvoet. Hiervan heeft één deelnemer het onderzoek niet afgerond en is er van drie deelnemers de data niet goed gegenereerd. Van de 13 gezonde kinderen heeft één deelnemer het onderzoek niet afgerond en is er van vier deelnemers de data niet goed gegenereerd. De uiteindelijke deelnemersgroep bestond uit 16 deelnemers, waarvan zowel de patiëntgroep als de controle groep uit acht kinderen bestond. Beide groepen bestonden uit vier jongens en vier meiden. Een overzicht van de deelnemers gegevens is in tabel 1 terug te vinden.

TABEL 1 OVERZICHT DEELNEMERS

	PATIËNTGROEP	CONTROLEGROEP
DEELNEMERS (JONGENS/MEIDEN)	N=8 (4/4)	N=8 (4/4)
KLOMPVOET (UNILATERAAL/BILATERAAL)	2/6	-
GEMETEN VOET (L/R)	0/8	0/8
LEEFTIJD (IN JAREN)	5,6 (SD ±1,6)	6,6 (SD ±1,4)
LENGTE (IN CM)	115 (SD ±1,4)	127 (SD ±8,0)
GEWICHT (IN KG)	19,5 (SD ±3,4)	26,9 (SD ±6,4)

Resultaten ganganalyse

Van de acht deelnemers in de patiëntgroep zijn er van zeven data aanwezig van de ganganalyse. Van deze zeven deelnemers is er bij een deelnemer geen data beschikbaar voor de plantairflexie en dorsaalflexie. Van twee deelnemers in de controlegroep is er geen data beschikbaar van de ganganalyse (zie tabel 2). Ook is er niet voor alle deelnemers data beschikbaar van het actieve bewegingsonderzoek zoals in tabel 2 te zien is.

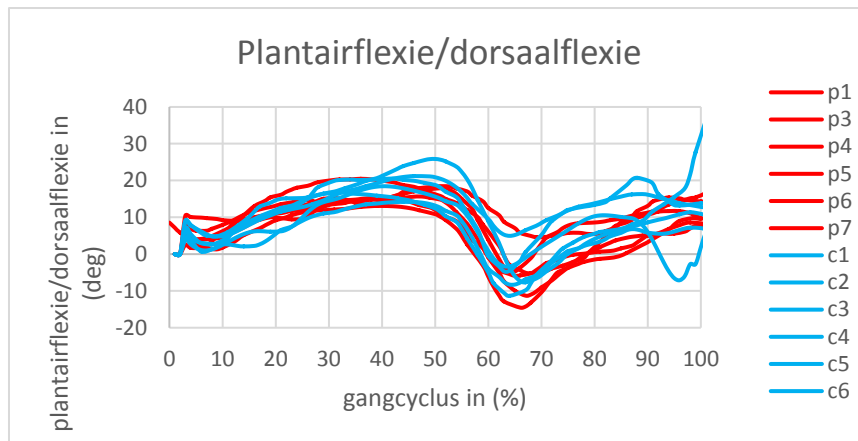
TABEL 2 OVERZICHT AANWEZIGE DATA P=patiëntgroep C=controlegroep

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
GANGANALYSE	x	x*	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		
ACTIEF	x				x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
BEWEGINGSONDERZOEK																

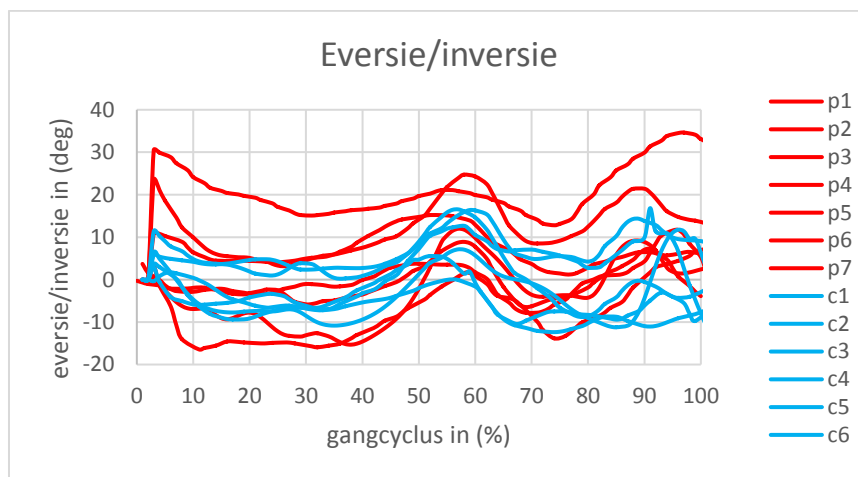
*Geen data over plantairflexie en dorsaalflexie

Figuur 2 toont de plantairflexie en dorsaalflexie tijdens het lopen van beide groepen. Hierin is te zien dat in de standfase (0% - 62%) en het eind van de zwaafase (75% - 100%) de waarden van de patiëntgroep dicht bij elkaar liggen, maar dat in het begin van de zwaafase tijdens de initial swing (62% - 75%) de waarden van de controlegroep dicht bij elkaar liggen.

Figuur 3 toont de inversie en eversie tijdens het lopen van beide groepen. Hierin is te zien dat de waarden van de controlegroep over de gehele gangcyclus dicht bij elkaar liggen dan de waarden van de patiëntgroep. Bij de patiëntgroep is een minder eenduidig verloop van de waarden te zien vergeleken met de controlegroep.



FIGUUR 2 BEWEGING VAN DE ENKEL TIJDENS HET GAAN GEMETEN IN HET SAGITTALE VLAK. Verticale as: positief=dorsaalflexie negatief=plantairflexie. Horizontale as: percentage van complete loopcyclus. P=patiëntgroep C=controlegroep



FIGUUR 3 BEWEGING VAN DE ENKEL TIJDENS HET GAAN GEMETEN IN HET FRONTALE VLAK. Verticale as: positief=inversie negatief=eversie. Horizontale as: percentage van complete loopcyclus. P=patiëntgroep C=controlegroep

De maximale dorsaalflexie in figuur 2 lijkt voor alle deelnemers tussen de 40% en 60% te liggen en ziet eruit als een piek. De maximale plantairflexie lijkt tussen de 60% en 70% te liggen en ziet eruit als een dal. Deze maximale plantairflexie en dorsaalflexie zijn terug te vinden in tabel 3, evenals de maximale inversie uit figuur 3. Deze maximale inversie lijkt tussen 50% en 70% te liggen bij de meeste deelnemers en eruit ziet als een piek. Opvallend aan deze waarden is dat er bij de controlegroep en bij de patiëntgroep één persoon tussen zit die bij de maximale plantairflexie een positieve waarde heeft staan, wat zou betekenen dat er geen plantairflexie gemaakt is. Wel liggen de waarden van de maximale plantairflexie bij beide groepen heel dicht bij elkaar, waardoor er weinig verschil lijkt te zijn. De gemiddelde waarden van de maximale inversie liggen bij beide groepen dicht bij elkaar maar opvallend is dat bij beide groepen erg grote verschillen zitten tussen de waarden onderling. Het verschil tussen de maximale plantairflexie waarden is bij de controlegroep onderling 17 graden en bij de patiëntgroep onderling 20 graden. Het verschil tussen de maximale inversie waarden is bij de controlegroep onderling 16 graden en bij de patiëntgroep onderling 24 graden.

TABEL 3 PIEKWAARDEN GANGCYCLUS P=patiëntgroep C=controlegroep

	PIEK FIGUUR 1	DAL FIGUUR 1	PIEK FIGUUR 2		PIEK FIGUUR 1	DAL FIGUUR 1	PIEK FIGUUR 2
	Maximale dorsaalflexie in graden (40%-60%)	Maximale plantairflexie in graden (60%-70%)	Maximale inversie in graden (50%-70%)		Maximale dorsaalflexie in graden (40%-60%)	Maximale plantairflexie in graden (60%-70%)	Maximale inversie in graden (50%-70%)
P1	15	-11	9	C1	14	-8	16
P2			12	C2	18	-3	7
P3	15	-6	4	C3	15	-12	5
P4	18	-4	26	C4	26	-8	17
P5	13	-17	16	C5	21	5	1
P6	19	-5	2	C6	20	-11	15
P7	18	3	23				
GEM	16,3 (SD±2,2)	-6,7 (SD±6,8)	13,1 (SD±9,1)	GEM	19,0 (SD±4,4)	-6,2 (SD±6,3)	10,2 (SD±6,7)

Resultaten actief bewegingsonderzoek

Van de acht deelnemers in de patiëntgroep zijn er maar van vijf data aanwezig van de ganganalyse. Van één deelnemer in de controlegroep is er geen data beschikbaar van de ganganalyse (zie tabel 2).

In de methode is in figuur 1 een voorbeeld te zien van een grafiek zoals die per trial gemeten is. Uit deze grafiek is per trial de belangrijke waarden gehaald. Hierbij gaat het om het maximale plantairflexie moment waarbij de maximale plantairflexie en de mate van inversie en eversie gemeten is. Bij het maximale dorsaalflexie moment gaat het om de maximale dorsaalflexie en de mate van inversie en eversie. In tabel 4 zijn de waarden te zien op het moment dat een uiterste stand wordt aangehouden. Hieruit blijkt dat de gemiddelde ROM van de plantairflexie en dorsaalflexie van de controlegroep meer dan het dubbele is dan dat van de patiëntgroep. De gemiddelde plantairflexie van de controlegroep is 26 graden meer en de gemiddelde dorsaalflexie van de controlegroep is 10 graden meer dan bij de patiëntgroep. Bij de controlegroep is er geen verschil in de gemiddelde mate van inversie/eversie tussen de plateaus. Bij de patiëntgroep is er tijdens het plantairflexie moment minder inversie en eversie aanwezig dan tijdens het dorsaalflexie moment.

TABEL 4 ACTIEF BEWEGINGSONDERZOEK Waarden op het moment dat een maximale plantairflexie stand wordt aangehouden en het moment dat een maximale dorsaalflexie stand wordt aangehouden. PFL=plantairflexie DFL=dorsaalflexie INV=inversie EV=eversie P=patiëntgroep C=controlegroep

		MAXIMALE PLANTAIRFLEXIE (MOMENT)		MAXIMALE DORSAALFLEXIE (MOMENT)			
	Leeftijd	Maximale PFL in graden	Mate van INV/EV in graden	Maximale DFL in graden	Mate van INV/EV in graden	ROM PFL/DFL in graden	ROM INV/EV in graden
P1	5	-17	2	8	2	25	0
		-11	5	5	11	16	6
		-16	6	5	21	21	15
P5	8	-16	11	14	37	30	26
		-27	2	-19	2	8	0
		-29	4	-2	12	27	8
P6	5	-16	6	25	17	41	11
		-13	11	26	6	39	5*
		-5	5	26	15	31	10
P7	4	-9	5	12	3	21	2*
		-11	4	12	5	23	1
P8	4	14	9	39	4	25	5*
		15	6	40	4	25	2*
		14	3	39	3	25	0
GEMIDDELD	5,2	-9,1	5,6	16,4	10,1	25,5	4,5
C1	7	-35	13	21	6	56	7*
		-35	11	17	7	52	4*
		-30	3	19	9	49	6
C2	7	-48	29	26	27	74	2*
		-47	14	24	27	71	13
		-47	30	24	10	71	20*
C3	8	-21	8	21	10	42	2
		-31	10	23	11	54	1*
		-27	10	21	6	48	4*
C4	5	-33	0	28	2	61	2
		-31	3	25	2	56	1*
		-33	3	29	1	62	2*
C6	5	-17	13	29	2	46	11*
		-30	9	30	2	60	7*
		-31	17	29	9	60	8*
C7	5	-39	3	27	15	66	12
		-37	16	27	20	64	4
		-48	12	34	27	82	15
C8	8	-36	3	34	8	70	5
		-45	16	33	31	78	15
		-32	23	35	13	67	10*
GEMIDDELD	6,4	-34,9	11,7	26,5	11,7	61,4	0

*Bij deze waarden is de mate van INV/EV groter bij de plantairflexie waardoor dit een negatieve waarde zou worden

Ganganalyse vs. actief bewegingsonderzoek

Als de twee verschillende onderzoeken met elkaar vergeleken worden, lijken op het eerste gezicht de grote verschillen tijdens het actieve bewegingsonderzoek (Tabel 4) nog niet terug te zien in de ganganalyse (Figuur 2&3). Om de waarden van het actieve bewegingsonderzoek te kunnen vergelijken met die van de ganganalyse is er gekeken naar de maximale plantairflexie en dorsaalflexie tijdens de standfase (0%-62%) van de gemeten voet. Bij de maximale plantairflexie en dorsaalflexie is de genormaliseerde tijd afgelezen evenals de waarde voor inversie en eversie. Bij de genormaliseerde tijd is de fase van het gaan opgezocht die bij dat percentage hoort. Deze gegevens zijn terug te vinden in tabel 5. Opvallend is dat bij de maximale plantairflexie bij één deelnemer van de patiëntgroep deze waarde tijdens de preswing is. Ook opvallend is dat bij de maximale dorsaalflexie bij één van de deelnemers van de patiëntgroep en bij één van de deelnemers van de controlegroep deze waarde tijdens de loading response voorkomt. Verder is het ook opvallend dat de gemiddelde waarden van zowel de maximale plantairflexie als de maximale dorsaalflexie bij de patiëntgroep en de controlegroep weinig verschillen. Hetzelfde geldt voor de ROM van de inversie en eversie.

In tabel 6 zijn overzichtelijk de gemiddelden terug te vinden zoals die ook te vinden zijn in tabel 4&5. Bij het bewegingsonderzoek gaat het hierbij over de waarden bij de maximale beweging. Bij de standfase gaat het hierbij over de maximale plantairflexie en dorsaalflexie tijdens de standfase in de ganganalyse, hierbij gaat het niet over de piekwaarden. Hierbij is duidelijk te zien dat de maximale plantairflexie bij de controlegroep veel groter is bij het bewegingsonderzoek, maar dat bij de standfase de maximale plantairflexie bijna gelijk is aan de patiëntgroep. Het verschil tussen beide groepen, bij het bewegingsonderzoek, is bij de dorsaalflexie kleiner dan bij de plantairflexie maar bij de standfase is het verschil juist weer groter dan bij de plantairflexie. De mate van inversie en eversie is tijdens de standfase van het lopen bij beide onderzoeksgroepen bijna gelijk. Bij het bewegingsonderzoek is er bij de patiëntgroep meer inversie en eversie aanwezig dan bij de controlegroep.

TABEL 5 PIEKWAARDEN GANGANALYSE Kolom2-5: maximale plantairflexie tijdens de standfase in graden, mate van inv/ev in graden Kolom 6-9: maximale dorsaalflexie tijdens de standfase in graden, mate van inv/ev in graden PFL=plantairflexie DFL=dorsaalflexie INV=inversie EV=eversie TST=terminal stance MST=mid stance LR>Loading response PS=preswing

	TIJD (%)	FASE GAAN	MAX PFL	MATE VAN INV/EV	TIJD (%)	FASE GAAN	MAX DFL	MATE VAN INV/EV	ROM PFL/DFL	ROM INV/EV
P1	47	TST	-6	1	62	PS	20	-2	26	3*
	30	MST	-4	9	62	PS	13	-6	17	15*
P3	35	TST	-6	-2	62	PS	15	-2	21	0
P4	50	TST	2	12	62	PS	22	15	20	3
	45	TST	-11	20	61	PS	15	13	26	7*
P5	36	TST	-21	6	60	PS	13	9	34	3
	37	TST	-8	10	62	PS	13	9	21	1*
P6	36	TST	-3	-4	61	PS	22	-13	25	9*
	29	MST	-3	-4	61	PS	20	-18	23	14*
P7	46	TST	3	10	62	PS	19	18	16	8
	53	PS	7	22	10	LR	18	25	11	3
GEM	40	TST	-4,5	7,3	57	PS	17,3	4,4	21,8	2,9
C1	41	TST	-8	11	61	PS	14	3	22	8*
C2	37	TST	-3	1	61	PS	18	-9	21	10*
C3	29	MST	-9	-11	60	PS	17	-6	26	5
	27	MST	-15	-6	62	PS	16	-7	31	1*
C4	46	TST	-5	4	62	PS	24	9	29	5
	47	TST	-7	7	62	PS	28	8	35	1
C5	40	TST	4	-10	61	PS	22	-6	18	4
	46	TST	4	0	9	LR	21	-1	17	1*
C6	28	MST	-5	2	59	PS	21	-7	26	9*
	45	TST	-5	12	61	PS	24	-1	29	13*
GEM	39	TST	-4,9	1	56	PS	20,5	-1,7	25,4	2,7

*Bij deze waarden is de mate van INV/EV groter bij de plantairflexie waardoor dit een negatieve waarde zou worden

TABEL 6 VERGELIJKING GROEPEN Gemiddelden tabel 4&5 Bewegingsonderzoek=waarden plateau's Standfase=maximale waarden#piekwaarden tabel 3

	MAXIMALE PLANTAIRFLEXIE IN GRADEN	MAXIMALE DORSAALFLEXIE IN GRADEN	ROM PLANTAIRFLEXIE /DORSAALFLEXIE IN GRADEN	ROM INVERSIE /EVERSIE IN GRADEN
GEMIDDELDE BEWEGINGSONDERZOEK PATIENTGROEP	-9,1 (SD±9,0)	16,4 (SD±17,1)	25,5 (SD±8,4)	4,5 (SD±7,6)
GEMIDDELDE BEWEGINGSONDERZOEK CONTROLEGROEP	-34,9 (SD±8,5)	26,5 (SD±5,1)	61,4 (SD±10,8)	0 (SD±9,1)
GEMIDDELDE STANDFASE PATIENTGROEP	-4,5 (SD±7,5)	17,3 (SD±3,6)	21,8 (SD±6,1)	2,9 (SD±6,0)
GEMIDDELDE STANDFASE CONTROLEGROEP	-4,9 (SD±5,7)	20,5 (SD±3,7)	25,4 (SD±5,8)	2,7 (SD±5,3)

Discussie

Bij de ganganalyse zijn er geen hele grote verschillen te vinden tussen beide onderzoeksgroepen. Bij de patiëntgroep zijn de maximale plantairflexie en dorsaalflexie minder groot dan bij de controlegroep. De mate van inversie en eversie is bijna gelijk. Opvallend is dat één deelnemer uit de patiëntgroep maximale plantairflexie tijdens de preswing heeft en dat zowel een deelnemer uit de controlegroep als de patiëntgroep een afwijkende maximale dorsaalflexie tijdens de loading response heeft. Verwacht werd bij de ganganalyse verschillen te vinden. Deze verwachting is onder andere gebaseerd op wat Mindler et al. (12) hebben gevonden in hun onderzoek naar het verschil in ganganalyse bij kinderen behandeld voor een klompvoet en een controle groep. Zij vonden bij de klompvoetengroep een verminderde maximale plantairflexie tijdens het lopen en vooral tijdens de zwaai fase een verminderde dorsaalflexie. Deze verschillen zouden kunnen komen door hypotrofie van de kuitmusculatuur. Deze hypotrofie is een onderdeel van de aandoening (16). Door verminderde kracht zou het kunnen dat er minder plantairflexie en dorsaalflexie gemaakt wordt tijdens het lopen. Ondanks de verwachting lijkt in dit onderzoek geen sprake te zijn van een significant verschil, in plantairflexie en dorsaalflexie tijdens het lopen, tussen beide onderzoeksgroepen. Karol et al. (13) hebben onderzocht wat het verschil is in het sagittale en transversale vlak tijdens het lopen, bij kinderen behandeld voor klompvoeten en een controlegroep. De klompvoetengroep behandeld met de Ponseti methode blijkt een verminderde enkel dorsaalflexie te hebben tijdens de standfase vergeleken met de controlegroep. Dit komt overeen met wat in dit onderzoek is gevonden: namelijk dat dorsaalflexie iets verminderd is ten opzichte van de controlegroep.

Opvallende verschillen in fases van het gaan waarop maximale plantairflexie en dorsaalflexie voorkomen zouden kunnen komen door de manier waarop de fases van het gaan zijn bepaald. Voor het bepalen van deze fases, is de gegeneraliseerde data van Barnett (17), zoals die terug te vinden is in het boek van Perry (18), gebruikt terwijl deze fases individueel af kunnen wijken.

Bij het bewegingsonderzoek zijn de plantairflexie en de dorsaalflexie van de controlegroep fors hoger dan de patiëntgroep, hierdoor is de ROM van de controlegroep meer dan het dubbele. De ROM van de inversie en eversie is bij de patiëntgroep hoger dan bij de controlegroep, waarbij de controlegroep als gemiddelde waarde geen inversie en eversie heeft. Opvallend hier is dat bij de patiëntgroep een persoon bij de maximale plantairflexie geen negatieve waarde heeft wat zou betekenen dat er geen plantairflexie geweest is. Het zou kunnen dat deze deelnemer met een ander looppatroon loopt, waardoor deze waarde afwijkt. De maximale plantairflexie van deze deelnemer is niet afwijkend in het actieve bewegingsonderzoek.

Verwacht was dat er bij de klompvoeten groep een fors lagere ROM in de enkel was te vinden en dat er een verhoogde mate van inversie en eversie aanwezig was om tot een uiterste stand te komen. Uit dit onderzoek is een licht verhoogde mate van inversie en eversie vastgesteld maar het is niet duidelijk of deze verhoging ook van invloed is op het komen tot een maximale plantairflexie of dorsaalflexie stand.

De grote verschillen die gevonden zijn zouden kunnen komen door hypotrofie van de kuitmusculatuur (16) waardoor er minder kracht in de voet aanwezig is om tot een uiterste stand te komen en deze aan te houden. Een afwijking in de talus en/of calcaneus zou dit ook kunnen verklaren. Hiermee valt echter niet te verklaren waarom bij een proefpersoon bij de maximale plantairflexie geen negatieve waarde staat en er dus eigenlijk geen plantairflexie aanwezig is. Dit zou wel verklaard kunnen worden door fouten in het meten zoals een kalibratie fout. De waarden van de plantairflexie en dorsaalflexie zijn bij deze persoon erg hoog maar de ROM is niet afwijkend van het gemiddelde waardoor het een meetfout lijkt te zijn.

Smith et al. (9) hebben bewegingsonderzoek en ganganalyse vergeleken tussen kinderen behandeld voor klompvoeten (met de ponseti methode) en een controlegroep. Zij vinden bij het meten met een goniometer in een passief bewegingsonderzoek, een gelijke maximale plantairflexie bij beide groepen en een sterk verminderde maximale dorsaalflexie bij de patiëntgroep. Vooral de gelijke maximale plantairflexie lijkt niet over een te komen met wat in dit onderzoek is gevonden. De werkwijze van het onderzoek van Smith et al. (9), waarbij de deelnemer aan het onderzoek in buiklig op een onderzoekstafel ligt en de beweging passief gemeten wordt is verschillend van de werkwijze van dit onderzoek, waarbij de deelnemer aan het onderzoek op een kruk zit en de beweging actief gemeten wordt.

Dit onderzoek is het eerste onderzoek waarbij de koppeling wordt gemaakt tussen het actieve bewegingsonderzoek en de ganganalyse. Voor verhoogde betrouwbaarheid van het onderzoek zijn er twee hoofdonderzoekers geweest die volgens een gericht protocol de markers plaatsten. Ook heeft één van de hoofdonderzoekers steeds de geschikte trials en daarbij het moment van hielcontact bepaald. Dit onderzoek is minder betrouwbaar, door het gebruik van een actief bewegingsonderzoek waarvan de betrouwbaarheid niet is bewezen. Dit actieve bewegingsonderzoek wordt ook niet breed gebruikt.

Alle kinderen met een klompvoet die deel hebben genomen aan het onderzoek zijn behandeld in hetzelfde ziekenhuis door dezelfde arts. Hierdoor zijn er geen grote behandelverschillen die van invloed zouden kunnen zijn op de uitkomst van het onderzoek.

Voor verhoogde betrouwbaarheid van het onderzoek was het beter geweest als van elk kind meerdere goede metingen meegenomen hadden kunnen worden in plaats van de één of twee goede metingen die nu meegenomen zijn. Hierdoor zouden meetfouten minder van invloed kunnen zijn op het onderzoek.

Een ander zwak punt is dat de opstelling uit twee camera's bestond die tegenover elkaar stonden schuin op de looprichting. Doordat er maar twee camera's waren, waren niet altijd alle markers even goed zichtbaar. Hierdoor ontbraken veel gegevens tijdens metingen en waren er minder metingen die meegenomen konden worden voor het onderzoek. Ook zijn de middelen waar mee gewerkt werd voor volwassenen gebouwd. Hierdoor waren sommige onderdelen veel te groot voor de kinderen. Veel markers moesten op de voet en het onderbeen geplaatst worden, die vaak te klein waren om alle markers en kastjes te kunnen dragen. Hierdoor viel wel eens een marker van de voet of het

onderbeen af tijdens het meten. Ook is het systeem gebouwd voor het meten van rechtersvoeten. Daarom zijn bij dit onderzoek bij bilaterale klompvoeten alleen de rechtersvoeten gemeten maar het was ook erg waardevol geweest om naar linkersvoeten te kijken en zo te kijken naar het verschil tussen links en rechts.

Aanbevelingen

In dit onderzoek zijn er geen of weinig verschillen te vinden wat betreft het gangbeeld, maar dit zou nog verder onderzocht moeten worden, vooral met een grotere onderzoeksgroep. Daarnaast zouden er andere meetmethoden gebruikt kunnen worden of een andere meetopstelling.

Het Oxford model is een prima model om te gebruiken voor dit soort onderzoek, ook bij kinderen. Wel is het aan te raden om te kijken of er een oplossing is voor het plaatsen van de kastjes zodat er genoeg ruimte overblijft op het beentje van het kind.

Voor vervolgonderzoek zou er ook gekeken kunnen worden naar de inversie en eversie beweging tijdens het actief onderzoek. In dit onderzoek zijn de maximale waarden meegenomen maar niet het verloop van de inversie en eversie beweging. Er zou dan een koppeling gemaakt kunnen worden tussen deze inversie en eversie beweging en de mogelijk gevonden afwijkingen tijdens het gaan.

Ook is het aan te raden vervolg onderzoek te doen naar de voorspelbaarheid van ganganalyse uitkomsten na het doen van een observatief actief bewegingsonderzoek. Zo zou een arts door middel van een kort onderzoek het effect op het lopen kunnen voorspellen en daar zijn behandelplan op aanpassen.

Voor de praktijk is het aan te bevelen om bij het actieve bewegingsonderzoek niet alleen op gevoel af te gaan maar ook te meten wat de maximale bewegingen zijn. Dit geldt ook voor het gaan, hiervoor is het zeker aan te raden om gebruik te maken van 3D ganganalyse.

Verder is het na dit onderzoek aan te raden om in de praktijk nog geen conclusies te binden aan het actief bewegingsonderzoek omdat het effect daarvan op de ganganalyse nog niet bekend is.

Conclusie

Het doel van dit onderzoek is om meer informatie te verzamelen over het effect van het gebruik van inversie om tot maximale dorsaalflexie te komen, op het lopen. Dit is onderzocht met de vraag: *Wat is de relatie tussen het actieve bewegingsonderzoek van de enkel en de enkel kinematica tijdens het lopen, bij kinderen die behandeld zijn voor klompvoetjes?*

In dit onderzoek is geen relatie te vinden tussen het actieve bewegingsonderzoek van de enkel en de enkel kinematica tijdens het lopen. Wel zijn er grote verschillen te vinden in het actieve bewegingsonderzoek. Hierbij is de maximale plantairflexie en dorsaalflexie bij de patiëntgroep behoorlijk minder vergeleken met de controlegroep. Deze verschillen lijken nog niet van invloed te zijn op het gaan want daar zijn hele kleine verschillen gevonden die zeker niet significant aantoonbaar zijn.

Literatuur

1. Patel S, Lee MH, Shaw OM. Congenital clubfoot : a review. 2010;71(4).
2. Specialisten KVM. Richtlijn Primaire Idiopathische Klompvoet. 2014.
3. Bergerault F, Fournier J, Bonnard C. Idiopathic congenital clubfoot : Initial treatment. Orthop Traumatol Surg Res. Elsevier Masson SAS; 2013;99(1):S150–9.
4. Wallander H, Hovelius L, Michaelsson K. Incidence of congenital clubfoot in Sweden. Acta Orthop. 2006;77(6):847–52.
5. Radler C. The Ponseti method for the treatment of congenital club foot: Review of the current literature and treatment recommendations. International Orthopaedics. 2013. p. 1747–53.
6. Zhao D, Li H, Zhao L, Liu J, Wu Z, Jin F. Results of clubfoot management using the Ponseti method: Do the details matter? A systematic review. Clin Orthop Relat Res. 2014;472(4):1329–36.
7. Dobbs MB, Gurnett CA. Update on clubfoot: Etiology and treatment. In: Clinical Orthopaedics and Related Research. 2009. p. 1146–53.
8. Faulks S, Richards BS. Clubfoot treatment: Ponseti and french functional methods are equally effective. In: Clinical Orthopaedics and Related Research. 2009. p. 1278–82.
9. Smith PA, Kuo KN, Graf AN, Krzak J, Flanagan A, Hassani S, et al. Long-term results of comprehensive clubfoot release versus the ponseti method: Which is better? Clin Orthop Relat Res. 2014;472(4):1281–90.
10. Ponseti I V. Congenital Clubfoot: fundamentals of treatment. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press; 2008. 147 p.
11. El-Hawary R, Karol LA, Jeans KA, Richards BS. Gait analysis of children treated for clubfoot with physical therapy or the Ponseti cast technique. J Bone Joint Surg Am. 2008;90(7):1508–16.
12. Mindler GT, Kranzl A, Lipkowski CAM, Ganger R, Radler C. Results of gait analysis

including the oxford foot model in children with clubfoot treated with the ponseti method. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96(19):1593–9.

13. Karol LA, Jeans K, Elhawary R. Gait analysis after initial nonoperative treatment for clubfeet: Intermediate term followup at age 5. In: *Clinical Orthopaedics and Related Research.* 2009. p. 1206–13.
14. Menadue C, Raymond J, Kilbreath SL, Refshauge KM, Adams R. Reliability of two goniometric methods of measuring active inversion and eversion range of motion at the ankle. 2006;8:1–8.
15. Cooper A, Chhina H, Howren A, Alvarez C. The contralateral foot in children with unilateral clubfoot, is the unaffected side normal? *Gait Posture.* Elsevier B.V.; 2014;40(3):375–80.
16. Verhaar, JAN. van Mourik JBA. *Orthopedie.* 2nd ed. Houten: Bohn Stafleu van Loghum; 2008. 455 p.
17. Barnett CH. The phases of human gait. *Lancet.* 1956;617–21.
18. Perry J, Burnfield JM. *Gait Analysis.* 2nd ed. Thorofare: SLACK incorporated; 2010. 551 p.

Bijlage I Informatiebrief klompvoetengroep

Beste ouder/verzorger,

De afdeling kinderorthopedie van het Catharina Ziekenhuis en Máxima Medisch Centrum zijn in samenwerking met de Fontys paramedische hogeschool een onderzoek gestart waarbij er een ganganalyse bij kinderen met klompvoeten wordt gedaan. Hierbij wordt er gekeken naar het looppatroon van de kinderen met klompvoeten en deze wordt vergeleken met de gang van gezonde controle kinderen zonder afwijkingen aan de onderste extremiteiten. Graag zouden we ook graag uw kind en u uitnodigen om deel te nemen aan dit project.

Het onderzoek betreft één meetmoment van ongeveer 1,5 uur en vindt plaats in het bewegingsanalyse lab van de Fontys hogeschool te Eindhoven. Voor de analyse van het looppatroon worden op de romp, heup, boven- en onderbeen en voet van uw kind kleine sensoren geplakt. Deze sensoren geven een signaal af die door de speciale camera's van het 3D bewegingsregistratiesysteem worden geregistreerd. Op deze manier wordt de houding van voet, been, heup en romp gemeten. Het aanbrengen van de sensoren duurt ongeveer 15 minuten. Daarna loopt uw kind met een zelfgekozen snelheid 5 tot 7 keer in het lab heen en weer. Hierbij wordt uw kind niet belemmerd door de sensoren. In de vloer van het lab is een krachtplaat verwerkt, waar uw kind overheen loopt zonder daar iets van te merken. Indien mogelijk worden na het gangbeeld ook nog een korte klinische test, drukplaat- en echometing afgenomen. Uiteraard worden alle taken aan uw kind en u uitgelegd en is deelname vrijwillig.

Als dank voor het meedoen, mag uw kind een kleinigheidje uitzoeken. Binnenkort zal een van onze onderzoekers contact met u opnemen om het onderzoek verder toe te lichten en bij interesse in deelname een afspraak in te plannen.

Bijlage II Informatiebrief controlegroep

De afdeling kinderorthopedie van het Catharina Ziekenhuis en Máxima Medisch Centrum zijn in samenwerking met de Fontys paramedische hogeschool een onderzoek gestart waarbij er een ganganalyse bij kinderen met klompvoeten wordt gedaan. Hierbij wordt er gekeken na het looppatroon van de kinderen met klompvoeten en deze wordt vergeleken met de gang van gezonde controle kinderen zonder afwijkingen aan de onderste extremiteiten.

Is uw kind tussen de 4 en 8 jaar oud? En heeft uw kind geen aangeboren aandoening wat invloed heeft op het lopen of een neurologische aandoening? En lijkt het u leuk om met uw kind aan dit project mee te doen? Graag zouden we uw kind en u uitnodigen om deel te nemen aan dit project.

Het onderzoek betreft één meetmoment van ongeveer 1,5 uur en vindt plaats in het bewegingsanalyse lab van de Fontys hogeschool te Eindhoven. Voor de analyse van het looppatroon worden op de romp, heup, boven- en onderbeen en voet van uw kind kleine sensoren geplakt. Deze sensoren geven een signaal af die door de speciale camera's van het 3D bewegingsregistratiesysteem worden geregistreerd. Op deze manier wordt de houding van voet, been, heup en romp gemeten. Het aanbrengen van de sensoren duurt ongeveer 15 minuten. Daarna loopt uw kind met een zelfgekozen snelheid 5 tot 7 keer in het lab heen en weer. Hierbij wordt uw kind niet belemmerd door de sensoren. In de vloer van het lab is een krachtplaat verwerkt, waar uw kind overheen loopt zonder daar iets van te merken. Indien mogelijk worden na het gangbeeld ook nog een korte klinische test, drukplaat- en echometing afgenomen. Uiteraard worden alle taken aan uw kind en u uitgelegd en is deelname vrijwillig. Als dank voor het meedoen, mag uw kind een kleinigheidje uitzoeken.

Bijlage III Plaatsing en lengte markers

Kastje A

- A0; RKNE; Femoral condyle; 10cm
- A1; RHFB; Head of fibula; 10cm
- A2; RTUB; Tibial tuberosity; 10cm
- A3; RTIB; Lateral aspect of os cruris; 20cm

Kastje B

- B0; RSHN; Anterior aspect of shin; 30cm
- B1; RANK; Lateral malleolus; 10cm
- B2; RMMA; Medial malleolus; 20cm
- B3; RSTL; Sustentaculum tali; 20cm

Kastje C

- C0; RPCA; Posterior medial aspect of heel (bovenste marker); 20cm
- C1; RCPG; Wand marker on posterior calcaneus; 30cm
- C2; RHEE; Posterior distal aspect of heel (onderste marker); 20cm
- C3; RLCA; Lateral calcaneus; 20cm

Kastje D

- D0; RP1M; Base of first metatarsal; 20cm
- D1; RD1M; Head of first metatarsal; 50cm
- D2; RTOE; Between second and third metatarsal heads; 30cm
- D3; RHLX; Base of hallux; 50cm

Kastje E (Foot 21-24/Voet re)

- E0; RP5M; Base of fifth metatarsal; 40cm
- E1; RD5M; Head of fifth metatarsal; 50cm

Bijlage IV Standard Operation Plan (SOP)

Voor aanwezigheid proefpersonen

- TL-licht uit/ dimlicht aan + gordijnen dicht
- Lab aankleden, presentjes klaarleggen.
- Documenten klaarleggen (informed consent / bewijs ontvangst bedankje + evt reiskosten / metinglijst).
- Camera's op goede positie zetten.

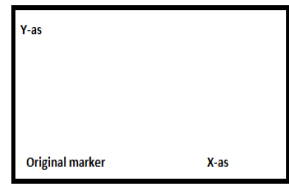
- Camera's, computer, laptop en AMTI force plate aanzetten.
- Inloggen in laptop (gebruikersnaam: 191412@student.fontys.nl)
- Laptop aan de computer verbinden via netwerkkabel.
- Wifi-verbinding op laptop uitzetten.
- Codamotion realtime network server aanzetten op de computer: wanneer dit gedaan is linkt de computer alle gegevens naar de laptop en is de laptop klaar voor gebruik.
- Codamotion Odin starten op laptop
 - o Open in Odin het Oxford Foot Model – BB – BK

In Odin:

- Selecteren van de apparatuur die gebruikt gaat worden
 - o Hardware
 - o Select hardware server
 - o Coda + OK
 - o Camera's en AMTI force plate selecteren: Duel XC1 + AMTI forceplate

- Kalibreren van de ruimte zodat de x-as, y-as en z-as worden bepaald.
 - o Pak de kastjes en alle markers uit de kast
 - o LET OP: wanneer de kastjes uit de kast worden gehaald moet het dimlicht aanstaan. Wanneer de gewone lichten aanstaan is de reflectie te groot waardoor de batterij van de kastjes snel leeg is.
 - o Voor het kalibreren van de ruimte heb je een kastje nodig (bij voorkeur kastje A omdat hierin marker 1,2 en 3 zichtbaar zijn) en drie markers met een minimale lengte van 30cm.
 - o Bevestig de markers in A0, A1 en A2.
 - o Leg het kastje en de markers op de force plate: A0 is de original marker, A1 moet op de X-as gelegd worden in de looprichting van het lab, A2 moet op de Y-as gelegd worden haaks op de looprichting (zie figuur 1).

- Check of alle markers zichtbaar zijn voor beide camera's, let dus op dat er 3x2 markers in beeld zijn. De waarde die Odin aangeeft moet boven de 30 zijn anders betekent het dat de marker voor een camera niet zichtbaar is. Wanneer dit het geval is geeft hij vaak de waarde 4 aan.
- Odin: Hardware
- Coda alignment
- Original marker, X-as marker en Y-as marker invoeren (als je kastje A pakt is het dus 1,2,3 maar let op, als er een ander kastje gepakt wordt zullen de markers afwijken).
- Align
- Het lab is nu gekalibreerd, haal het kastje van de plaat af.
- Force plate gereed maken.
 - Apparaat instellen: De lampjes die op het apparaat van de force plate staan moeten allemaal uit staan. Dit betekent dat de krachten eenheid exact op 0 staat en dat je met positieve getallen gaat meten.
 - De lampjes kunnen bijgesteld worden met de schroevendraaier.
 - Odin: Hardware
 - Acquire force offsets
- Alle kastjes gereed maken; voor overzicht markers zie bijlage IIa. Let op of kastjes goed geprogrammeerd zijn
- Bovenbeen clusters programmeren → markers 25 t/m 28 **LET OP! Op het einde moet alles terug geprogrammeerd worden!!**
- Heupbeugel programmeren → marker 19 t/m 24 **LET OP! Op het einde moet alles teruggeprogrammeerd worden!!**
 - 19:L.Sac.Wand
 - 20:R.Sac.Wand
 - 21:L.PSIS
 - 22: L.ASIS
 - 23:R.PSIS
 - 24: R.ASIS
- Het lab is nu gereed, laat de proefpersoon maar komen!



Figuur 1: marker plaatsing op force plate

Tijdens aanwezigheid proefpersoon

- Proefpersoon informeren en op gemak stellen.
- Uitleg studie zowel aan ouder als aan kind (introductie lab/taken/makers).
- Teken informed consent
- Beenlengte opmeten → van spina iliaca anterior superior naar laterale zijde enkel.
- Beenlengte rechts en links noteren op het formulier.

- Markers proefpersoon plakken unilateraal (*zijde bepalen gezonde en bilaterale klompvoet*). Probeer proefpersoon op het gemak te stellen door hem eventueel af te lijden met speelgoed of tablet.
- Proefpersoon aanmaken in Odin
 - File
 - Trail administrator
 - Naam proefpersoon invoeren. De documentnaam begint altijd met de code van het onderzoek, KV. Vervolgens word er aangegeven of de proefpersoon een klompvoet heeft of dat hij in de controlegroep zit, P= patiënt klompvoet en C= controle groep). Daarna wordt aangegeven of het linker of rechterbeen gemeten is, L of R. Tot slot wordt het nummer van de patiënt genoteerd. Voorbeeld: KV_P_R_01 (klompvoet_klompvoetpatient_rechterbeen_patient 1).
 - De proefpersoon is nu rechtsonder in beeld zichtbaar, onder deze code worden nu alle metingen opgeslagen.
 - Vul het formulier van bijlage IIc in zodat alle gegevens van een proefpersoon goed bij worden gehouden.
- Proefpersoon kalibreren
 - Pak de Pointer uit de kast (pointer A met klompvoet erop). Deze pointer heb je later nodig.
 - Proefpersoon gaat op het krachtenplatform staan met de voet waar de makers opgeplakt zijn. De andere voet zet hij/zij een stap naar achteren.
 - Controleren of alle markers goed in beeld zijn. Bij zichtbaarheid van alle markers ga naar de volgende stap. Wanneer niet alle markers zichtbaar zijn moet de proefpersoon wat draaien met zijn voet of wellicht staat hij met zijn andere voet voor de markers. Wanneer niet alle markers in beeld zijn kun je nooit naar de volgende stap!
 - Hardware
 - Acquire pointer
 - Pak nu de pointer en ga naast het bureau in het zicht van de camera's staan. Let op, je mag niet voor de markers van de proefpersoon gaan staan.
 - Zet de pointer aan en kijk tegelijkertijd naar de camera's wanneer het lampje een keer knippert zet je de pointer weer uit.
 - Als het allemaal goed is gegaan wordt het scherm op de laptop groen. Wordt hij rood dan moet je de stappen opnieuw herhalen. Odin geeft aan wat het probleem (markers/pointer uitbeeld) was.
 - Als alles goed gegaan is haal je de volgende drie markers van de proefpersoon af, deze zijn niet meer nodig voor de meting: marker 7,9 en 14.

Tijdens de metingen

- Nogmaals uitleg proefpersoon, persoon loopt in een rechte lijn van 8m door het lab op eigen tempo. Indien mogelijk moeten ze het krachtenplatform raken met beplakte 1 voet.
LET OP: in eerste instantie is het meest van belang dat de proefpersoon correct op en neer loopt en het liefst moet hij het krachtenplatform raken.
- Proefpersoon mag nu beginnen met lopen wanneer degene achter de laptop klaar is.
- Achter de laptop druk je op record en als de proefpersoon uit beeld is druk je op stop.
- Check of de meting goed is verlopen (alle markers moeten zichtbaar zijn geweest proefpersoon moet met het te meten been midden op het krachtenplatform geland zijn). *LET OP: er moeten minimaal 5 metingen correct zijn, alle markers moeten in beeld zijn geweest en de proefpersoon moet het krachtenplatform met een voet volledig geraakt hebben.* Tevens mogen er geen markers losgelaten zijn!
- Noteer alles op het formulier, goede of foute meting, snelheid proefpersoon en eventuele opmerkingen. Zie bijlage IIc voor voorbeeld formulier.
- Wanneer alle 5 metingen klaar zijn mogen de markers nog niet van de proefpersoon af. Het actieve bewegingsonderzoek moet nog uitgevoerd worden!

Actief bewegingsonderzoek

- Actief bewegingsonderzoek uitvoeren voor uitleg zie bijlage IIb.
- Deze test moet vijf keer correct uitgevoerd worden.
- Vul ook bij deze testen het formulier in bijlage IIc in. Geef aan bij opmerkingen dat het gaat om het actieve bewegingsonderzoek.
- Controleer voor je de markers definitief van de proefpersoon afhaalt of er daadwerkelijk 5 goede metingen zijn per taak.
- Alle markers loshalen van proefpersoon en terug in de kast leggen, alle markers in de kastjes laten zitten zodat de markers voor de volgende meting weer direct goed zitten.

Data opslaan!

- Sla de data op door te klikken op file, export current trial.
- Sla de data ook nog voor de zekerheid op op een USB. Hiervoor druk je op file, export motion bundel.

Na de metingen

- Uitleg uitkomst van de metingen en eventueel wat dingen laten zien aan de proefpersoon.

- Zijn er verder nog vragen?
- Proefpersoon bedanken door middel van bedankje en formulier van ontvangs laten tekenen.
- Reiskosten vergoeden bij de gezonde proefpersonen en een formulier laten tekenen voor ontvangst.

Dataopslag & opruimen & afsluiten lab

LET OP: Bovenbeenclusters en heupbeugel terugprogrammeren!

- Bovenbeen clusters herprogrammeren → naar markers 17,18,19,20
- Heupbeugel herprogrammeren → markers 1,2,3,4, 13,14
 - o 1:L.Sac.Wand
 - o 2:R.Sac.Wand
 - o 3:L.PSIS
 - o 4: L.ASIS
 - o 13:R.PSIS
 - o 14: R.ASIS

Veel gemaakte fouten:

- TL licht is niet uit waardoor er teveel reflectie is.
- Gordijnen zijn niet dicht waardoor er teveel reflectie is.
- Kast is niet dicht waardoor er teveel reflectie is van andere markers in de kast.
- Er zitten reflectoren op de persoon (kettingen ed).
- De drive box is verkeerd geprogrammeerd (wanneer dit is knipperen de markers in beeld). Bij deze foutmelding moet de drive box opnieuw geprogrammeerd worden.
 - o Er ligt een grijze kabel in de kast, pak deze
 - o Stop de ene kant van de kabel in de computer en de andere kant in de drive box
 - o Nu kun je op de computer onder het programma coda motion marker drive configuration de drive box her-programmeren.

Bijlage IIa

Kastje A

- A0; RKNE; Femoral condyle; 10cm
- A1; RHFB; Head of fibula; 10cm
- A2; RTUB; Tibial tuberosity; 10cm
- A3; RTIB; Lateral aspect of os cruris; 20cm

Kastje B

- B0; RSHN; Anterior aspect of shin; 30cm
- B1; RANK; Lateral malleolus; 10cm
- **B2; RMMA; Medial malleolus; 20cm**
- B3; RSTL; Sustentaculum tali; 20cm

Kastje C

- **C0; RPCA; Posterior medial aspect of heel (bovenste marker); 20cm**
- C1; RCPG; Wand marker on posterior calcaneus; 30cm
- C2; RHEE; Posterior distal aspect of heel (onderste marker); 20cm
- C3; RLCA; Lateral calcaneus; 20cm

Kastje D

- D0; RP1M; Base of first metatarsal; 20cm
- **D1; RD1M; Head of first metatarsal; 50cm**
- D2; RTOE; Between second and third metatarsal heads; 30cm
- D3; RHLX; Base of hallux; 50cm

Kastje E (Foot 21-24/Voet re)

- E0; RP5M; Base of fifth metatarsal; 40cm
- E1; RD5M; Head of fifth metatarsal; 50cm

Bovenbeen

- Lateral wand femur; los kastje voor om been.

Heup

- Anterior superior iliac spine lateral; heupbeugel
- Anterior superior iliac spine medial; heupbeugel
- Posterior superior iliac spine lateral; heupbeugel
- Posterior superior iliac spine media; heupbeugel

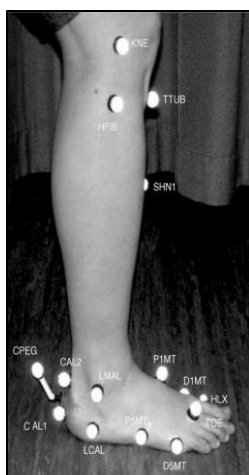


Figure 1a

Figure 1c
Marker position
Oxford foot model
Lateral view

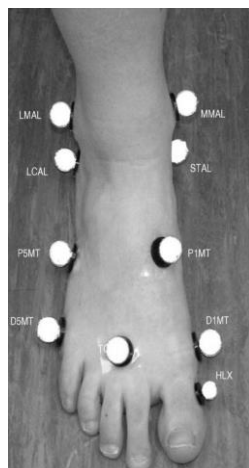


Figure 1b

Figure 1d
Marker position
Oxford foot model
Dorsal view



Marker position
Conventional gait
model
Dorsal view



Marker position
Conventional gait
model
Ventral view

Bijlage IIb

Actief bewegingsonderzoek

Uitvoering

Voor deze test moet de proefpersoon op een bank of stoel zitten met zijn benen afhangend. In deze positie wordt er aan de proefpersoon gevraagd of hij zijn tenen naar zich toe kan trekken (een dorsaalflexiebeweging).

Doel van de test

Met deze test wordt er gekeken of de proefpersoon de beweging zonder een inversie of eversie beweging uitvoert. Wanneer de test met een inversie of eversie-beweging uitvoert betekent dit dat er een compensatie plaats vindt om de maximale beweging toch te kunnen halen.

Bijlage IIc

Metingen

Naam Proefpersoon:

Nummer proefpersoon:

Datum meting:

Meting	Goede of slechte meting (V/X)	Opmerkingen	Meting	Goede of slechte meting (V/X)	Opmerkingen
1			20		
2			21		
3			22		
4			23		
5			24		
6			25		
7			26		
8			27		
9			28		
10			29		
11			30		
12			31		
13			32		
14			33		
15			34		
16			35		
17			36		
18			37		
19			38		

Bijlage V Informed Consent

ToetsingOnline NL53229.100.15 / versie 2 aug '15

Ik ben gevraagd om toestemming te geven, zodat mijn kind meedoet aan dit medisch-wetenschappelijke onderzoek:

Naam proefpersoon:

Geboortedatum: __ / __ / __

Ik heb de informatiebrief voor de proefpersoon gelezen. Ik kon aanvullende vragen stellen. Deze vragen zijn naar tevredenheid beantwoord. Ik heb voldoende tijd gehad om te beslissen of mijn kind meedoet. **Ja / Nee**

Ik weet dat meedoen helemaal vrijwillig is. Ik weet dat ik op ieder moment kan beslissen dat mijn kind toch niet meedoet. Daarvoor hoef ik geen reden te geven. **Ja / Nee**

De meting zal sowieso gestopt worden als mijn kind zich tegen het onderzoek verzet. Voorbeelden van verzet zijn (signalen van) angst, verdriet of boosheid. **Ja / Nee**

Ik weet dat sommige mensen de gegevens van mijn kind kunnen zien. Die mensen staan vermeld in de Algemene brochure. **Ja / Nee**

Ik geef toestemming om de gegevens te gebruiken voor de doelen die in de informatiebrief staan. **Ja / Nee**

Ik geef toestemming om de onderzoeksgegevens van mijn kind 15 jaar na afloop van dit onderzoek te bewaren. **Ja / Nee**

Ik vind het goed dat mijn kind meedoet aan dit onderzoek. **Ja / Nee**

Naam ouder/voogd**:

Handtekening:

Datum: __ / __ / __

Naam ouder/voogd**:

Handtekening:

Datum: __ / __ / __

In te vullen door onderzoeker

Ik verklaar hierbij dat ik bovengenoemde persoon/personen volledig heb geïnformeerd over het genoemde onderzoek. Ja / Nee

Als tijdens het onderzoek informatie bekend wordt die de toestemming van de ouder of voogd zou kunnen beïnvloeden, dan breng ik hem/haar daarvan tijdig op de hoogte.

Ja / Nee

Naam onderzoeker:

Handtekening:

Datum: __ / __ / __

Aanvullende informatie is gegeven door (indien van toepassing):

Naam:

Functie:

Handtekening

Datum: __ / __ / __

** Wanneer het kind jonger dan 18 jaar is, ondertekenen de beide ouders die het gezag uitoefenen of de voogd dit formulier.