



# Traplopen met behulp van de Easysteppers: Het effect op de kinematica van de knie

Afstudeerscriptie van:

**Judith Foederer**  
**2167443**

Opleiding tot Fysiotherapeut  
Fontys Paramedische  
Hogeschool Eindhoven

Versie: 1.2  
Datum: 03-06-2014

Afstudeerjaar: 2013-2014  
Begeleider: Jaap Jansen

## Personalia

### Gegevens student

**Naam:** Judith Foederer  
**Studentnummer:** 2167443  
**Adres:** Generaal Linckerslaan 33  
5623 JT Eindhoven  
**E-mailadressen:** j.foederer@student.fontys.nl  
judithfoederer@hotmail.com  
**Telefoonnummer:** 0625166637

### Gegevens verantwoordelijke organisatie

**Naam:** Fontys Paramedische Hogeschool  
**Adres:** Ds. Th. Fliednerstraat 2  
5631 BN Eindhoven  
**E-mailadres:** paramedisch@fontys.nl  
**Telefoonnummer:** 0885077011

### Gegevens docent begeleider

**Naam:** Jaap Jansen  
**E-mailadres:** jaap.jansen@fontys.nl  
**Telefoonnummer:** 0620478869

### Gegevens opdrachtgever

**Naam:** Wil Peters  
**Bedrijf:** Enocent Mobility Solutions  
**Adres:** Opaal 12  
5629 HR Eindhoven  
**E-mailadres:** info@enocent.nl  
**Telefoonnummer:** 0402410707

## Voorwoord

Voor u ligt de afstudeerscriptie: "Traplopen met behulp van de Easysteppers: het effect op de kinematica van de knie". Dit onderzoeksverslag is geschreven in het kader van de afstudeeropdracht voor de Bachelor opleiding Fysiotherapie, aan de Fontys Paramedische Hogeschool (FPH) te Eindhoven.

Het doel van deze afstudeerscriptie was om de kinematica van de knie tijdens het traplopen met de Easysteppers te vergelijken met het traplopen op de normale trap.

Het onderzoek is uitgevoerd in onderwijsperiode 15 en 16, van februari 2014 tot en met juni 2014. Eind juni zal deze afstudeerscriptie verdedigd worden.

De opdrachtgever voor het uitvoeren van dit onderzoek is Wil Peters, die de Easysteppers ontworpen heeft. Wil Peters heeft er ook voor gezorgd dat Omroep Brabant langs is geweest om een deel van het onderzoek te filmen. De uitzending over de Easysteppers is via deze [link](#) te bekijken.

De begeleiding tijdens deze afstudeeropdracht vond plaats door Jaap Jansen. De verscheidene tips, ondersteuning tijdens het uitvoeren van het onderzoek en verschillende feedbackmomenten hebben ervoor gezorgd dat deze afstudeerscriptie kwalitatief is verbeterd. Via deze weg wil ik hem hiervoor hartelijk danken.

Het onderzoek is samen met medestudente Anique van de Kerkhof uitgevoerd. Deze samenwerking verliep prettig, mijn dank hiervoor.

Ook ben ik dank verschuldigd aan de contactpersonen van het MARTlab, met name Tim Gerbrands. Het onderzoek kon niet worden uitgevoerd zonder de hulp van 20 proefpersonen, bedankt voor jullie medewerking en inzet.

Tijdens het schrijven van deze Bachelor scriptie heb ik heel erg veel geleerd. Het is een hele uitdaging geweest met veel hobbels. Bij het opstellen van een kwantitatief onderzoek komt meer kijken dan ik van te voren had gedacht. Deze afstudeerscriptie heeft dan ook de nodige stress met zich meegebracht. Gelukkig kreeg ik steun uit mijn directe omgeving. Daarom wil ik als laatste, maar niet als minste, de personen uit mijn directe omgeving enorm bedanken voor alle steun en toeverlaat.

Het schrijven van deze afstudeerscriptie biedt bovendien een goede basis bij het volgen van een Master aan de Vrije Universiteit van Brussel (VUB), waar ik mijn carrière als fysiotherapeut een vervolg wil geven.

Judith Foederer,  
Eindhoven, mei 2014

## Samenvatting

### Achtergrond:

In Nederland waren in 2007, 312.000 personen bekend met knieartrose. Een relatie tussen knie varus hoeken en ziekteprogressie van knieartrose is vastgesteld. Knieartrose patiënten melden als eerste moeilijkheden met traplopen. Traplopen vereist een verhoogde spieractiviteit, grotere momenten en grotere range of motion (ROM) dan gelijkvloers lopen. De Easysteppers veranderen het traplopen, het zijn tussentreden op de trap waarmee de staphoogte wordt gehalveerd. Wat de Easysteppers daadwerkelijk doen op de kinematica van de knie tijdens flexie-extensie en varus-valgus is nog nooit onderzocht, net als de (a)symmetrie die ze teweegbrengen.

### Methode:

Bij 20 jonge gezonde proefpersonen is met Codamotion een 3D-analyse gemaakt van de knie tijdens het trap oplopen, aflopen en achterwaarts aflopen. De maximale waarden van flexie, extensie, varus en valgus van de knie zijn hierbij geanalyseerd, net zoals de ROM van flexie-extensie en varus-valgus. Ook is er getoetst op significantie.

### Resultaten:

Er is een significant verschil gevonden bij flexie en flexie-extensie ROM van de knie bij alle condities, waarbij de waarden bij de Easysteppers het laagst zijn. Meestal waren de extensie, varus en valgus waarden significant verschillend, net als de varus-valgus ROM.

Bij de links-rechts vergelijking zijn bij de Easysteppers voor flexie, extensie en flexie-extensie ROM twee waarden significant verschillend, zes bij de normale trap. Bij varus, valgus en varus-valgus ROM zijn geen significante verschillen bij de Easysteppers, bij de normale trap één.

### Conclusie:

Er zijn kleinere bewegingsuitslagen van de knie bij het traplopen met de Easysteppers in vergelijking met de normale trap. De gemeten varus waarden zijn significant lager, dus mogelijk minder ziekteprogressie van knieartrose. Bovendien is er sprake van minder asymmetrie tussen beide knieën bij de Easysteppers in vergelijking met de normale trap. Er zal vervolgonderzoek gedaan moeten worden naar de belasting op de knie en naar de spieractiviteit bij het gebruik van de Easysteppers.

## Abstract

### Background:

In the Netherlands there were 312.000 known cases of knee osteoarthritis in 2007. A relationship between knee varus angles and knee osteoarthritis has been established. The first thing people with knee osteoarthritis complain about are difficulties while climbing stairs. Stair climbing requires increased activity of the muscles, greater moments and range of motion (ROM) than level gait. The Easysteppers cause changes in stair climbing patterns. The Easysteppers are platforms between steps which will create half the original step height. What the Easysteppers actually do with the kinematics of the knee was never investigated, just as the (a)symmetry they cause.

### Method:

In this study, 20 healthy young subjects participated in a 3D-analyse of the knee using 'Codamotion' during stair climbing (stair ascent, descent and backwards descent). The maximal values for flexion, extension, varus and valgus of the knee are analyzed in this study, just as the flexion-extension and varus-valgus ROM. There have also been tests of the significance.

### Results:

There is a significant difference in all conditions at flexion and flexion-extension ROM of the knee. The values of the Easysteppers are the lowest. The values of extension, varus and valgus were significant different most of the time, just as varus-valgus ROM.

Within the left-right comparison using the Easysteppers for flexion, extension and flexion-extension ROM there are two significant different values, six at the normal staircase. The Easysteppers have no significant differences when it is about varus, valgus and varus-valgus ROM, one at the normal staircase.

### Conclusion:

In the case of climbing stairs using the Easysteppers there is less motion of the knee compared to the normal staircase. The measured values of varus are significant lower, so they may reduce disease progression of knee osteoarthritis. In addition, there is less asymmetry with the Easysteppers in comparison with the normal staircase. Further research is necessary to measure the load upon the knee caused by the Easysteppers, and the muscle activity during climbing stairs with the Easysteppers.

# Inhoudsopgave

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Inleiding</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>2. Methode</b> .....  | <b>3</b>  |
| 2.1 Onderzoeksdesign.....  | 3         |
| 2.2 Onderzoekspopulatie.....   | 3         |
| 2.3 Meetinstrumenten.....  | 3         |
| 2.4 Meetopstelling .....   | 4         |
| 2.5 Meetprotocol.....  | 4         |
| 2.6 Data-analyse en dataverzameling.....   | 6         |
| 2.7 Ethische aspecten .....  | 6         |
| <b>3. Resultaten</b> .....   | <b>7</b>  |
| 3.1 Deelnemerspopulatie.....   | 7         |
| 3.2 Algemeen .....   | 7         |
| 3.3 Flexie- en extensie hoeken van de knie.....  | 7         |
| 3.4 Varus- en valgus hoeken van de knie .....  | 11        |
| <b>4. Discussie</b> .....  | <b>14</b> |
| 4.1 De resultaten in het kort vermeld .....  | 14        |
| 4.2 Flexie en extensie waardes vergelijken met literatuur .....                                | 14        |
| 4.3 Varus en valgus waardes vergelijken met literatuur.....                                    | 16        |
| 4.4 ROM bij knieartrose.....   | 18        |
| 4.5 (A)symmetrie bij het gebruik van de Easysteppers in vergelijking met de normale trap ..... | 19        |
| 4.6 Literatuurbeschrijvingen van momenten op de knie.....                                      | 20        |
| 4.7 Sterke punten van het onderzoek .....  | 21        |
| 4.8 Beperkingen van het onderzoek.....   | 21        |
| 4.9 Het gebruik van de Easysteppers in de praktijk voor patiënten met knieartrose .....        | 22        |
| <b>5. Conclusie en aanbevelingen</b> .....   | <b>24</b> |
| <b>6. Referenties</b> .....  | <b>25</b> |
| <b>7. Bijlagen</b> .....   | <b>27</b> |
| Bijlage I Korte informatie Easysteppers .....  | 28        |
| Bijlage II Brief voor geïnteresseerden in deelname onderzoek.....                              | 31        |
| Bijlage III Informed Consent .....   | 34        |
| Bijlage IV Vragen vooraf aan het onderzoek.....  | 35        |
| Bijlage V Algemene instructie.....   | 36        |
| Bijlage VI Vragenlijst Easysteppers.....   | 37        |
| Bijlage VII Stroomschema kwantitatief onderzoek Easysteppers .....                             | 38        |
| Bijlage VIII Criteria pieken kiezen.....   | 39        |
| Bijlage IX Uitslag vragenlijst gebruiksgemak Easysteppers.....                                 | 42        |

## 1. Inleiding

In Europa heeft ongeveer 25% van de personen van 55 jaar of ouder, het afgelopen jaar op de meeste dagen in de maand pijn gehad aan de knie. Ongeveer de helft van deze personen heeft knieartrose.<sup>1</sup> Artrose is een wijdverspreide reumatische ziekte die wordt gekenmerkt door de progressieve afbraak van gewrichtskraakbeen, wat resulteert in pijn, deformiteiten en verminderde functie van de aangetaste gewrichten.<sup>2</sup>

Op 1 januari 2007 waren op basis van huisartsenregistraties ongeveer 240.000 mannen en 417.000 vrouwen bekend met artrose. De meest voorkomende vorm is knieartrose, hieronder vallen 312.000 personen.<sup>3</sup> In 2011 bedroegen de zorgkosten voor artrose 1,1 miljard euro. Dit kwam overeen met 1,2% van de totale kosten van de gezondheidszorg in Nederland.<sup>3</sup>

Knieartrose neemt toe in prevalentie met de leeftijd. Deze aandoening is een hoofdoorzaak van beperkte mobiliteit bij ouderen.<sup>1</sup>

Typische symptomen van artrose zijn onder meer het geleidelijk beginnen van pijn en stijfheid in en rond een gewricht, met als gevolg een verminderde functie van dat gewricht.<sup>2</sup>

Ondanks de subjectiviteit, worden de door de patiënt gerapporteerde pijn en functionele beperkingen vaak beschouwd als de primaire indicatoren van de ernst van de ziekte.<sup>4</sup>

Door de jaren heen zijn talrijke factoren voorgesteld als mogelijke verklaringen voor de mate van functionele invaliditeit bij mensen met knieartrose. Onder deze factoren valt een verminderde range of motion (ROM) van het kniegewricht.<sup>5</sup> Ook een afname van kracht van de onderste extremiteit is geassocieerd met artrose.<sup>6</sup>

Bij personen met artrose zou er een inspectie moeten plaatsvinden van de stand van de benen, of deze in varus- of valgusstand staan. Dat zijn namelijk fysieke bevindingen die meestal samenhangen met mankementen.<sup>2</sup> Bij een varusstand staan de knieën verder uit elkaar dan de voeten. Bij een valgusstand staan de knieën dicht bij elkaar dan de voeten. Bij degeneratie vanuit het mediale compartiment wordt vaak een varusstand van de knie gezien. Een valgusstand wordt vaak gezien bij degeneratie vanuit het laterale compartiment. Een varus- dan wel valgusstand is een sterke risicofactor voor het erger worden van radiografische afwijkingen en zijn geassocieerd met functionele beperkingen.<sup>2</sup> Het mediale compartiment van de knie is tien keer vaker aangedaan dan het laterale compartiment.<sup>7</sup> Een relatie tussen varus hoeken in de knie en ziekteprogressie van knieartrose is vastgesteld. Een hoog varusmoment staat gelijk aan hogere compressie in het mediale gewrichtscompartiment met daaraan gekoppelde degeneratieve overbelastingsverschijnselen.<sup>8</sup> Verhoogde druk van het mediale compartiment blijkt dus te leiden tot progressie van knieartrose.<sup>8-9</sup>

De eerste klacht van patiënten die beginnende tot matige artrose hebben, zijn moeilijkheden tijdens het traplopen.<sup>10-11</sup> Trappen zijn veel voorkomende obstakels in het dagelijkse leven.<sup>12-13</sup> Traplopen is daarom een belangrijke functionele activiteit voor zelfstandig leven<sup>14</sup> en de kwaliteit van leven.<sup>15</sup>

Een groot deel van de functiebeperkingen tijdens het traplopen is direct gerelateerd aan de knie en manifesteert zich bij ouder wordende gezonde mensen en mensen met knieartrose.<sup>16</sup>

Met de toenemende vergrijzing en de stijging van het aantal personen die bekend zijn met artrose aan de onderste extremiteit, is het noodzakelijk dat er begrepen wordt wat traplopen qua belasting betekent voor het dagelijkse leven.<sup>10</sup> Bij traplopen worden er hoge eisen gesteld aan de knie, wat kan leiden tot progressie van knieartrose.<sup>8</sup>

Over het algemeen is gebleken dat er bij traplopen een grotere ROM van de knie wordt gevraagd dan bij het gelijkvloers lopen<sup>10-11,17</sup>, de knieflexie is drie keer zo groot.<sup>14,18</sup> Tevens is er een toename van 12-25% van de belasting op de knie vergeleken met gelijkvloers lopen.<sup>19-20</sup>

Bovendien is er sprake van verschillen in spieractiviteit tussen traplopen en gelijkvloers lopen. Dit verschil zit voornamelijk in de spieren die verantwoordelijk zijn voor de verticale verplaatsing van het lichaam. Bij zowel trap op- als aflopen is de duur van de activiteit van de flexoren van de knie klein vergeleken met de extensoren van de knie.<sup>20</sup>

Er zijn tal van verschillende manieren om trap te lopen. Gezonde mensen hebben over het algemeen een alternerend looppatroon bij traplopen. In de praktijk blijkt dat mensen met knieartrose gebruik maken van de trapleuning.<sup>16</sup> Een oplossing die na zware arbeid gebruikt wordt, is het achterwaarts trap aflopen. Ook wordt deze manier toegepast wanneer trappen erg steil zijn en voorwaarts trap aflopen een groot valrisico met zich meebrengt.<sup>21</sup> Dat valrisico is bij patiënten met knieartrose verhoogd.<sup>10</sup>

Er is een product op de markt gebracht dat aanpassingen in het traplopen teweegbrengt: de Easysteppers. Dit zijn stevige tussentreden op de trap. Hiermee wordt de staphoogte gehalveerd waardoor de trap op- en afgelopen kan worden met halve treden.<sup>22</sup> De Easysteppers zijn bedoeld voor mensen met mobiliteit- en/of krachtproblemen als gevolg van bijvoorbeeld knieartrose. Het gaat om een aanpassing die in een woning gedaan kan worden, in plaats van bijvoorbeeld een traplift.<sup>22</sup> Wat de Easysteppers daadwerkelijk doen op de gewrichtshoeken van de knie tijdens flexie-extensie en varus-valgus is nog nooit onderzocht. De verwachting is dat wanneer er gebruik wordt gemaakt van de Easysteppers, de gewrichtshoeken verminderen in maximale hoeken en totale ROM.

Om deze hypothese te kunnen onderzoeken zal de volgende onderzoeksvraag beantwoord worden:

***Wat is het effect van de Easysteppers op de kinematica van de knie tijdens het traplopen ten opzichte van een normale trap?***

Hierbij wordt gekeken naar de maximale hoeken van de knie bij flexie, extensie, varus en valgus.

Ook de ROM van flexie-extensie en varus-valgus wordt geanalyseerd.

De volgende deelvraag wordt beantwoord:

***Wat is het effect van de Easysteppers tijdens het traplopen op de (a)symmetrie tussen de linker- en rechterknie ten opzichte van een normale trap?***



## 2. Methode

### 2.1 Onderzoeksdesign

De metingen van dit experimenteel onderzoek zijn uitgevoerd van 11 tot en met 14 maart 2014. Er is een vergelijking gemaakt van de kinematica van de knie tussen het traplopen met de Easysteppers en het traplopen op een normale trap. Tijdens het onderzoek werd er gebruik gemaakt van 3D-analyse technieken in het bewegingslaboratorium van lectoraat Health & Technology op de Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven (MARTlab).

### 2.2 Onderzoekspopulatie

Er hebben 20 proefpersonen deelgenomen aan het onderzoek. De proefpersonen vormden een zo homogeen mogelijke groep: er werd getracht proefpersonen te gebruiken in dezelfde leeftijdscategorie (van 19 tot 27 jaar). Er is gekozen voor deze categorie, omdat de meeste studenten op de Fontys Paramedische Hogeschool in deze leeftijdscategorie vallen. Zie tabel 1 voor de in- en exclusiecriteria.

Tabel 1. In- en exclusiecriteria

| Inclusiecriteria  | Exclusiecriteria   |
|---|--|
| ≥ 18 jaar   | Aandoeningen die van invloed zijn op het lopen (blessures aan de onderste extremiteit, artrose, neurologische aandoeningen etc.) |
| In staat zijn zelfstandig <i>alternierend</i> trap te kunnen lopen              | Balansproblemen / coördinatiestoornissen   |
| In staat zijn verbale en visuele instructies te volgen, zonder hulp van anderen |  |

Er is gekozen voor deze exclusiecriteria omdat traplopen wordt bemoeilijkt wanneer er sprake is van afgenomen motorische functies, balansproblemen of verminderde functie van de onderste extremiteit.<sup>16</sup>

Mogelijke proefpersonen werden benaderd via de mail en/of persoonlijk. Het onderzoek werd kort uitgelegd (bijlage I). Bij interesse kregen de proefpersonen nadere informatie omtrent het onderzoek (bijlage II). Tevens werd het Informed Consent toegezonden (bijlage III).

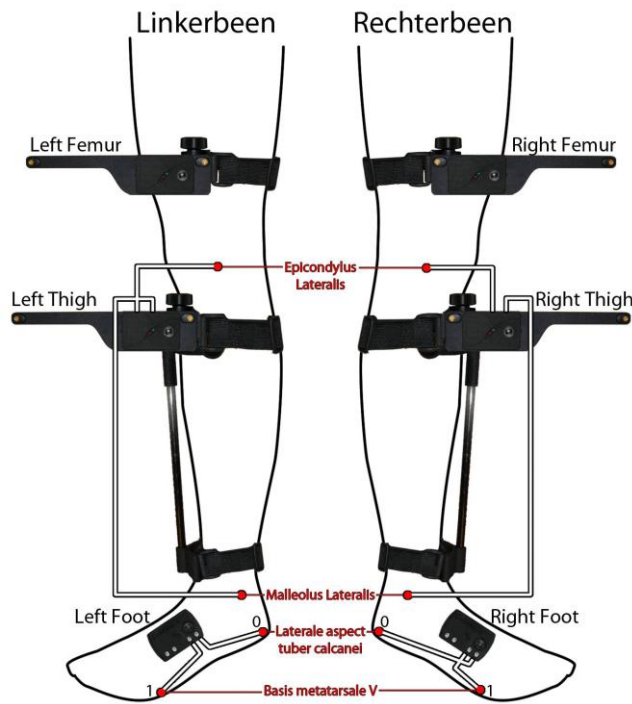
### 2.3 Meetinstrumenten

Om de kinematica van de knie te meten, werd er gebruik gemaakt van het Codamation-systeem voor 3D-bewegingsanalyse. Kniefunctie kan objectief worden beoordeeld met een 3D-ganganalyse.<sup>4</sup>

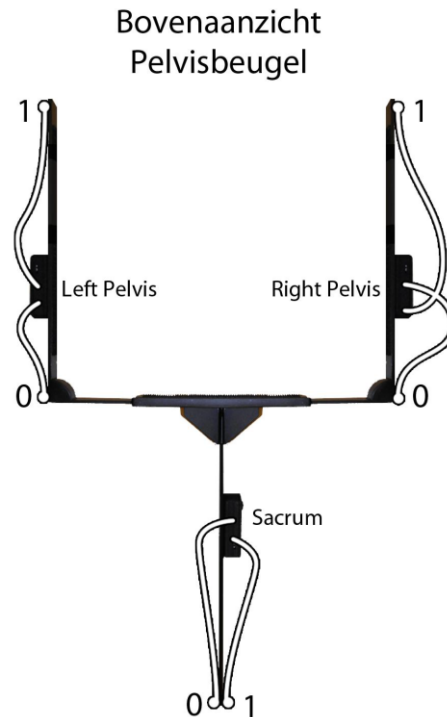
Er werden twee camerabalken aan weerszijden van de trap geplaatst. Deze camerabalken bevatten ieder drie camera's. Er was een sample rate van 200 Hz.

De proefpersonen werden opgetuigd volgens het 'Standaard Markeerprotocol', zie figuur 1 en 2. De andere stappen uit het protocol van het MARTlab moesten nauwkeurig worden opgevolgd.

Met behulp van marker visibility en stick figure kon gecontroleerd worden of alle markers in beeld waren. De controle van de marker visibility vond plaats bij elke proefpersoon, voor aanvang van de eerste meting. Tevens werd na elke trial de stick-figure gecontroleerd.



*Figuur 1. Markeerprotocol onderste extremiteit*



*Figuur 2. Markeerprotocol pelvis*

## 2.4 Meetopstelling

Het onderzoek vond plaats in het MARTlab, waar een trap staat (figuur 3). Aan beide zijden bevinden zich armleuning. Deze zijn 4 centimeter (cm) breed, 10 cm hoog op 90-100 cm hoogte vanaf de treden gemeten. De trap bestaat uit 4 traptreden.

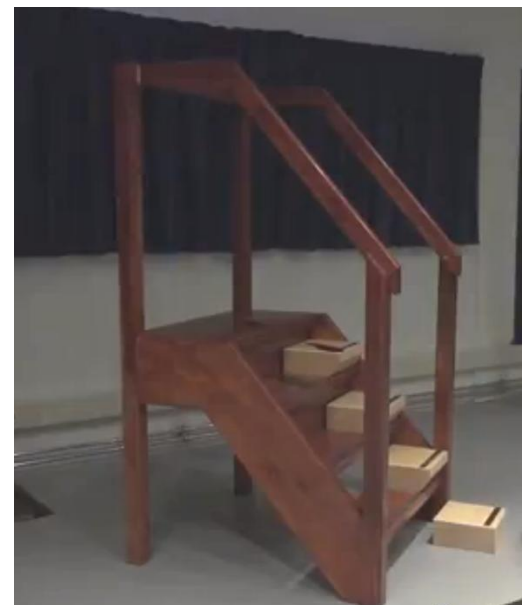
Iedere traptrede is 20 cm hoog, 23 cm diep en 84 cm breed.

In dit onderzoek wordt met deze trap, de normale trap bedoeld.

Aan de rechterkant liggen de Easysteppers. Eén Easystepper ligt op de grond en op de laatste trede bevindt zich geen Easystepper.

De hoogte van een Easystepper is 10 cm, de diepte is 24 cm en de breedte is 29 cm. De hellingshoek van de trap is 43 graden.

Wanneer er geen gebruik gemaakt wordt van de Easysteppers, dient de linkerkant van de trap gebruikt te worden (bij het trap oplopen).



*Figuur 3. Opstelling trap MARTlab*

## 2.5 Meetprotocol

Het onderzoek werd uitgevoerd door twee onderzoekers die te allen tijde beiden aanwezig waren.

In de brief die naar de proefpersonen is gestuurd werd onder andere beschreven wat er van de proefpersonen verwacht werd (bijlage II). Het dragen van (korte) nauwsluitende kleding en het uitvoeren van het onderzoek op blote voeten zijn hier voorbeelden van.

Allereerst werd het Informed Consent ondertekend (bijlage III). Daarna werd er een vragenlijst ingevuld (bijlage IV), dit werd gedaan door de proefpersoon en de uitvoerende onderzoekers. Hierbij

werden de in- en exclusiecriteria gecontroleerd. De uitvoerende onderzoeker heeft de lengte en het gewicht gemeten. De lengte werd genoteerd in cm, waarbij werd afgerond op 0,5 cm. Het gewicht werd genoteerd in kilogram (kg), waarbij werd afgerond op 0,1 kg. Alvorens de proefpersoon werd opgetuigd, werd er een instructie gegeven door de andere uitvoerende onderzoeker (bijlage V). Deze instructie werd mondeling overgebracht en er volgde een demonstratie van het lopen op de Easysteppers.

De volgende condities zijn uitgevoerd:

- Easysteppers op
- Easysteppers af (voeten schuin geplaatst)
- Normale trap op
- Normale trap af (voeten schuin geplaatst)
- Easysteppers achterwaarts aflopen
- Normale trap achterwaarts aflopen

De condities werden telkens in deze volgorde uitgevoerd. Er is gekozen om te beginnen met de variant met de Easysteppers, omdat deze conditie dan direct na de uitleg gedaan kon worden. Er werd verondersteld dat de proefpersonen de normale trap vaker gebruikt hebben dan de Easysteppers.

De proefpersonen hebben alternerend trap gelopen, omdat gezonde mensen over het algemeen een alternerend looppatroon hebben bij traplopen.<sup>16</sup> Bovendien zijn de Easysteppers ervoor gemaakt om alternerend trap te (kunnen) lopen.<sup>22</sup>

Vanwege de veiligheid en het gebruik in de praktijk door mensen met knieartrose, is er voor gekozen om de proefpersonen alleen met gebruikmaking van de leuning trap te laten lopen.<sup>16</sup>

Na de instructie en de demonstratie werd de proefpersoon gevraagd een 'proeftest' uit te voeren. Deze bestond uit het trap op- en af lopen, met- en zonder gebruikmakend van de Easysteppers. Op het moment dat de onderzoekers vonden dat de 'proeftest' veilig werd uitgevoerd en er geen vragen van de proefpersoon meer waren, kon het begin van de vragenlijst worden ingevuld (bijlage VI). Het doel van deze vragenlijst is om de maatschappelijke relevantie en het gebruiksgemak van de Easysteppers te kunnen evalueren.

Vervolgens werden 22 markers aangebracht, volgens figuur 1 en 2. Bij het optuigen was er sprake van een vaste rolverdeling tussen de twee onderzoekers. Telkens vond er, middels palpatie, controle plaats door de andere onderzoeker.

Elke conditie werd drie keer uitgevoerd (drie trials). Wanneer een meting niet juist was, werd deze conditie nogmaals uitgevoerd. De verschillende condities werden zonder rustmoment uitgevoerd. Alle trials werden apart opgeslagen. De volgende codering werd gehanteerd: x.x.x waarbij de 1<sup>e</sup> x staat voor het nummer van de proefpersoon, de 2<sup>e</sup> x staat voor de conditie en de 3<sup>e</sup> x staat voor het nummer van de trial.

Nadat de proefpersoon alle condities had uitgevoerd, werd deze ontdaan van markers. Wanneer er

verder geen vragen van de proefpersoon meer waren, kon het onderzoek worden beëindigd. Er is een kort stroomschema van het onderzoek gemaakt (bijlage VII).

## **2.6 Data-analyse en dataverzameling**

Na de metingen werden alle gegevens van de proefpersonen en de software van Codamotion overgeplaatst naar de laptop van de onderzoeker. Zo konden de gegevens te allen tijde worden bekeken zonder tussenkomst van het MARTlab.

Toen alle gegevens verzameld waren, kon het aflezen van de grafieken beginnen. Er is een protocol opgesteld om de grafieken te analyseren (bijlage VIII). Elke trial van elke conditie werd visueel geïnspecteerd.

De maximale hoeken van de knie zijn voor de volgende bewegingen geanalyseerd: flexie, extensie, varus en valgus. De knie ROM van flexie-extensie en van varus-valgus zijn tevens geanalyseerd. De flexie-extensie ROM werd berekend door de knie flexie gemiddeld per conditie te verminderen met de knie extensie gemiddeld per conditie. De varus-valgus ROM werd berekend door de knie varus gemiddeld per conditie te verminderen met de knie valgus gemiddeld per conditie. Dit werd voor elke proefpersoon afzonderlijk berekend. Voor de linker- en rechterknie is tevens alles afzonderlijk geanalyseerd.

Alle waarden werden uiteindelijk gemiddeld en voor de 20 proefpersonen, per conditie, onder elkaar gezet. Om berekeningen met deze gegevens te maken werd gebruik gemaakt van het programma Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versie 20.0.

Globaal werden er twee varianten met elkaar vergeleken, namelijk het traplopen met de Easysteppers en het traplopen op de normale trap. Na een controle of de verdeling van de waarden normaal waren, werd er gekozen voor een parametrische of een non-parametrische test. Indien de waarden normaal verdeeld waren werd er gekozen voor de parametrische Paired-Samples T test. Indien de waarden niet normaal verdeeld waren, werd er gekozen voor de non-parametrische Related-Samples Wilcoxon Signed Rank Test.

Een p-waarde lager dan 0,05 wordt gezien als statistisch significant.

Voor de beschrijving van de resultaten is beschrijvende statistiek gebruikt.

Bij de non-parametrische waarden werd de mediaan afgelezen, net als de interkwartielrange (IQR) van het 25<sup>e</sup> en het 75<sup>e</sup> percentiel. Bij de parametrische waarden werd de standaarddeviatie (SD) vermeld ( $\pm$ ).

## **2.7 Ethische aspecten**

Bij interesse voor deelname aan het onderzoek werd een informatiebrief verstrekt (bijlage II). Alvorens het onderzoek werd uitgevoerd diende er een Informed Consent ingevuld te worden (bijlage III).

De proefpersonen konden zich te allen tijde terugtrekken uit het onderzoek, zonder nadelige gevolgen. Er is sprake van anonieme verwerking. Alleen de onderzoekers hebben toegang tot de persoonsgegevens. Bovendien moet er altijd sprake zijn van vrijwillige deelname.

## 3. Resultaten

### 3.1 Deelnemerspopulatie

In totaal hebben 20 proefpersonen (N) deelgenomen aan het onderzoek, waaronder 11 mannen en 9 vrouwen. Alle proefpersonen voldeden aan de in- en exclusiecriteria. Tevens heeft elke proefpersoon het gehele onderzoek volledig afgerond.

In tabel 2 staan de karakteristieken van de proefpersonen, inclusief de SD.

*Tabel 2. Karakteristieken van de proefpersonen: gemiddelden  $\pm$  standaarddeviatie*

| Geslacht | N  | Leeftijd (jaren) | Lengte (cm)       | Gewicht (kg)      |
|----------|----|------------------|-------------------|-------------------|
| Man      | 11 | 23,45 $\pm$ 2,32 | 184,05 $\pm$ 6,85 | 81,95 $\pm$ 12,08 |
| Vrouw    | 9  | 21,90 $\pm$ 1,27 | 174,83 $\pm$ 6,32 | 71,21 $\pm$ 6,77  |
| Totaal   | 20 | 22,75 $\pm$ 2,04 | 179,90 $\pm$ 7,97 | 77,35 $\pm$ 11,10 |

N = aantal proefpersonen; cm = centimeter; kg = kilogram

### 3.2 Algemeen

Omdat de waarden niet normaal verdeeld waren, is er gekozen om non-parametrisch te toetsen (met de Related-Samples Wilcoxon Signed Rank Test).

Er was in sommige situaties sprake van slechte zichtbaarheid van de markers. Ondanks de pogingen dit te verbeteren middels verplaatsen van de camera's en/of het uitvoeren van een extra trial, missen er (gemiddelde) waarden van proefpersonen. Er is alleen getoetst op significantie wanneer er sprake was van  $N \geq 5$ .

### 3.3 Flexie- en extensie hoeken van de knie

Tabel 3 laat de waarden zien bij maximale knie flexie, maximale knie extensie en de knie flexie-extensie ROM tijdens traplopen. Hierbij werden telkens twee varianten met elkaar vergeleken, namelijk het traplopen met de Easysteppers en het traplopen op een normale trap.

De tabel laat zien dat er een statistisch significant verschil is bij zowel de maximale knie flexie als de knie flexie-extensie ROM bij beide knieën en alle voor alle condities het geval ( $p < 0,001$ ). In de meeste gevallen blijkt dit ook voor knie extensie te gelden. Alleen bij het trap oplopen knie extensie bij beide knieën en de trap achterwaarts aflopen knie extensie rechts niet ( $p > 0,05$ ).

Bij de knie extensie waarden moet een opmerking geplaatst worden: bij positieve waarden is er sprake van een (relatieve) knie flexie. Wanneer de waarden negatief zijn wordt er gesproken van een 'echte' knie extensie, waarbij de knie voorbij de nulstand komt.

**Tabel 3. Maximale flexie, maximale extensie en flexie-extensie ROM waardes van de knie bij de Easysteppers en de normale trap**

| Conditie   | N  | Easysteppers<br>mediaan (IQR) | Normale trap<br>mediaan (IQR) | p-<br>waarde |
|--|----|-------------------------------|-------------------------------|--------------|
| Trap op knie flexie links                            | 20 | 75,50 (69,04-78,34)           | 88,58 (82,57-94,55)           | 0,000*       |
| Trap op knie flexie rechts                           | 20 | 73,83 (69,84-78,07)           | 94,42 (91,89-103,09)          | 0,000*       |
| Trap op knie extensie links                          | 20 | 6,51 (4,21-18,53)             | 7,04 (5,63-13,31)             | 0,502        |
| Trap op knie extensie rechts                         | 20 | 8,60 (6,75-12,78)             | 7,45 (4,84-15,63)             | 0,478        |
| Trap op knie flexie-extensie ROM links               | 20 | 66,32 (60,32-73,31)           | 81,08 (73,04-84,77)           | 0,001*       |
| Trap op knie flexie-extensie ROM rechts              | 20 | 64,40 (59,54-69,74)           | 85,13 (77,68-90,42)           | 0,000*       |
| Trap af knie flexie links                            | 16 | 68,43 (64,68-70,95)           | 87,90 (83,22-90,73)           | 0,000*       |
| Trap af knie flexie rechts                           | 16 | 65,67 (60,52-70,45)           | 83,43 (79,32-89,04)           | 0,000*       |
| Trap af knie extensie links                          | 14 | 17,58 (10,63-21,73)           | 9,65 (3,71-16,06)             | 0,035*       |
| Trap af knie extensie rechts                         | 15 | 13,97 (9,05-18,59)            | 5,66 (-0,29-9,47)             | 0,003*       |
| Trap af knie flexie-extensie ROM links               | 14 | 47,36 (45,16-55,87)           | 77,36 (67,15-82,41)           | 0,001*       |
| Trap af knie flexie-extensie ROM rechts              | 15 | 48,45 (46,63-55,94)           | 80,06 (74,49-84,22)           | 0,001*       |
| Trap achterwaarts af knie flexie links               | 20 | 69,56 (63,91-76,25)           | 87,74 (79,13-92,98)           | 0,000*       |
| Trap achterwaarts af knie flexie rechts              | 20 | 69,81 (63,28-72,17)           | 98,07 (90,15-103,04)          | 0,000*       |
| Trap achterwaarts af knie extensie links             | 20 | 13,87 (8,88-19,76)            | 9,17 (6,23-13,78)             | 0,001*       |
| Trap achterwaarts af knie extensie rechts            | 20 | 11,08 (8,81-14,45)            | 15,04 (8,07-21,99)            | 0,135        |
| Trap achterwaarts af knie flexie-extensie ROM links  | 20 | 53,88 (50,62-61,82)           | 74,82 (71,54-80,34)           | 0,000*       |
| Trap achterwaarts af knie flexie-extensie ROM rechts | 20 | 56,98 (53,94-61,70)           | 80,52 (77,01-88,34)           | 0,000*       |

N = aantal proefpersonen; ROM = range of motion; IQR = interkwartielrange; \* =  $p < 0,05$ ; negatieve waardes bij extensie representeren waardes voorbij de nulstand, positieve waardes representeren een relatieve flexie

De gemeten waardes van de Easysteppers zijn bij de knie flexie en knie flexie-extensie ROM altijd significant lager dan de gemeten waardes bij de normale trap (dit geldt voor beide knieën). Hoewel niet altijd significant, zijn de gemeten waardes van de knie extensie bij het traplopen met de Easysteppers vaak hoger dan de gemeten waardes bij het traplopen op de normale trap. Dit is het geval bij: trap op knie extensie rechts, trap af knie extensie bij beide knieën en trap achterwaarts af knie extensie links. De gevallen waarbij de gemeten waardes van de extensie bij het gebruik van de Easysteppers wel lager zijn dan de waardes bij het normale traplopen zijn: trap op knie extensie links en trap achterwaarts af knie extensie rechts. Ook hier niet in alle gevallen significant.

Tabel 4 laat de significantie per conditie zien bij een vergelijking tussen de linker- en de rechterknie voor de maximale flexie, maximale extensie en flexie-extensie ROM. Bij het gebruik van de Easysteppers zijn twee waardes significant verschillend: trap af extensie ( $p=0,026$ ) en trap achterwaarts af extensie ( $p=0,008$ ). Bij het gebruik van de normale trap is er in zes van de negen gevallen een significant verschil. Er is een significant verschil bij de normale trap bij: trap op knie flexie ( $p=0,003$ ), trap op knie flexie-extensie ROM ( $p=0,002$ ), trap af knie flexie ( $p=0,002$ ), trap af knie extensie ( $p=0,004$ ), trap achterwaarts af knie flexie ( $p=0,002$ ) en trap achterwaarts af knie flexie-extensie ROM ( $p=0,002$ ). Er is geen significant verschil bij de normale trap bij de volgende condities: trap op knie extensie, trap af knie flexie-extensie ROM en trap achterwaarts af knie extensie.

Tabel 4. P-waardes links-rechts vergelijking van de knie bij de Easysteppers en de normale trap

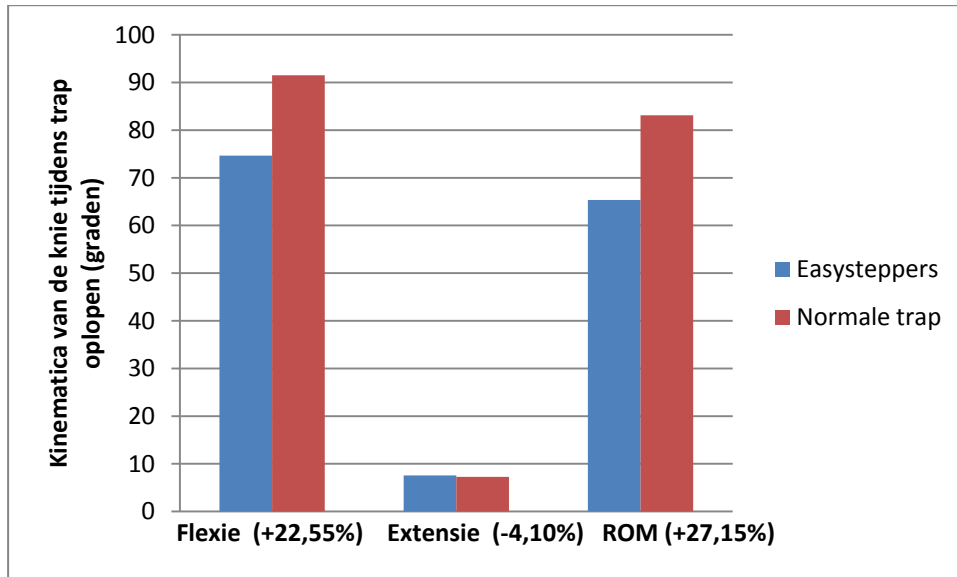
| Conditie   | N  | Easysteppers<br>mediaan (IQR) | p-waarde<br>easy-<br>steppers | N  | Normale trap<br>mediaan (IQR) | p-waarde<br>normale<br>trap |
|--|----|-------------------------------|-------------------------------|----|-------------------------------|-----------------------------|
| Trap op knie flexie links                            | 20 | 75,50 (69,04-78,34)           | 0,654                         | 20 | 88,58 (82,57-94,55)           | 0,003*                      |
| Trap op knie flexie rechts                           |    | 73,83 (69,84-78,07)           |                               |    | 94,42 (91,89-103,09)          |                             |
| Trap op knie extensie links                          | 20 | 6,51 (4,21-18,53)             | 0,313                         | 20 | 7,04 (5,63-13,31)             | 0,601                       |
| Trap op knie extensie rechts                         |    | 8,60 (6,75-12,78)             |                               |    | 7,45 (4,84-15,63)             |                             |
| Trap op knie flexie-extensie ROM links               | 20 | 66,32 (60,32-73,31)           | 0,079                         | 20 | 81,08 (73,04-84,77)           | 0,002*                      |
| Trap op knie flexie-extensie ROM rechts              |    | 64,40 (59,54-69,74)           |                               |    | 85,13 (77,68-90,42)           |                             |
| Trap af knie flexie links                            | 16 | 68,43 (64,68-70,95)           | 0,179                         | 20 | 89,21 (84,24-90,73)           | 0,002*                      |
| Trap af knie flexie rechts                           |    | 65,67 (60,52-70,45)           |                               |    | 85,35 (79,32-89,69)           |                             |
| Trap af knie extensie links                          | 15 | 17,88 (10,98-21,63)           | 0,026*                        | 19 | 10,35 (4,47-17,28)            | 0,004*                      |
| Trap af knie extensie rechts                         |    | 13,97 (9,05-18,59)            |                               |    | 6,05 (-0,29-9,47)             |                             |
| Trap af knie flexie-extensie ROM links               | 15 | 47,68 (45,29-57,21)           | 0,496                         | 19 | 78,38 (68,14-82,39)           | 0,494                       |
| Trap af knie flexie-extensie ROM rechts              |    | 48,45 (46,63-55,94)           |                               |    | 80,06 (75,08-84,90)           |                             |
| Trap achterwaarts af knie flexie links               | 20 | 69,56 (63,91-76,25)           | 0,502                         | 20 | 87,74 (79,13-92,98)           | 0,002*                      |
| Trap achterwaarts af knie flexie rechts              |    | 69,81 (63,28-72,17)           |                               |    | 98,07 (90,15-103,04)          |                             |
| Trap achterwaarts af knie extensie links             | 20 | 13,87 (8,88-19,76)            | 0,008*                        | 20 | 9,17 (6,23-13,78)             | 0,062                       |
| Trap achterwaarts af knie extensie rechts            |    | 11,08 (8,81-14,45)            |                               |    | 15,04 (8,07-21,99)            |                             |
| Trap achterwaarts af knie flexie-extensie ROM links  | 20 | 53,88 (50,62-61,82)           | 0,057                         | 20 | 74,82 (71,54-80,34)           | 0,002*                      |
| Trap achterwaarts af knie flexie-extensie ROM rechts |    | 56,98 (53,94-61,70)           |                               |    | 80,52 (77,01-88,34)           |                             |

N = aantal proefpersonen; ROM = range of motion; IQR = interkwartielrange; \* =  $p < 0,05$ ; negatieve waarden bij extensie representeren waarden voorbij de nulstand, positieve waarden representeren een relatieve flexie; bij de flexie en extensie gaat het over maximale waarden

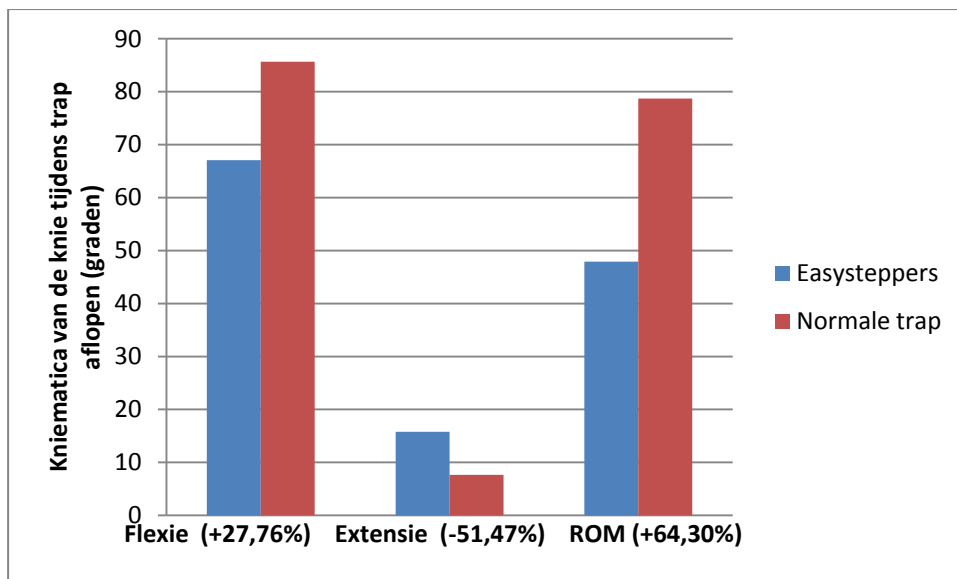
De mediaan van de linker- en rechterknie zijn gemiddeld en voor een overzicht van het geheel in één figuur gezet. In de meerderheid der gevallen waren de p-waardes bij de links-rechts vergelijking  $> 0,05$ . De figuren 4 t/m 6 tonen per conditie de maximale knie flexie, maximale knie extensie en knie flexie-extensie ROM.

De verschillen tussen de medianen van de Easysteppers en de normale trap zijn procentueel berekend. Deze uitkomsten staan bij de horizontale as vermeld. Hierbij is te zien dat de gemeten waarden van de maximale knie flexie en de knie flexie-extensie ROM altijd hoger zijn wanneer er gebruik wordt gemaakt van de normale trap ten opzichte van het gebruik van de Easysteppers. Er is echter niet getoetst op significantie. Bij de knie flexie gaat het om een stijging van 22,55% bij trap oplopen, 27,76% bij trap aflopen en 33,32% bij trap achterwaarts aflopen. Bij de knie flexie-extensie ROM gaat het om een stijging van 27,15% bij trap oplopen, 64,30% bij trap aflopen en 40,12% bij trap achterwaarts aflopen. Daarentegen zijn de gemeten waarden van knie extensie hoger bij het gebruik

van de Easysteppers ten opzichte van de normale trap tijdens alle condities, echter niet significant. Het gaat om een daling van 4,10% bij trap oplopen, 51,47% bij trap aflopen en 2,96% bij trap achterwaarts aflopen.

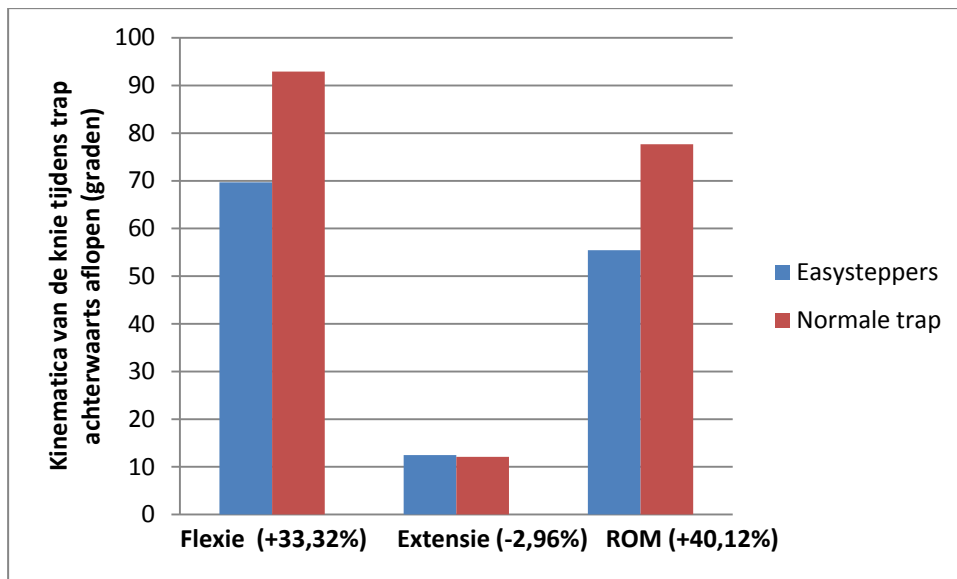


**Figuur 4. Mediaan maximale flexie, maximale extensie en flexie-extensie ROM van de knie bij de Easysteppers en de normale trap gemiddeld voor de linker- en rechter knie tijdens trap oplopen**  
ROM = range of motion (van flexie-extensie); negatieve waarden bij extensie representeren waarden voorbij de nulstand, positieve waarden representeren een relatieve flexie



**Figuur 5. Mediaan maximale flexie, maximale extensie en flexie-extensie ROM van de knie bij de Easysteppers en de normale trap gemiddeld voor de linker- en rechter knie tijdens trap aflopen**  
ROM = range of motion (van flexie-extensie); negatieve waarden bij extensie representeren waarden voorbij de nulstand, positieve waarden representeren een relatieve flexie





*Figuur 6. Mediaan maximale flexie, maximale extensie en flexie-extensie ROM van de knie bij de Easysteppers en de normale trap gemiddeld voor de linker- en rechter knie tijdens trap achterwaarts aflopen*

ROM = range of motion (van flexie-extensie); negatieve waarden bij extensie representeren waarden voorbij de nulstand, positieve waarden representeren een relatieve flexie

### 3.4 Varus- en valgus hoeken van de knie

Tabel 5 laat de waarden zien bij maximale knie varus, maximale knie valgus en de knie varus-valgus ROM tijdens traplopen. Ook hier zijn twee varianten met elkaar vergeleken: het traplopen met de Easysteppers en het traplopen op een normale trap.

Bij het trap (voorwaarts) aflopen waren er te weinig waarden ( $N < 5$ ) die voldeden aan de opgestelde criteria (bijlage VIII), vandaar dat deze niet zijn opgenomen in de resultatensectie.

Er is in de meeste gevallen sprake van een significant verschil. Dit is het geval bij de trap op knie varus rechts, trap op knie valgus links, trap op knie varus-valgus ROM bij beide knieën, trap achterwaarts af knie varus bij beide knieën en trap achterwaarts af knie varus-valgus ROM bij beide knieën. Er is geen significant verschil bij: trap op knie varus links, trap op knie valgus rechts, trap achterwaarts af knie valgus bij beide knieën.

Hoewel niet altijd significant, laat de tabel zien dat de gemeten waarden van de Easysteppers altijd lager zijn dan de gemeten waarden van de normale trap.

**Tabel 5. Maximale valgus, maximale varus en valgus-varus ROM waardes van de knie bij de Easysteppers en de normale trap**

| Conditie  | N  | Easysteppers<br>mediaan (IQR) | Normale trap<br>mediaan (IQR) | p-<br>waarde |
|---|----|-------------------------------|-------------------------------|--------------|
| Trap op knie varus links                          | 17 | 17,47 (12,90-23,19)           | 21,45 (11,53-27,06)           | 0,246        |
| Trap op knie varus rechts                         | 17 | 17,01 (10,30-24,66)           | 21,25 (13,62-28,87)           | 0,000*       |
| Trap op knie valgus links                         | 17 | -0,53 (-3,49-3,00)            | -2,99 (-5,24-0,39)            | 0,019*       |
| Trap op knie valgus rechts                        | 17 | -0,74 (-3,51-2,42)            | 0,26 (-2,52-3,68)             | 0,266        |
| Trap op knie varus-valgus ROM links               | 17 | 18,30 (13,52-23,44)           | 23,42 (12,66-29,50)           | 0,006*       |
| Trap op knie varus-valgus ROM rechts              | 17 | 17,74 (12,64-23,84)           | 20,23 (15,72-28,78)           | 0,004*       |
| Trap achterwaarts af knie varus links             | 16 | 14,50 (9,17-22,35)            | 17,26 (11,59-28,8)            | 0,003*       |
| Trap achterwaarts af knie varus rechts            | 15 | 10,74 (7,96-25,32)            | 18,88 (13,56-30,11)           | 0,001*       |
| Trap achterwaarts af knie valgus links            | 16 | -2,00 (-5,26-3,79)            | -4,02 (-6,01-1,80)            | 0,070        |
| Trap achterwaarts af knie valgus rechts           | 15 | -0,14 (-3,40-3,30)            | -0,99 (-3,47-1,77)            | 0,609        |
| Trap achterwaarts af knie varus-valgus ROM links  | 16 | 16,55 (9,03-22,06)            | 20,35 (11,71-30,84)           | 0,001*       |
| Trap achterwaarts af knie varus-valgus ROM rechts | 15 | 13,47 (9,61-20,41)            | 20,49 (14,21-28,46)           | 0,001*       |

N = aantal proefpersonen; ROM = range of motion; IQR = interkwartielrange; \* = p<0,05; negatieve waardes bij extensie representeren waardes voorbij de nulstand, positieve waardes representeren een relatieve flexie

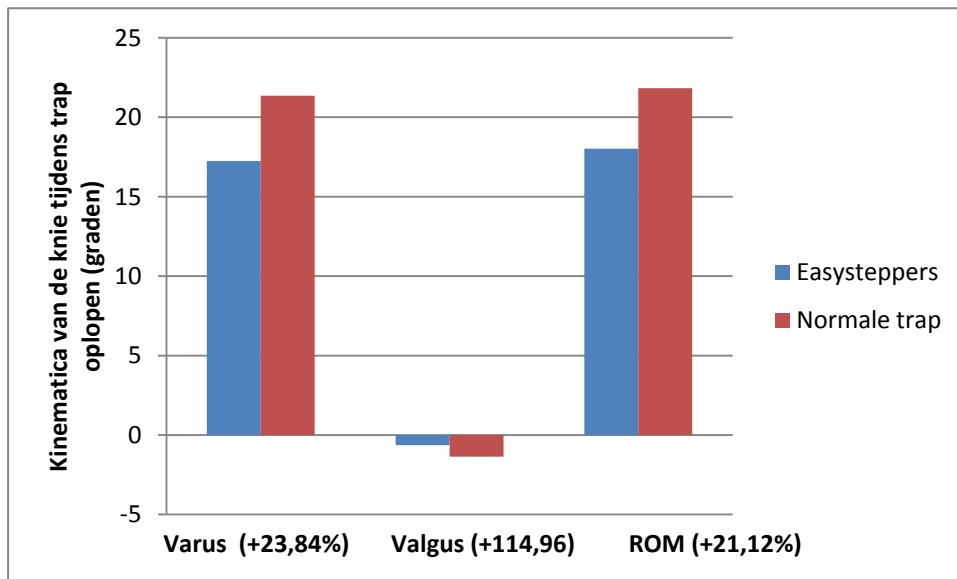
Tabel 6 laat per conditie de significantie zien bij een vergelijking tussen de linker- en de rechterknie voor de maximale varus, maximale varus en flexie-extensie ROM. Bij de Easysteppers zijn alle waardes niet significant verschillend. Bij de normale trap is één waarde significant verschillend: trap op knie valgus (p=0,028).

**Tabel 6. P-waardes links-rechts vergelijking van de knie bij de Easysteppers en de normale trap**

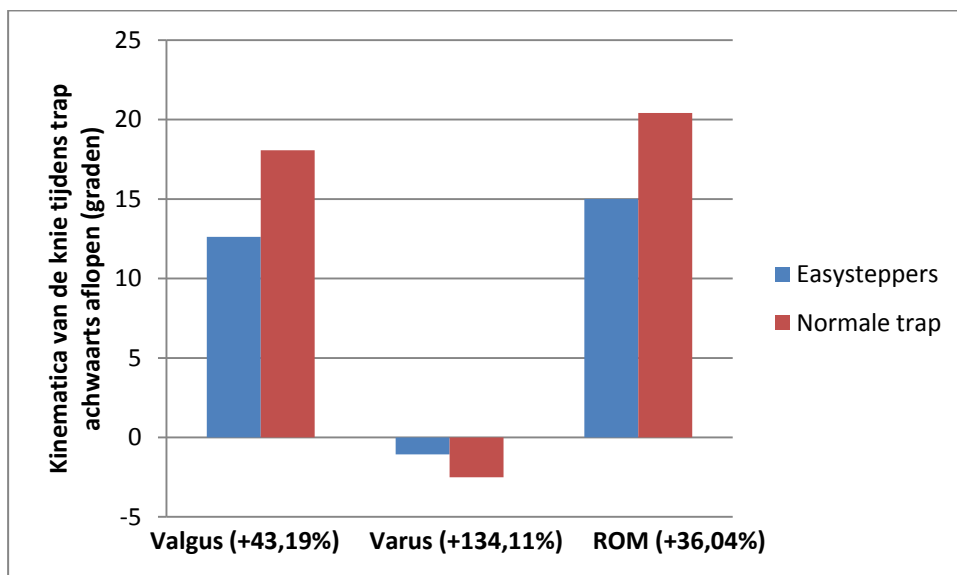
| Conditie                                     | N  | Easysteppers<br>mediaan (IQR) | p-waarde<br>Easystep-<br>pers | N  | Normale trap<br>mediaan (IQR) | p-waarde<br>normale<br>trap |
|--|----|-------------------------------|-------------------------------|----|-------------------------------|-----------------------------|
| Trap op knie varus links                     | 18 | 17,12 (11,42-22,92)           | 0,647                         | 17 | 21,45 (11,53-27,06)           | 0,687                       |
| Trap op knie varus rechts                    |    | 17,28 (11,00-23,90)           |                               |    | 19,20 (13,62-28,87)           |                             |
| Trap op knie valgus links                    | 18 | -0,54 (-5,21-2,64)            | 0,948                         | 17 | -2,99 (-5,24-0,39)            | 0,028*                      |
| Trap op knie valgus rechts                   |    | -0,75 (-4,75-1,99)            |                               |    | 0,48 (-2,52-4,64)             |                             |
| Trap op ROM valgus-varus links               | 18 | 17,80 (13,30-23,03)           | 0,647                         | 17 | 24,62 (12,66-29,49)           | 0,332                       |
| Trap op ROM valgus-varus rechts              |    | 17,85 (12,94-23,68)           |                               |    | 18,89 (14,91-28,78)           |                             |
| Trap achterwaarts af knie varus links        | 17 | 14,21 (6,52-21,16)            | 0,981                         | 16 | 16,70 (11,59-24,42)           | 0,535                       |
| Trap achterwaarts af knie varus rechts       |    | 13,45 (8,00-24,71)            |                               |    | 17,95 (13,30-29,43)           |                             |
| Trap achterwaarts af knie valgus links       | 17 | -2,02 (-5,65-3,71)            | 0,266                         | 16 | -3,76 (-5,86-1,80)            | 0,134                       |
| Trap achterwaarts af knie valgus rechts      |    | 0,07 (-3,17-3,13)             |                               |    | -1,13 (-3,95-1,64)            |                             |
| Trap achterwaarts af ROM valgus-varus links  | 17 | 16,52 (9,65-21,80)            | 0,795                         | 16 | 19,80 (11,71-28,29)           | 0,796                       |
| Trap achterwaarts af ROM valgus-varus rechts |    | 13,47 (9,73-20,61)            |                               |    | 20,32 (13,51-28,43)           |                             |

N = aantal proefpersonen; ROM = range of motion; IQR = interkwartielrange; \* = p<0,05; negatieve waardes bij extensie representeren waardes voorbij de nulstand, positieve waardes representeren een relatieve flexie; bij de flexie en extensie gaat het over maximale waardes

De mediaan van de linker- en rechterknie zijn gemiddeld en voor een overzicht van het geheel in één figuur gezet. In de meerderheid der gevallen waren de p-waardes bij de links-rechts vergelijking  $>0,05$ . De figuren tonen de maximale knie varus, maximale knie valgus en knie varus-valgus. Hoewel niet op significantie getest, tonen de figuren dat de gemeten waardes van de Easysteppers altijd lager zijn dan de gemeten waardes van de normale trap. Bij de knie varus gaat het om een stijging van 23,84% bij trap oplopen en 43,19% bij trap achterwaarts aflopen. Bij de knie valgus gaat het om een stijging van 114,96% bij trap oplopen en 134,11% bij trap achterwaarts aflopen. Bij de knie varus-valgus ROM gaat het om een stijging van 21,12% bij trap oplopen en 36,04% bij trap achterwaarts aflopen.



**Figuur 7. Mediaan maximale varus, maximale valgus en varus-valgus ROM van de knie bij de Easysteppers en de normale trap gemiddeld voor de linker- en rechter knie tijdens trap oplopen**  
ROM = range of motion (van varus-valgus)



**Figuur 8. Mediaan maximale varus, maximale valgus en varus-valgus ROM van de knie bij de Easysteppers en de normale trap gemiddeld voor de linker- en rechter knie tijdens trap achterwaarts aflopen**  
ROM = range of motion (van varus-valgus)

## 4. Discussie

### 4.1 De resultaten in het kort vermeld

Het doel van het huidige onderzoek was het onderzoeken van de kinematica van de knie tijdens het traplopen met de Easysteppers in vergelijking met het traplopen op de normale trap. Ook is er gekeken naar de (a)symmetrie tussen de linker- en rechterknie tijdens het traplopen met de Easysteppers en het traplopen op de normale trap.

Uit de resultaten blijkt dat er een significant verschil is bij maximale knie flexie en knie flexie-extensie ROM bij alle condities tussen de Easysteppers en de normale trap. Hierbij zijn de gemeten waardes bij de Easysteppers lager dan de gemeten waardes bij de normale trap.

In de meeste gevallen is de maximale knie extensie ook significant verschillend, maar bij het trap oplopen extensie bij beide knieën en de trap achterwaarts aflopen extensie rechts niet. Hoewel niet altijd significant, zijn de gemeten waardes van de knie extensie bij het traplopen met de Easysteppers vaak hoger dan bij het traplopen op de normale trap. Dit is het geval bij: trap op extensie rechts, trap af extensie bij beide knieën en trap achterwaarts af extensie links.

Bij de maximale varus, maximale valgus en varus-valgus ROM van de knie is er een significant verschil tussen de Easysteppers en de normale trap in de volgende gevallen: trap op varus rechts, trap op valgus links, trap op varus-valgus ROM bij beide knieën, trap achterwaarts af varus bij beide knieën en trap achterwaarts af varus-valgus ROM bij beide knieën. Bij trap op varus links, trap op valgus rechts en trap achterwaarts af valgus bij beide knieën is geen sprake van een significant verschil. Hoewel niet altijd significant, zijn de gemeten waardes van de Easysteppers in alle gevallen lager dan de gemeten waardes van de normale trap.

Wat betreft de symmetrie tussen de linker- en rechterknie zijn er voor de maximale flexie, maximale extensie en flexie-extensie ROM van de knie bij het gebruik van de Easysteppers maar twee waardes significant verschillend. Beide keren extensie waardes, bij trap aflopen en bij het trap achterwaarts aflopen. Bij het gebruik van de normale trap is er in zes van de negen gevallen een significant verschil tussen de linker- en rechterknie. Wat betreft de symmetrie tussen de linker- en rechterknie is er voor de maximale varus, maximale valgus en varus-valgus ROM van de knie in totaal maar één waarde significant verschillend. Dat is de valgus waarde bij het trap oplopen op de normale trap.

### 4.2 Flexie en extensie waardes vergelijken met literatuur

Er is veel onderzoek gedaan naar de maximale flexie, maximale extensie en flexie-extensie ROM van de knie tijdens het traplopen. Het is belangrijk om de verschillende factoren die van invloed kunnen zijn in de gaten te houden, zoals de lengte van de proefpersonen. Kleinere proefpersonen hebben tijdens het traplopen namelijk een grotere maximale knie flexie hoek dan langere proefpersonen.<sup>13</sup>

Een andere factor waar rekening mee gehouden moet worden is dat de maximale knie flexie plaatsvindt gedurende de zwaai fase.<sup>20</sup> Bij visuele inspectie van de pieken in Codamotion bleek dat de maximale knie flexie ook tijdens het huidige onderzoek plaatsvond tijdens de zwaai fase.

De gevonden waardes uit de literatuur zijn samengevat weergegeven in tabel 7.

Hierin worden onderzoeken vermeld van Hicks-little et al.<sup>10</sup>, Protopapadaki et al.<sup>13</sup>, Samuel et al.<sup>14</sup>, Reid et al.<sup>16</sup> en Jevsevar et al.<sup>23</sup>

**Tabel 7. Uitkomsten waardes gevonden in de literatuur bij traplopen**

| Auteur               | N  | Populatie          | Lengte proefpersonen (cm) ± SD         | Welke beweging ?         | Trap oplopen (°) ± SD | Trap aflopen (°) ± SD | Trap-trede hoogte (cm) | Trap diepte (cm) |
|----------------------|----|--------------------|--|--------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------|
| Hicks-little et al.  | 18 | Knie-artrose groep | Vrouw: 162,2 ± 6,4<br>Man: 178,2 ± 5,4 | Maximale knie flexie     | 88,2 ± 6,7            | 85,2 ± 4,1            | 18                     | 28,5             |
|                      | 18 | Gezonde ouderen    | Vrouw: 160,0 ± 6,3<br>Man: 181,3 ± 4,1 |                          | 93,7 ± 6,2            | 91,1 ± 4,9            |                        |                  |
| Protopapadaki et al. | 33 | Gezonde jongeren   | 169 ± 8                                | Maximale knieflexie      | 93,92 ± 7,4           | 90,52 ± 7,11          | 18                     | 28,5             |
| Samuel et al.        | 84 | Gezonde ouderen    | 173 ± 7                                | Maximale knie flexie     | 100,8 ± 6,5           | 98,8 ± 5,5            | 18,5                   | 28               |
|                      |    |                    |  | Maximale knie extensie   | 9,4 ± 5,9             | 6,5 ± 5,7             |                        |                  |
| Reid et al.          | 17 | Gezonde jongeren   | 185 ± 11,7                             | Maximale knieflexie      | 83,5 ± 4,9            | 83,3 ± 6,1            | 15                     | 26               |
| Jevsevar et al.      | 5  | Gezonde jongeren   | 160 ± 10                               | Knie flexie-extensie ROM | 98,6 ± 6,5            | 90,3 ± 4,9            | 18                     | 28               |

N = aantal proefpersonen; ROM = range of motion; SD = standaarddeviatie; cm = centimeter; negatieve waardes bij extensie representeren waardes voorbij de nulstand, positieve waardes representeren een relatieve flexie

Tabel 7 laat grotere flexie, extensie en flexie-extensie ROM waardes van de knie zien bij het trap oplopen dan tijdens het trap aflopen. Het gaat niet altijd om een significant verschil.

Hoewel niet getoetst op significantie, geldt voor het huidige onderzoek ook dat in de meeste gevallen de flexie en flexie-extensie ROM waardes groter zijn het bij het trap oplopen dan bij het trap aflopen.

Hiervan is sprake bij zowel de Easysteppers als bij de normale trap.

Jevsevar et al.<sup>23</sup> verklaren de verhoogde flexie waarde bij het trap oplopen als volgt: bij het trap oplopen moeten proefpersonen hun zwaartepunt bij het zetten van de volgende stap actief overdragen. Tijdens het trap oplopen is de heup meer in extensie wanneer de voet van de grond komt, dat vereist meer knieflexie om de stap te maken. Bij het trap aflopen moet het zwaartepunt actief naar voren geplaatst worden en moet tevens de zwaartekracht worden weerstaan. Bij het afdalen van de trap ligt het zwaartepunt meer naar voren, wat vereist dat het bewegende lidmaat meer flexie in de heup en minder flexie in de knie heeft.

Samuel et al.<sup>14</sup> onderzochten onder andere de knie extensie. Er is weliswaar een hogere extensie bij het trap oplopen als bij het trap aflopen, maar dit verschil is niet significant. De gevonden extensie waardes komen overeen met de uitkomsten van het huidige onderzoek.

Er zijn drie extensie waardes niet significant verschillend. Echter is in alle gevallen de flexie-extensie ROM significant lager bij het gebruik van de Easysteppers in vergelijking met de normale trap.

De extensie komt tot uiting in de flexie-extensie ROM, waardoor de totale bewegingsuitslag van de knie bij flexie-extensie significant minder is bij het gebruik van de Easysteppers in vergelijking met de normale trap.

De andere drie extensie waardes zijn wel significant verschillend, waarbij de gemeten waardes bij de Easysteppers hoger zijn dan de gemeten waardes bij de normale trap. Dit kan mogelijk verklaard worden door het feit dat knie extensie relatieve knie flexie betekent. Dit zorgt ervoor dat de proefpersonen bij een hogere positieve extensie waarde relatief meer knie flexie hebben, wat uiteindelijk zorgt voor minder flexie-extensie ROM. Bij de Easysteppers wordt er dus in totaal minder bewegingsuitslag van de knie vereist (bij flexie-extensie).

Bij het trap aflopen valt bovendien op dat de gemiddeldes van de medianen van de linker- en rechterknie bij extensie 51,47% afnemen bij de normale trap ten opzichte van de Easysteppers. Dit betekent dat bij het trap aflopen beide knieën bij het gebruik van de Easysteppers in een hoge mate van relatieve flexie blijven. Dit kan mogelijk verklaard worden door de gehalveerde staphoogte. De knieën hoeven minder hoogte af te leggen en hebben in dit geval gedurende 10 cm de mogelijkheid om de knieën te strekken in vergelijking met 20 cm bij de normale trap. Bij het trap oplopen is dit verschil minder (4,10%), dit heeft mogelijk te maken met het feit dat hier sprake is van een afzetkracht. Bij trap oplopen is er sprake van veranderde contractie van m. soleus, m. quadriceps femoris, hamstrings en m. gluteus maximus.<sup>23</sup> Bij de trap achterwaarts aflopen gaat het om een daling van 2,96%. Deze beweging en het percentage zijn vergelijkbaar met (voorwaarts) trap aflopen, het lichaam staat bij beide condities met de ventrale zijde naar de trap toe.

Over het algemeen kan geconcludeerd worden dat de gevonden waardes van het huidige onderzoek bij de normale trap van zowel de maximale knie flexie, maximale knie extensie als flexie-extensie ROM overeenkomen met de waardes die beschreven worden in de literatuur. Wanneer dit niet het geval is kan dit worden verklaard. Zo kunnen hogere waardes in de literatuur te maken hebben met de kleinere gemiddelde lengte van de proefpersonen. Lagere waardes in de literatuur kunnen duiden op een lagere hoogte van de traptreden dan tijdens het huidige onderzoek (bij de normale trap). Uit de uitkomsten van het huidige onderzoek blijkt namelijk dat wanneer de hoogte van de traptrede gehalveerd wordt, er significant minder bewegingsuitslagen van de knie worden gevraagd.

Tabel 7 laat bij het onderzoek van Hicks-little et al.<sup>10</sup> zien dat de groep met knieartrose patiënten een significant minder hoge knie flexie waarde had tijdens traplopen dan de controlegroep. Dit verschil verklaren Hicks-little et al.<sup>10</sup> doordat mensen met knieartrose toegenomen gewrichtsstijfheid en pijn hebben. Dat zal ertoe leiden dat de enkel en de heup zullen gaan compenseren om de verminderde flexie in de knie op te vangen.

#### **4.3 Varus en valgus waardes vergelijken met literatuur**

Tijdens het huidige onderzoek zijn de maximale waardes van de knie bij varus en valgus geanalyseerd, net als de knie varus-valgus ROM. Deze analyse heeft betrekking op het trap oplopen en het achterwaarts trap aflopen. Het trap aflopen (in voorwaartse richting) is niet meegenomen in het huidige onderzoek. Een onderzoek van Yu et al.<sup>24</sup> toont aan dat er geen significant verschil bestaat tussen trap- op en aflopen bij de varus- en valgus hoeken van de knie. Het onderzoek is uitgevoerd bij 10 personen met een gemiddelde leeftijd van 53 jaar ( $\pm 4,9$ ). De traphoogte was 18 cm. De varus

waarde van de knie bij trap aflopen was  $6,5^\circ (\pm 4,2)$  en tijdens het trap oplopen  $6,7^\circ (\pm 5,2)$ . Mandeville et al.<sup>8</sup> hebben tevens onderzoek gedaan naar de varus hoeken tijdens het traplopen, de valgus hoeken werden ook onderzocht. Een positieve waarde stond daarbij voor een varus hoek en een negatieve waarde voor een valgus hoek. Zij rapporteren dat de knie valgus hoek ongeveer  $4^\circ$  is bij gezonde personen. Tijdens het huidige onderzoek geldt eveneens dat de knie valgus waardes negatief zijn en de knie varus waardes positief. Hier is één uitzondering op. Bij de normale trap op is de mediaanwaarde van de knie valgus rechts positief ( $0,26^\circ$ ). Dit betekent relatief meer varus en minder varus-valgus ROM van de knie. Het gaat hier echter niet over een significant verschil (tussen de normale trap en de Easysteppers).

In de literatuur staat weinig beschreven over de varus- en valgus waardes van de knie tijdens het traplopen. Een aantal artikelen, van Yu et al.<sup>24</sup> en Mandeville D et al.<sup>8</sup>, tonen aan dat de varus- en valgus waardes tijdens het huidige onderzoek fors hoger zijn.

Hiervoor zijn allerlei verklaringen mogelijk. Zo kunnen de markers die zijn gebruikt niet nauwkeurig genoeg zijn om de varus- en valgus waardes van de knie te meten. De beugels die bevestigd zijn op de tibiae steken bovendien uit naar ventraal en lateraal. Gezien de relatief grote arm van deze marker ( $\pm 10$  cm), vindt er aan het uiteinde veel beweging plaats. Dit kan goed gecorrigeerd worden voor de flexie- en extensie waardes van de knie, maar voor de varus- en valgus waardes van de knie minder goed. Bovendien gaat het over de transversale as bij de flexie- en extensie waardes van de knie en over de sagittale as bij de varus- en valgus waardes van de knie.

Ook zijn er voor de varus- en valgus waardes van de knie gegevens nodig van de pelvisbeugel. Deze pelvisbeugel was niet bij iedere proefpersoon goed zichtbaar. De leuning is hier mogelijk de oorzaak van. De hoogte van de leuning was namelijk bij veel proefpersonen gelijk aan de hoogte van de pelvisbeugel. Echter kon dit tijdens het huidige onderzoek niet opgelost worden, want er moest gemeten worden met de leuning en de trap was in bruikleen waardoor aanpassingen niet mogelijk waren. Getracht is dit probleem zo goed mogelijk op te lossen door telkens de stick figure en marker visibility in de gaten te houden. Indien nodig werd er een extra trial uitgevoerd.

Wat wel overeenkomt, is dat de knie varus waarde gecombineerd wordt met de knie flexie waarde en de knie valgus waarde gecombineerd wordt met knie extensie waarde.

Een sterk punt van het huidige onderzoek is dat er op significantie getest is binnen dezelfde proefpersoon. Dit verhoogde de betrouwbaarheid. Tevens zijn de varus- en valgus waardes van de knie consistent zo hoog tijdens het huidige onderzoek. Bovendien laten beide knieën ongeveer dezelfde hoogte van de waardes zien (zie verder 4.5 (a)symmetrie bij het gebruik van de Easysteppers in vergelijking met de normale trap).

De vergelijking tussen de Easysteppers en de normale trap kan dus wel worden gemaakt.

Tijdens het huidige onderzoek is aangetoond dat de Easysteppers kleinere varus- en valgus hoeken van de knie vereisen dan de normale trap tijdens traplopen. In de meeste gevallen is dit verschil significant. De maximale varus waardes zijn in drie gevallen significant lager bij het gebruik van de Easysteppers, alleen niet bij trap op varus rechts. Er zijn drie valgus waardes niet significant verschillend. De varus-valgus ROM is echter in alle gevallen significant lager bij het gebruik van de Easysteppers in vergelijking met de normale trap.

Uit de literatuur blijkt dat minder valgus- en varus bewegingen in de knie positief zijn voor mensen met knieartrose.<sup>2</sup> Hoe minder varus beweging er plaatsvindt in de knie, hoe minder ziekteprogressie van knieartrose optreedt (in het mediale compartiment).<sup>8-9</sup>

#### 4.4 ROM bij knieartrose

Dit onderzoek is uitgevoerd bij gezonde, jonge proefpersonen. Omdat de Easysteppers onder andere zijn ontwikkeld voor personen met knieartrose is het interessant om te weten wat bij deze groep de bewegingsuitslagen van de knie zijn.

De gevonden waarden uit de literatuur zijn samengevat weergegeven in tabel 8. Hierin worden onderzoeken vermeld van Hoogeboom et al.<sup>5</sup>, Steultjens et al.<sup>25</sup>, Cho et al.<sup>26</sup> en Cliborne et al.<sup>27</sup>

Tabel 8. Uitkomsten literatuur ROM waarden van de knie bij patiënten met knieartrose

| Auteur            | N   | Populatie                                      | Welke beweging in de knie? | Wat?                      | Waarden? SD (±) en                                | Met wat gemeten?                                       | Uitgangspositie |
|-------------------|-----|--|----------------------------|---------------------------|---|--|-----------------|
| Hoogeboom et al   | 110 | Leeftijd 65 jaar (± 9)                         | Flexie                     | Actieve ROM               | 126° (IQR 113-131)                                | Goniometer   | Rugligging      |
|                   |     |  | Extensie                   |                           | 0° (IQR -2-4)                                     |  |                 |
| Steultjens et al. | 198 | 60,1% knieartrose<br>5,1% knie- en heupartrose | Flexie                     | Geassisteerde Actieve ROM | Links: 136,3° (± 11,4)<br>Rechts: 136,3° (± 10,6) | Goniometer   | -               |
|                   |     |  | Extensie                   |                           | Links: 0,3° (± 5,3)<br>Rechts: 0,2° (± 5,2)       |  |                 |
| Cho et al.        | 166 | Mensen met knie artrose                        | Flexie voor operatie       | Passief                   | 117° (min-max: 80-155)                            | Goniometer   | Rugligging      |
|                   |     |  | Flexie na operatie         |                           | 131° (min-max: 95-155)                            |  |                 |
| Cliborne et al.   | 22  | Knie artrose                                   | ROM                        | Squat                     | 25,8° (± 7,8)                                     | Zwaartekracht inclinatiemeter                          | Stand           |
|                   | 17  | Controlegroep 64,0 jaar (± 7,9)                | ROM                        |                           | 26,1° (± 5,2)                                     | Zwaartekracht inclinatiemeter                          |                 |
|                   | 22  | Knie artrose                                   | Pijn                       | Squat                     | 1,7 (± 2,0)                                       | 11-puntschaal<br>(0=geen pijn, 10=ergst denkbare pijn) |                 |
|                   | 17  | Controlegroep 64,0 jaar (± 7,9)                | Pijn                       |                           | 0,2 (± 0,4)                                       |  |                 |

ROM = range of motion; SD = standaarddeviatie; IQR = interkwartielrange; - = niet vermeld; min = minimale waarde; max = maximale waarde

De waarden die Hoogeboom et al.<sup>5</sup>, Steultjens et al.<sup>25</sup> en Cho et al.<sup>26</sup> beschreven zijn hoger dan de (flexie, extensie, en flexie-extensie ROM van de knie) waarden die gebruikt worden bij het traplopen. Dit wordt zowel door het huidige onderzoek als door de literatuur ondersteund.

Deze onderzoeken gaan echter over de onbelaste situatie, bij traplopen gaat het om een belaste situatie. Cliborne et al.<sup>27</sup> onderzochten de bewegingsuitslag van de knie bij het squaten, met daaraan een pijnscore gekoppeld. Hierbij valt op dat de pijnscore bij knieartrose patiënten hoger is dan bij de controlegroep. De pijn treedt op bij circa dezelfde bewegingsuitslag van de knie. Dit geeft aan dat bij eenzelfde bewegingsuitslag, de pijnscore bij knieartrose patiënten hoger is dan bij de controlegroep.



Bij de Easysteppers is er sprake van significant minder bewegingsuitslagen in de knie, wat mogelijk leidt tot minder pijn (per traprede). Bovendien is over het algemeen een afgenomen ROM in de knie geassocieerd met een toename van gebreken.<sup>25</sup>

#### **4.5 (A)symmetrie bij het gebruik van de Easysteppers in vergelijking met de normale trap**

Bij het traplopen met de Easysteppers waren er bij de vergelijking tussen de linker- en rechterknie bij de maximale knie flexie, maximale knie extensie en flexie-extensie ROM twee extensie waardes significant verschillend. Echter, bij de flexie-extensie ROM bij de Easysteppers is er in geen enkel geval sprake van een significant verschil tussen de linker- en rechterknie.

De p-waardes bij de vergelijking tussen de linker- en rechterknie bij het traplopen op de normale trap waren zes keer kleiner dan 0,05. Dit kan er ook mee te maken hebben dat de proefpersonen vanwege de Easysteppers niet helemaal in het midden van de trap konden lopen.

Wat opvalt bij het trap oplopen op de normale trap, is dat de waardes bij maximale flexie en flexie-extensie ROM van de rechterknie significant groter zijn dan de waardes van de linkerknie. Voor extensie is de waarde van de rechterknie tevens groter, echter niet significant. Dit kan mogelijk verklaard worden door het feit dat de proefpersonen gedwongen werden om meer aan de linkerkant van de trap te lopen. Hierdoor was het mogelijk dat het rechterbeen meer naar (rechts) lateraal gezet werd. Dit zou ervoor gezorgd kunnen hebben dat de bewegingsuitslag van het rechterbeen groter is. Bij trap aflopen op de normale trap zijn de flexie en extensie waardes van de linkerknie significant hoger dan de waardes van de rechterknie. Bij het trap aflopen werden overigens de voeten schuin naar rechts geplaatst, net zoals bij de Easysteppers. Het linkerbeen blijft daardoor mogelijk meer in flexie staan. Dit zou kunnen verklaren waarom de waardes van de linkerknie hoger zijn. Tevens kon het linkerbeen meer naar (links) lateraal geplaatst worden. Bovendien staken de markers van de tibiae naar ventraal en lateraal uit, waardoor de markers van de rechter tibia mogelijk tegen de rechter zijkant van de trap aankwamen. Dit kan er mede voor gezorgd hebben dat er aan de rechterkant minder grote bewegingsuitslagen van de knie te zien waren, omdat de proefpersonen minder bewegingsvrijheid hadden. Overigens moet wel gemeld worden dat de flexie-extensie ROM bij de rechterknie hoger is, dit verschil is echter niet significant.

Bij het trap achterwaarts aflopen op de normale trap zijn, net als bij het trap oplopen, de gemeten waardes van de rechterknie hoger dan de linkerknie. Het gaat om een significant verschil bij flexie en flexie-extensie ROM. Dit kan mogelijk verklaard worden met dezelfde redenering als bij het trap oplopen.

De p-waardes bij de vergelijking tussen de linker- en rechterknie bij maximale knie flexie en flexie-extensie ROM bij de Easysteppers liggen dicht bij 1 dan de waardes van de normale trap. Dit suggereert een sterke(re) symmetrie tussen de linker- en de rechterknie.

De p-waardes bij de vergelijking tussen de linker- en rechterknie bij de maximale varus, maximale valgus en varus-valgus ROM van de knie waren allemaal groter dan 0,05 bij de Easysteppers. Deze p-waardes liggen heel dicht bij 1, wat een sterke symmetrie suggereert. Bij de normale trap is één p-waarde kleiner dan 0,05 bij de vergelijking tussen de linker- en rechterknie: trap op knie valgus. Er is wederom sprake van een hogere waarde bij de rechterknie dan bij de linkerknie, bij trap oplopen op de normale trap. Dit mogelijk mede omdat de proefpersonen gedwongen werden verder naar links te

lopen. Bij het trap achterwaarts aflopen zijn alle waardes niet significant. Hierbij dient wel vermeld te worden dat de p-waardes van de Easysteppers hoger zijn dan die van de normale trap, wat een sterkere symmetrie suggereert.

Bovendien kan het zijn dat de stapbreedte bij de normale trap groter is dan bij de Easysteppers (maximaal 29 cm). Hierdoor is het mogelijk dat er bij het traplopen op de normale trap meer sprake is van een laterale beweging, wat meer asymmetrie teweegbrengt.

Ten slotte moet opgemerkt worden dat de leuning ook bijdragen aan de asymmetrie. De proefpersonen waren er vrij in aan welke kant de leuning werd gebruikt en of er één of beide leuningen werden gebruikt. De meeste proefpersonen gebruikten tijdens het trap oplopen de leuning aan de rechterkant. Hierdoor zijn mogelijk de waardes van de rechterknie hoger, omdat er door het gebruik van de leuning eventueel meer naar (rechts) lateraal gestapt werd bij de normale trap. Tijdens het trap aflopen gebruikten de proefpersonen vaak de leuning aan de linkerkant. Mogelijk zijn hierdoor de waardes van de linkerknie hoger omdat er eventueel meer naar (links) lateraal gelopen werd bij de normale trap. Tevens gebruikten de meeste proefpersonen beide leuningen wanneer de trap achterwaarts werd afgelopen.

Over het algemeen kan geconcludeerd worden dat het traplopen met de Easysteppers een meer symmetrische beweging is dan het traplopen op een normale trap. Dit geldt zowel voor het trap oplopen, als het trap aflopen alsmede het trap achterwaarts aflopen. Een belangrijke opmerking hierbij is dat de normale trap mogelijk anders beklommen werd dan het geval zou zijn wanneer er geen Easysteppers op bevestigd waren.

#### 4.6 Literatuurbeschrijvingen van momenten op de knie

Tijdens het huidige onderzoek kon er geen gebruik worden gemaakt van de mogelijkheid om het meten van de kinematica van de knie te combineren met het meten van de krachten op de knie.

Om hier een uitspraak over te kunnen doen is er gezocht naar relevante literatuur.

Andriacchi et al.<sup>20</sup> onderzochten onder andere de momenten op de knie. Het grootste moment vond plaats tijdens het trap aflopen zonder leuning, 146,6 newtonmeter (Nm) ( $\pm 48,0$ ). Bij gebruik van de leuning was dit 139,1 Nm ( $\pm 45,0$ ). Overigens zijn de momenten bij het trap oplopen ook groter wanneer er geen gebruikt werd gemaakt van de leuning. Hier is echter niet getoetst op significantie. Dit is mogelijk te verklaren door de kracht die gedeeltelijk uit de armen gehaald kon wanneer de leuning gebruikt werd. In de praktijk is het voor patiënten met knie artrose dus aan te raden gebruik te maken van de leuning(en), omdat het moment op de knie hierdoor waarschijnlijk verkleind wordt. Jevsevar et al.<sup>23</sup> onderzochten de maximale momenten op de knie tijdens het traplopen. Hierbij gaat het om het aantal Nm uitgedrukt in het percentage van het lichaamsgewicht (BW). Het maximale moment op de knie is het grootst tijdens trap afdalen. Bij de controlegroep was dit 11,9 Nm/%BW ( $\pm 2,9$ ). Deze groep liet een knie flexie-extensie ROM zien van 85° ( $\pm 6$ ). De artrose groep toonde een waarde van 11,3 Nm/%BW ( $\pm 3,0$ ) bij trap afdalen, en een knie flexie-extensie ROM van 77° ( $\pm 7$ ). Hoewel niet significant, is bij minder knie flexie-extensie ROM het maximale moment op de knie kleiner. Aannemelijk is dat bij het gebruik van de Easysteppers het maximale moment op de knie per trede minder is, omdat de flexie-extensie ROM significant minder is.

De verticale grondreactiekracht op de knie werd eveneens onderzocht door Jevsevar et al.<sup>23</sup> Deze waardes zijn uitgedrukt in percentages van het lichaamsgewicht (BW). Tijdens trap aflopen was dit 139% BW ( $\pm 28$ ) voor de controlegroep en 128% BW ( $\pm 24$ ) voor de groep met knieartrose. Tijdens trap oplopen was dit 112% BW ( $\pm 12$ ) voor de controlegroep en 104% BW ( $\pm 8$ ) voor de groep met knieartrose. Bij gelijkvloers lopen is dit 123% BW ( $\pm 10$ ) voor de controlegroep en 116% BW ( $\pm 7$ ) bij de artrose groep.<sup>23</sup> Dat de controlegroep meer verticale grondreactiekracht heeft, kan mogelijk worden verklaard door de grotere bewegingsuitslagen van de knie bij de controlegroep in vergelijking met de groep met knieartrose. Overigens is er niet getoetst op significantie.

De waardes van de verticale grondreactiekracht zijn het grootste bij trap aflopen, gevolgd door het gelijkvloers lopen en het minste bij het trap oplopen. Dit kan mogelijk verklaard worden aan de hand van de zwaartekracht. Bij trap aflopen speelt de zwaartekracht waarschijnlijk de grootste rol, aangezien het lichaamsswaartepunt dicht bij de grond komt. Aannemelijk is dat de zwaartekracht het minste meespeelt bij het trap oplopen, aangezien het lichaamsswaartepunt omhoog geplaatst wordt. Bij de Easysteppers hoeft per keer maar de helft van de afstand afgelegd te worden, het lichaamsswaartepunt hoeft dus minder ver omhoog/omlaag geplaatst te worden. Dit is mogelijk gunstig voor de krachten op de knie, per trede.

#### **4.7 Sterke punten van het onderzoek**

Een sterk punt van het huidige onderzoek is dat het werd uitgevoerd volgens vaststaande onderzoeksprotocollen. Bovendien zijn de condities te verantwoorden aan de hand van literatuur.

Een 2<sup>e</sup> sterk punt is dat er sprake was van een homogene groep proefpersonen. Hierdoor heeft de conclusie van het huidige onderzoek betrekking op jonge gezonde proefpersonen.

Tevens is er op significantie getest binnen dezelfde proefpersoon, wat de betrouwbaarheid verhoogt. Ook is het onderzoek altijd uitgevoerd door twee onderzoekers tegelijkertijd die elkaar continue controleerden.

Ten slotte is een ander sterk punt van dit onderzoek dat er met relatief veel proefpersonen gemeten is. Onder andere Hicks-little et al.<sup>10</sup>, Reid et al.<sup>16</sup>, Jevsevar et al.<sup>23</sup> en Yu et al.<sup>27</sup> voerden het onderzoek uit bij minder proefpersonen.

#### **4.8 Beperkingen van het onderzoek**

Het huidige onderzoek kent echter een aantal beperkingen. Alle condities zijn bijvoorbeeld altijd in dezelfde volgorde uitgevoerd. Eén van de bijkomende nadelen hiervan is dat de proefpersoon vermoeid kon raken tijdens het uitvoeren van het onderzoek. Hierdoor werden de condities die als laatste uitgevoerd werden, mogelijk anders uitgevoerd dan de condities in het begin. Dit nadeel wordt niet van grootte waarde geacht omdat de proefpersonen gezonde jonge individuen waren. Bovendien moesten de proefpersonen tussendoor wachten totdat de trial was opgeslagen, alvorens het onderzoek voorgezet kon worden. Een voordeel hierbij was dat er begonnen werd met het gebruik van de Easysteppers, direct na de uitleg.

De trap die gebruikt is tijdens het onderzoek is geen volledige trap. Deze bestond maar uit vier 'normale treden' waardoor minder momenten genomen konden worden om te analyseren. Wel zijn van elke conditie minimaal drie trials gemiddeld, om toch voldoende goede waardes te hebben.

Protopapadaki et al.<sup>13</sup> en Samuel et al.<sup>14</sup> gebruikten tevens de gemiddelde waardes van drie trials. Alle uitkomstmaten zijn visueel geïnspecteerd. Dit betekent dat er sprake kan zijn van 'menselijke fouten'. Dit had als voordeel dat elke waarde telkens kritisch werd bekeken, volgens een vaststaand protocol.

Iedere proefpersoon heeft een andere anatomie, wat het juist optuigen van de proefpersoon bemoeilijkt. De relevante anatomische punten zijn zo goed mogelijk gepalpeerd en tevens gecontroleerd door beide onderzoekers, maar er zullen onderlinge verschillen blijven bestaan. Dit kan de waardes in Codamotion beïnvloeden. Bovendien lieten de markers soms los gedurende het onderzoek. Deze moesten dan opnieuw aangebracht worden. Benoit et al.<sup>28</sup> onderzocht de verschuivingen van huidmarkers en toonde aan dat er significante beperkingen worden weergegeven voor een 3D-analyse met betrekking tot het kniegewricht. Toch komen de waardes uit het huidige onderzoek overeen met de beschreven waardes in de literatuur.

Overigens is het onderzoek uitgevoerd door twee onderzoekers en was er tijdens de analyse van de resultaten sprake van samenwerking. Er moest worden vertrouwd op de uitkomsten van de andere onderzoeker. Om de betrouwbaarheid te verhogen is er gewerkt met gezamenlijk opgestelde beoordelingscriteria en zijn er steekproefsgewijze controles uitgevoerd. Tevens hebben beide onderzoekers hetzelfde belang.

Een andere tekortkoming is dat dit onderzoek is uitgevoerd bij gezonde proefpersonen. Er was, om ethische redenen, geen mogelijkheden dit onderzoek uit te voeren bij patiënten met knieartrose. Dit biedt wel mogelijkheden in de toekomst, om de uitkomsten van de Easysteppers bij patiënten met knieartrose te vergelijken met de uitkomsten van het huidige onderzoek.

Ten slotte is er met behulp van literatuur zo veel mogelijk vergeleken met jongeren. Hoewel deze waardes mogelijk overeenkomen met die van ouderen. Roach et al.<sup>29</sup> hebben de actieve knie ROM gemeten bij 1683 personen uit verschillende leeftijdsgroepen. De uitgangspositie is rugligging, terwijl de knie en heup beiden buigen met de voet van de te meten zijde op de tafel. De metingen zijn uitgevoerd met een goniometer. De onderzoeksgroep van 25-39 jaar (N=433) liet een knie flexie zien van 134° ( $\pm 9$ ), bij 40-59 jaar (N=727) was die 132° ( $\pm 11$ ) en bij de leeftijdsgroep van 60-74 jaar (N=523) was die 131° ( $\pm 11$ ).<sup>29</sup> Dit suggereert dat het niet veel uitmaakt dat het huidige onderzoek jonge in plaats van oude proefpersonen gebruikt heeft.

#### **4.9 Het gebruik van de Easysteppers in de praktijk voor patiënten met knieartrose**

Er is duidelijk een verschil zichtbaar in de hoogte van de gemeten waardes met betrekking tot bewegingsuitslagen van de knie bij het gebruik van de Easysteppers ten opzichte van de normale trap. Hoewel niet altijd significant, zijn de waardes bij het gebruik van de Easysteppers minder dan bij de normale trap. Dit geldt zowel voor de maximale knie hoeken bij flexie, varus en valgus, evenals de ROM van flexie-extensie en varus-valgus. Er worden minder grote bewegingsuitslagen van de knie vereist. De maximale extensie waarde is echter hoger bij het gebruik van de Easysteppers, maar zorgt uiteindelijk voor minder flexie-extensie ROM. Dit vanwege het feit dat positieve extensie waarde een relatieve flexie betekent.

Varus waardes zijn significant minder bij het gebruik van de Easysteppers ten opzichte van de normale trap, wat leidt tot minder ziekteprogressie van knieartrose (in het mediale compartiment).<sup>8</sup>

Pijn is één van de oorzaken waarom patiënten met knieartrose minder flexie laten zien tijdens het traplopen.<sup>10</sup> Er is tevens beschreven dat een verminderde flexie-extensie ROM waarschijnlijk leidt tot een kleiner moment (in Nm) op de knie. Bovendien is pijn significant geassocieerd met verminderde onafhankelijkheid.<sup>30</sup>

Traplopen vergt meer spieractiviteit dan gelijkvloers lopen.<sup>20</sup> Artrose kan gepaard gaan met spierzwakte, wat het traplopen bemoeilijkt.<sup>2,6</sup> Het is aannemelijk dat hoe kleiner de staphoogte is, hoe minder spieractiviteit er geleverd hoeft te worden per trede. Easysteppers kunnen hier dus mogelijk een uitkomst bieden, hoewel er wel twee keer zoveel treden afgelegd moeten worden. Om hier daadwerkelijk wat over te kunnen zeggen, zou vervolgonderzoek gedaan moeten worden naar de spieractiviteit bij het traplopen op de Easysteppers in vergelijking met het traplopen op de normale trap.

Een ander voordeel is dat de Easysteppers ontworpen zijn om alternerend trap te kunnen lopen, wat gezonde individuen doen.<sup>16</sup> Echter kunnen ouderen of patiënten gedwongen worden om het trap looppatroon aan te passen. Er wordt gekozen voor een alternatief looppatroon, zoals het stap voor stap plaatsen van beide voeten op dezelfde trede of zijwaartse bewegingen. Deze alternatieven in het looppatroon bij traplopen resulteren in een hoger energieverbruik, lagere efficiëntie en een verhoogd risico op vallen, in het bijzonder tijdens het trap afdalen en de stap voor stap manier.<sup>16</sup> De Easysteppers zullen deze negatieve bijkomstigheden mogelijk teniet doen.

Als extra uitkomstmaat is middels een enquête (bijlage VI) gekeken naar het gebruiksgemak van de Easysteppers. Tevens is er gekeken of de Easysteppers een toegevoegde waarde zouden zijn op de huidige markt. Om het gebruiksgemak te analyseren zijn twee meetmomenten gebruikt, na de 'proeftest' en na de totale meting. Bij het trap oplopen is er in 55% van de gevallen sprake van een gelijkblijvende situatie en in 40% van de gevallen een vooruitgang. Slechts 5% van de proefpersonen gaven aan dat het trap oplopen na de totale meting minder prettig was dan na de 'proeftest'. Voor het trap aflopen gaven 50% van de proefpersonen aan dat er geen verandering heeft plaatsgevonden en 50% van de proefpersonen gaven aan dat er een vooruitgang heeft plaatsgevonden. In bijlage IX is de exacte uitslag weergegeven in figuren.

Geen enkele proefpersoon gaf aan dat de Easysteppers geen toegevoegde waarde op de huidige markt zouden zijn. Neutraal waren 15% van de proefpersonen, 65% van de proefpersonen gaven aan dat de Easysteppers waarschijnlijk een toegevoegde waarde zouden zijn en 20% van de proefpersonen gaven aan dat de Easysteppers zeker een toegevoegde waarde zouden zijn op de huidige markt.

Ten slotte is er onderzoek gedaan door van de Kerkhof<sup>31</sup> naar de kinematica van de heup bij het gebruik van de Easysteppers ten opzichte van de normale trap. Daaruit blijkt dat er significant minder bewegingsuitslagen van de heup vereist zijn bij het traplopen met de Easysteppers in vergelijking met het traplopen op de normale trap.

Fysiotherapeuten hebben een rol in het adviseren van patiënten met knieartrose. Bovenstaande gegevens bij gezonde jonge proefpersonen in acht nemend, zouden fysiotherapeuten de Easysteppers aan kunnen bevelen.

## 5. Conclusie en aanbevelingen

In dit onderzoek is, bij gezonde jonge proefpersonen, middels 3D-analyse onderzocht wat het effect is van de Easysteppers op de kinematica van de knie ten opzichte van een normale trap.

Geconcludeerd kan worden dat bij het gebruik van de de Easysteppers er kleinere bewegingsuitslagen van de knie nodig zijn voor maximale flexie, flexie-extensie ROM, maximale varus, maximale valgus en de varus-valgus ROM ten opzichte van een normale trap. Deze verschillen zijn meestal statistisch significant.

Er is waarschijnlijk sprake van minder belasting op de knie, wat minder ziekteprogressie van knieartrose met zich meebrengt. De ziekteprogressie van artrose is tevens mogelijk minder, omdat de varus hoeken significant lager zijn bij de Easysteppers in vergelijking met de normale trap.

Bovendien is er bij het gebruik van de Easysteppers in mindere mate sprake van asymmetrie tussen de linker- en de rechterknie dan bij het gebruik van de normale trap.

Om erachter te komen wat nu precies de invloed is van de Easysteppers op de belasting van de knie, zal vervolgonderzoek gedaan moeten worden. Uit dit onderzoek blijkt namelijk wel dat de maximale hoeken minder zijn, maar er moeten ook twee keer zoveel stappen worden gezet. Wat dit doet op de uiteindelijke belasting is nog niet onderzocht. Tevens zal er vervolgonderzoek gedaan moeten worden naar de hoeveelheid spierkracht die er gebruikt wordt bij het traplopen op de Easysteppers in vergelijking tot het traplopen met de normale trap.

Bovendien zal het onderzoek uitgevoerd moeten worden met patiënten met knieartrose om daadwerkelijk wat te kunnen zeggen over deze populatie.

Toch kan een fysiotherapeut aan de hand van de bevindingen uit het huidige onderzoek, bij jonge gezonde proefpersonen, de Easysteppers aanbevelen.

## 6. Referenties

1. Felson DT. *Osteoarthritis of the Knee*. The new England journal of medicine 2006;354:841-848
2. Glass GG. *Osteoarthritis*. Disease-a-Month (DM) 2006;52:343-362.
3. Artrose samengevat via het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en milieu.  
Beschikbaar via: <http://www.nationaalkompas.nl/gezondheid-en-ziekte/ziekten-en-aandoeningen/bewegingsstelsel-en-bindweefsel/artrose/artrose-samengevat/>  
Geraadpleegd op 7 februari 2014
4. Zifchock RA, Kirane Y, Hillstrom H. *Are Joint Structure and Function Related to Medial Knee OA Pain?* Clinical Orthopaedics and Related Research 2001;469:2866–2873
5. Hoogeboom TJ, van Meeteren NLU, Kim RH, Stevens-Lapsley JE. *Linear and Curvilinear Relationship between Knee Range of Motion and Physical Functioning in People with Knee Osteoarthritis: A Cross-Sectional Study*. Public Library of Science (PLOS) ONE 2013;8:1-7
6. Segal NA, Boyer ER, Wallace R, Torner JC, Yack J. *Association Between Chair Stand Strategy and Mobility Limitations in Older Adults With Symptomatic Knee Osteoarthritis*. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 2013;94:375-383
7. Shull PB, Shultz R, Silder A, Dragoo JL, Besier TF, Cutkosky MR, Delp SL. *Toe-in gait reduces the first peak knee adduction moment in patients with medial compartment knee osteoarthritis*. Journal of Biomechanics 2013;46:122–128
8. Mandeville D, Osternig LR, Lantz BA, Mohler CG, Chou L. *The effect of total knee replacement on the knee varus angle and moment during walking and stair ascent*. Clinical Biomechanics 2008;23:1053–1058
9. Guo M, Axe MJ, Manal K. *The influence of foot progression angle on the knee adduction moment during walking and stair climbing in pain free individuals with knee osteoarthritis*. Gait & Posture 2007;26:436–441
10. Hicks-little CA, Peindl RD, Hubbard TJ, Scannell BP, Springer BD, Odum SM et al. *Lower Extremity Joint Kinematics during Stair Climbing in Knee Osteoarthritis*. Medicine & Science in Sports & Exercise 2011;43:516-524
11. Costigan PA, Deluzio KJ, Wyss UP. *Knee and hip kinetics during normal stair climbing*. Gait & Posture 2002;16:31-37
12. Riener R, Rabuffetti M, Frigo C. *Stair ascent and descent at different inclinations*. Gait & Posture 2002;15:32-44
13. Protopapadaki A, Drechsler WI, Cramp MC, Coutts FJ, Scott OM. *Hip, knee, ankle kinematics and kinetics during stair ascent and descent in healthy young individuals*. Clinical Biomechanics 2007;22:203-210
14. Samuel D, Rowe P, Hood V, Nicol A. *The biomechanical functional demand placed on knee and hip muscles of older adults during stair ascent and descent*. Gait & Posture 2011;34:239-244
15. Leitner M, Schmid S, Hilfiker R, Radlinger L. *Test–retest reliability of vertical ground reaction forces during stair climbing in the elderly population*. Gait & Posture 2011;34:421-425



16. Reid SM, Lynn SK, Musselman RP, Costigan PA. *Knee biomechanics of alternate stair ambulation patterns*. *Medicine & Science in Sports & Exercise* (copyright 2007 by the American college of sports medicine 2007;39:2005–2011
17. Kowalk DL, Duncan JA, Vaughan CL. *Abduction-adduction moments at the knee during stair ascent and descent*. *Technical Note* 1996;29:383-388
18. Boreham CAG, Kennedy RA, Murphy MH, Tully M, Wallace WFM, Young I. *Training effects of short bouts of stair climbing on cardiorespiratory fitness, blood lipids, and homocysteine in sedentary young women*. *British Journal of Sports Medicine* 2005;39:590–593
19. Whatling GM, Evans SL, Holt CA. *Introducing a new staircase design to quantify healthy knee function during stair ascent and descent*. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering* 2010;13:371-378
20. Andriaccho TP, Andersson GBJ, Fermier RQ, Stern BSD, Galante JO. *A study of Lower-Limb Mechanics during Stair-Climbing*. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 1980;62:749-757
21. Beaulieu FGD, Pelland L, Robertson GE. *Kinetic analysis of forwards and backwards stair descent*. *Gait & Posture* 2008;27:564-571
22. Peters W. via Enocent Mobility Solutions.  
Beschikbaar via: <http://www.enocent.nl/producten.html>  
Geraadpleegd op 3 februari 2014
23. Jevsevar SD, Riley PO, Hodge WA, DE Krebs. *Kinematics and Kinetics During Locomotor Activities of Daily Living in Subjects with Knee Arthroplasty and in Healthy Control Subjects*. *Physical Therapy* 1993;73:229-239
24. Yu B, Stuart MJ, Kienbacher T, Growney ES, An KN. *Valgus-varus motion of the knee in normal level walking and stair climbing*. *Clinical Biomechanics* 1997;12:286-293
25. Steultjens MPM, Dekker J, van Baar ME, Oostendorp RAB, Bijlsma JWJ. *Range of joint motion and disability in patients with osteoarthritis of the knee or hip*. *Rheumatology* 2000;39:955-961
26. Cho S, Youm Y, Park K. *Three- to six-year follow-up results after high-flexion total knee arthroplasty: can we allow passive deep knee bending?* *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011;19:899-903
27. Cliborne VA, Wainner RS, Rhon DI, Judd CD, Fee TT, Matekal RL, Whitman JM. *Clinical Hip Tests and a Functional Squat Test in Patients With Knee Osteoarthritis: Reliability, Prevalence of Positive Test Findings, and Short-Term Response to Hip Mobilization*. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 2004;34:676-685
28. Benoit DL, Ramseyd DK, Lamontagne M, Xuf L, Wretenberg P, Renström P. *Effect of skin movement artifact on knee kinematics during gait and cutting motions measured in vivo*. *Gait & Posture* 2005;24:152-164
29. Roach KE, Miles TP. *Normal Hip and Knee Active Range of Motion: The Relationship to Age*. *Physical Therapy* 1991;71:656-665
30. Hix MD. *Pain Management in Elderly Patients*. *Journal of Pharmacy Practice* 2007;20:49-63
31. Van de Kerkhof A. *Traplopen met behulp van de Easysteppers: het effect op de kinematica van de heup*. 2014



## 7. Bijlagen

- Bijlage I Korte informatie Easysteppers
- Bijlage II Brief voor geïnteresseerden in deelname onderzoek
- Bijlage III Informed Consent
- Bijlage IV Vragen vooraf aan het onderzoek
- Bijlage V Algemene instructie
- Bijlage VI Vragenlijst Easysteppers
- Bijlage VII Stroomschema Easysteppers
- Bijlage VIII Criteria pieken kiezen
- Bijlage IX Uitslag vragenlijst gebruiksgemak Easysteppers

## ***Easysteppers: een oplossing voor makkelijker traplopen met een beperking***

---

### **Inleiding**

Traplopen is voor veel mensen een probleem dat zij tegenkomen in het dagelijks leven. Hiervoor zijn 3 “prijzige” oplossingen: een traplift, verbouwen of verhuizen. Wil Peters van Enocent Mobility Solutions (onze opdrachtgever) heeft hiervoor een andere, makkelijkere en goedkopere oplossing bedacht: de Easysteppers!!



### **Wat zijn de Easysteppers?**

De Easysteppers bestaan uit stevige tussentreden die op elke trap geplaatst kunnen worden. Deze zorgen ervoor dat men met een halve trede de trap kan op- en aflopen. Door de Easysteppers te gebruiken heeft men minder kracht nodig en hoeven de knieën, enkels en heupen minder te buigen waardoor de gewrichten minder belast worden. Traplopen wordt dus makkelijker hierdoor.

### **Het onderzoek**

Onderzoek naar het effect van verschillende traphoogtes heeft aangetoond dat een lagere traphoogte de spiermomenten kan verminderen. Echter is nog niet onderzocht wat het effect van de aangepaste stapdiepte op het gangpatroon is, of de Easystepper asymmetrie ter hoogte van de pelvis veroorzaakt en of dit invloed heeft op de rest van het gangpatroon.

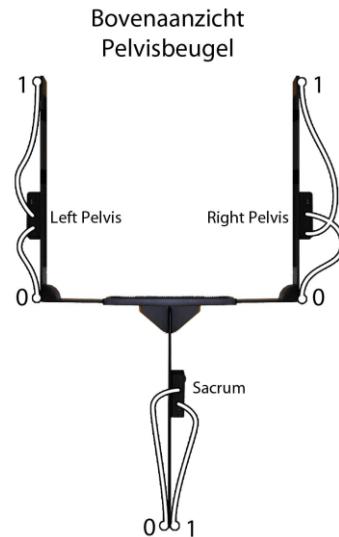
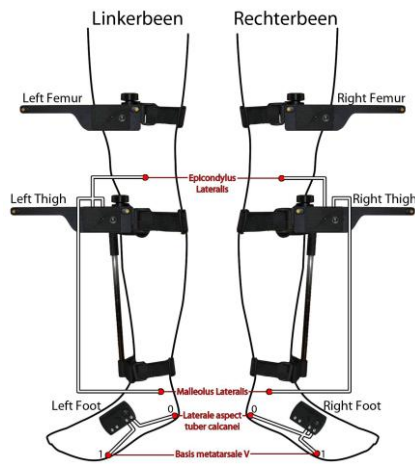
### **Doel van ons onderzoek**

Vaststellen van veranderingen in het beweegpatroon tijdens het op- en aflopen van trappen wanneer er gebruik wordt gemaakt van Easysteppers t.o.v. een gewone trap.

### **Hoe kunt u ons helpen?**

Voor ons onderzoek hebben wij verschillende proefpersonen nodig die 3 tot 5 keer een deel van een normale trap beklimmen en 3 tot 5 keer een deel van de easystepper beklimmen. Tijdens het op- en aflopen van de trap wordt er een 3D bewegingsregistratie gemaakt. Hiervoor zult u verschillende markers op uw benen/voeten geplaatst krijgen zodat de

gewrichtshoeken geregistreerd kunnen worden. Tevens krijgt u een 'pelvisbeugel' om uw heupen. De afbeeldingen hieronder geeft u vast een indicatie hoe dit eruit ziet.



### Belangrijk om te kunnen deelnemen aan ons onderzoek

- U bent 18 jaar of ouder.
- U kunt alternerend een trap op- en aflopen
- U heeft GEEN aandoeningen die van invloed zijn op het lopen (bijv. blessures aan de onderste extremiteit, artrose, neurologische aandoeningen etc.)
- U heeft GEEN balansproblemen

### Plaats en data dat wij het onderzoek afnemen

Het onderzoek vindt plaats in het MARTlab op de Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven en zal naar verwachting  $\pm$  3 kwartier duren.

De volgende data hebben wij kunnen reserveren voor ons onderzoek:

|                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| Dinsdag 11 maart:   | 13.00-17.00 uur |
| Woensdag 12 maart : | 09.00-17.00 uur |
| Donderdag 13 maart: | 14.00-17.00 uur |
| Vrijdag 14 maart:   | 09.00-17.00 uur |
| Donderdag 20 maart: | 12.30-16.30 uur |

### Websites

Dit is de site van de Easysteppers:

<http://www.enocent.nl/>

Hier is nog veel meer informatie te vinden over de Easysteppers.

Dit is een site een filmpje wordt getoond van de Easystepper in gebruik

<http://www.youtube.com/watch?v=ULrduQaU69M>

### Geïnteresseerd?

Mocht u geïnteresseerd zijn om deel te nemen aan ons onderzoek, stuur dan een mailtje met de data en tijden dat u kunt naar één van onderstaande e-mailadressen:

[j.foederer@student.fontys.nl](mailto:j.foederer@student.fontys.nl)  
[a.vandekerkhof@student.fontys.nl](mailto:a.vandekerkhof@student.fontys.nl)

Voor alle overige vragen kunt u ook altijd bij ons terecht.

Alvast bedankt!

Met vriendelijke groet,

Anique van de Kerkhof  
Judith Foederer

## Informatiebrief

# Traplopen met behulp van de Easysteppers

Fontys Eindhoven  
Paramedische Hogeschool, Fysiotherapie  
Ds. Th. Fliednerstraat 2  
5631 BN Eindhoven

Eindhoven, 18 februari 2014

Betreft: Informatie over het onderzoek met de titel 'Traplopen met behulp van de Easysteppers'

Geachte heer/mevrouw,

U heeft aangegeven interesse te hebben om deel te nemen aan een onderzoek.

In dit onderzoek wordt het effect op het looppatroon van de Easystepper vergeleken met het looppatroon bij een normale trap.

Bij dit onderzoek zijn de resultaten van het looppatroon van belang en niet de resultaten van de participant.

De beslissing om wel of niet mee te willen doen aan het onderzoek moet worden gebaseerd op goede voorlichting. Deze brief bevat daarom een beschrijving van het doel van het onderzoek en wat deelname aan het onderzoek voor u betekent. Lees deze informatiebrief rustig door. Indien u vragen heeft na het lezen van deze brief kunt u terecht bij één van onze onderzoekers. De contactgegevens staan onderaan deze brief vermeld. Het onderzoek vindt plaats onder verantwoordelijkheid van Fontys Paramedische Hogeschool Eindhoven.

### **Wat is het doel van het onderzoek?**

Traplopen is voor veel mensen een probleem dat zij tegenkomen in het dagelijks leven. Hiervoor zijn 3 "prijzige" oplossingen: een traplift, verbouwen of verhuizen. Wil Peters van Enocent Mobility Solutions heeft hiervoor een andere, makkelijkere en goedkopere oplossing bedacht: de Easysteppers.

Het doel is om vast te stellen of er veranderingen plaatsvinden in het beweegpatroon tijdens het op- en aflopen van de trap wanneer er gebruik wordt gemaakt van Easysteppers t.o.v. een gewone trap.

### **Hoe wordt het onderzoek uitgevoerd?**

Voor het onderzoek is er één meetmoment nodig. U hoeft dus maar één keer te komen. Voorafgaand aan het onderzoek wordt bepaald of u mee kunt doen met het onderzoek. De volgende criteria worden gehanteerd:

- U bent 18 jaar of ouder
- U neemt vrijwillig deel
- U kunt zelfstandig altemnerend een trap op- en aflopen
- U bent in staat verbale en visuele instructies te volgen
- U heeft GEEN aandoeningen die van invloed zijn op het lopen (blessures aan de onderste extremiteit, artrose, neurologische aandoeningen etc.)
- U heeft GEEN coördinatiestoornissen

### **Wat gebeurt er tijdens het onderzoek?**

Ten eerste wordt er van u gevraagd om een Informed Consent te ondertekenen, zie bijlage. Wij zorgen voor een uitgeprinte versie.

Vervolgens meten wij uw lengte en gewicht en wordt u gevraagd om een aantal algemene gegevens in te vullen.

Vervolgens wordt er exact uitgelegd wat er wordt gedaan en krijgt u een demonstratie te zien.

Bovendien wordt er een 'proeftest' uitgevoerd. Er is dan ook tijd voor eventuele vragen te stellen.

Nadat alles voor u duidelijk is kunnen we beginnen met het onderzoek. Er wordt gestart met het plaatsen van de verschillende markers op uw benen/voeten. Tevens krijgt u een 'pelvisbeugel' om uw heupen. Zo kan er een 3D registratie gemaakt worden zodat de gewrichtshoeken geregistreerd kunnen worden.

Van u wordt gevraagd om een aantal keren op verschillende manieren een trap te beklimmen. Na het onderzoek worden de markers verwijderd.

Achteraf zal er om uw mening gevraagd worden over het gebruik van de Easysteppers.

### **Wat wordt er van u verwacht?**

Om de juiste metingen te kunnen doen is het van belang dat uw kleding die niet beïnvloedt. Om die reden kan het onderzoek het beste worden uitgevoerd in het ondergoed. Eventueel kan er een strak kort broekje gedragen worden en/of een strak shirt/hemd.

Ook wordt er u gevraagd om het onderzoek uit te voeren op blote voeten.

### **Veiligheid en voordeel deelname onderzoek**

Dit onderzoek heeft geen invloed op uw gezondheid. De risico's tijdens het onderzoek zijn niet groter dan bij gewone dagelijkse activiteiten.

U heeft waarschijnlijk zelf geen direct voordeel bij deelname aan het onderzoek. Deelname is echter wel zeker van belang. De uitkomsten van dit onderzoek leveren belangrijke informatie op ten aanzien van de toepasbaarheid van de Easysteppers. In de toekomst zullen andere mensen er baat bij hebben.

### **Wat gebeurt er met uw gegevens?**

Meewerken aan dit onderzoek is strikt anoniem. De gegevens van het traplopen zullen worden opgeslagen in een document, waar alleen een code is vermeld. Uw naam en persoonlijke gegevens komen daar niet in voor. Ook in eventuele publicaties is uw naam niet terug te vinden. Testgegevens worden bewaard zonder dat te herleiden is van wie ze afkomstig zijn.

### **Kosten onderzoek**

Helaas kunnen wij geen vergoeding bieden voor deelname aan het onderzoek. Eventuele reiskosten en andere onkosten worden niet vergoed.

Overigens is deelnemen aan het onderzoek uiteraard kosteloos.

### **Uw rechten en onze plichten**

Deelname aan het onderzoek is geheel vrijwillig. U heeft te allen tijde het recht om zonder opgaaf van reden deelneming aan het onderzoek te weigeren.

U heeft inzage in alle door ons geregistreerde gegevens en resultaten van uzelf. Alle gegevens en resultaten van het onderzoek worden anoniem en vertrouwelijk behandeld.

Bovendien heeft u het recht om meer informatie over het onderzoek te vragen.

### **Waar en wanneer?**

Het onderzoek zal in maart plaatsvinden in het MARTlab op de Fontys Paramedische Hogeschool (zie bovenstaand adres). Het lokaal is 0410.

**Klachten of vragen?**

Mocht u na het lezen van deze brief, voor of tijdens het onderzoek, nog nadere informatie willen ontvangen of komen er nog vragen bij u op, dan kunt u altijd contact opnemen met een van de uitvoerders van het onderzoek

**Contactgegevens**

Anique van de Kerhof

0629597289

[a.vandekerkhof@student.fontys.nl](mailto:a.vandekerkhof@student.fontys.nl)

Judith Foederer

0625166637

[j.foederer@student.fontys.nl](mailto:j.foederer@student.fontys.nl)

Met vriendelijke groet,

Anique van de Kerhof

Judith Foederer

## Informed Consent



**Titel onderzoek:**

Traplopen met behulp van de Easysteppers

**Verantwoordelijke onderzoekers:**

Judith Foederer

Anique van de Kerkhof

***In te vullen door de deelnemer:***

Ik verklaar op een voor mij duidelijke wijze te zijn ingelicht over de aard, methode, doel en (indien aanwezig) de risico's en belasting van het onderzoek. Ik weet dat de gegevens en resultaten van het onderzoek alleen anoniem en vertrouwelijk aan derden bekend gemaakt zullen worden. Mijn vragen zijn naar tevredenheid beantwoord.

Ik begrijp dat videomateriaal of bewerking daarvan uitsluitend voor analyse en/of wetenschappelijke doeleinden zal worden gebruikt.

Ik stem geheel vrijwillig in met deelname aan dit onderzoek. Ik behoud me daarbij het recht voor om op elk moment zonder opgaaf van redenen mijn deelname aan dit onderzoek te beëindigen.

Naam deelnemer: .....

Datum: ..... Handtekening deelnemer: .....

***In te vullen door de uitvoerende onderzoekers:***

Ik heb een mondelinge en schriftelijke toelichting gegeven op het onderzoek. Ik zal resterende vragen over het onderzoek naar vermogen beantwoorden. De deelnemer zal van een eventuele voortijdige beëindiging van deelname aan dit onderzoek geen nadelige gevolgen ondervinden.

Naam onderzoekers: .....

Datum: ..... Handtekening onderzoekers: .....



**Bijlage IV Vragen vooraf aan het onderzoek**

***In te vullen door de deelnemer voor deelname:***

Geslacht: M / V

Geboortedatum : .....

Heeft u momenteel aandoeningen die van invloed zijn op het lopen?

.....  
.....

Heeft u balansproblemen en/of coördinatiestoornissen?

.....  
.....

***In te vullen door de uitvoerende onderzoekers:***

Datum onderzoek : .....

Lengte: .....

Gewicht: .....

Codering proefpersoon .....

## Bijlage V Algemene instructie

### **Algemene informatie/instructie:**

Voor u ziet u een deel van een trap staan. Aan de rechterkant bevinden zich de Easysteppers. De linker kant van de trap kan normaal gebruikt worden. U wordt gevraagd om op verschillende manieren de trap op en af te lopen. Ook wordt er van u gevraagd dat u bovenaan de trap wacht op een teken dat u naar beneden kunt lopen.

De loopsnelheid moet voor u comfortabel zijn.

Er wordt van u gevraagd om elke manier (minimaal) 3 keer uit te voeren. Voordat u gaat traplopen wordt per keer verteld wat er van u verwacht wordt.

Vanwege de veiligheid wordt u gevraagd telkens de leuning te gebruiken.

- Easysteppers op
  - o Er wordt begonnen met de **rechtervoet**. Deze wordt op de Easystepper geplaatst. De linker voet wordt geplaatst op de normale trede. Zo loopt u (alternerend) naar boven.
  
- Easysteppers af (voeten schuin plaatsen)
  - o Er wordt begonnen met de **linkervoet** op de Easystepper te plaatsen. Vervolgens plaats u de rechter voet op het voetje (de sticker) op de normale trap. Zo loopt u (alternerend) naar beneden.
  
- Normale trap op
  - o Er wordt begonnen met de **rechtervoet** op de 1<sup>e</sup> traptrede te plaatsen. Vervolgens wordt de linkervoet op de 2<sup>e</sup> traptrede geplaatst.
  
- Normale trap af (voeten schuin plaatsen)
  - o Er wordt begonnen met de **linkervoet** op de onderliggende trede te plaatsen. De rechtervoet komt op de trede daaronder. De voeten worden schuin naar rechts geplaatst, net als bij de Easysteppers af.  
Zo wordt de trap (alternerend) afgelopen.
  
- Easysteppers achterwaarts aflopen
  - o Er wordt begonnen met de **rechtervoet** te plaatsen op de Easystepper. Vervolgens wordt de linkervoet geplaatst op de daaronder liggende normale traptrede.
  
- Normale trap achterwaarts aflopen
  - o Er wordt begonnen met de **rechtervoet** te plaatsen op de onderliggende trede. Het gezicht dient gericht te zijn naar het raam. Vervolgens wordt de linkervoet geplaatst op de trede daaronder. Zo wordt de trap (alternerend) achterwaarts afgelopen

**Bijlage VI Vragenlijst Easysteppers**

Onderstaand vind u een korte vragenlijst over de Easysteppers.

***In te vullen door de deelnemer:***

**Na de proefmeting (voor de ‘echte’ meting)**

|  | 1 = totaal niet prettig | 2 = niet prettig | 3 = neutraal | 4 = prettig | 5 = heel prettig |
|--|-------------------------|------------------|--------------|-------------|------------------|
| <i>Wat vond u van het gebruik van de Easysteppers tijdens het trap <b>op</b>lopen?</i> |                         |                  |              |             |                  |
| <i>Wat vond u van het gebruik van de Easysteppers tijdens het trap <b>af</b>lopen?</i> |                         |                  |              |             |                  |

**Na de totale meting**

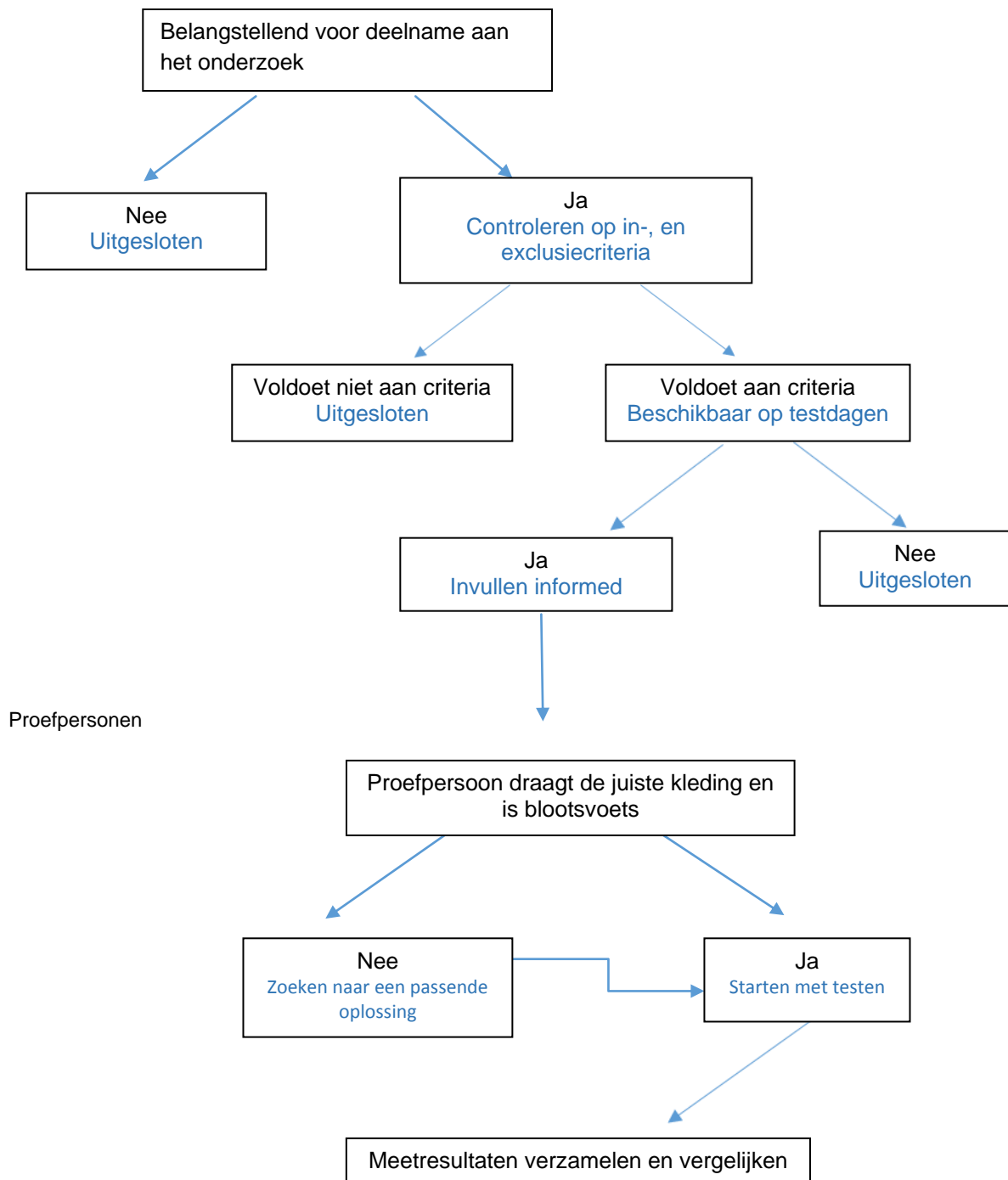
|  | 1 = totaal niet prettig | 2 = niet prettig | 3 = neutraal | 4 = prettig | 5 = heel prettig |
|--|-------------------------|------------------|--------------|-------------|------------------|
| <i>Wat vond u van het gebruik van de Easysteppers tijdens het trap <b>op</b>lopen?</i> |                         |                  |              |             |                  |
| <i>Wat vond u van het gebruik van de Easysteppers tijdens het trap <b>af</b>lopen?</i> |                         |                  |              |             |                  |

|   | 1 = nee zeker niet | 2 = nee | 3= neutraal | 4 = ja waarschijnlijk | 5 = ja zeker |
|---|--------------------|---------|-------------|-----------------------|--------------|
| <i>Denkt u dat het een toegevoegde waarde zal zijn op de huidige markt?</i> |                    |         |             |                       |              |

***In te vullen door de uitvoerende onderzoekers:***

Codering proefpersoon .....

Bijlage VII Stroomschema kwantitatief onderzoek Easysteppers



## Bijlage VIII Criteria pieken kiezen

### Waarom kiezen voor welke omstandigheden?

- Algemene eisen die worden aangehouden
  - De pieken moeten evenredig/normaal verdeeld zijn
  - Wanneer de lijnen bij de stick figure gekleurd zijn wordt dit aangenomen als goede waarde.
  - Telkens moet de stick figure worden afgespeeld.
    - Per piek wordt bekeken of de waarde voldoende is.
      - Eventueel wordt er ingezoomd op een beeld.
  - Algemene regel: er wordt pas geanalyseerd wanneer er sprake is van een alternerende beweging.
  - Er mag geen 'trap' zichtbaar zijn bij de pieken. Dit houdt in dat er geen (evenredige) stijging en/of daling zichtbaar mag zijn.
  - Per conditie worden er andere pieken bekeken, zie onderstaand.

**Opmerking: flexie kan vervangen worden door varus en extensie kan vervangen worden door valgus.**

Deze bewegingen vinden ook gekoppeld plaats (knie varus in combinatie met knie flexie en knie valgus in combinatie met knie extensie).

- Easysteppers op
  - Er wordt gekozen om 3 flexie momenten te nemen per kant.
  - Omdat de 1<sup>e</sup> Easystepper op de grond ligt wordt de 1<sup>e</sup> stap met het linkerbeen groter. Vandaar dat pas de 2<sup>e</sup> piek van het linkerbeen wordt gemeten. De bovenste trede wordt als eerste bereikt met het linkerbeen, waardoor deze waarde aan de linkerkant wel meegenomen kan worden.
    - Links 2<sup>e</sup> t/m 4<sup>e</sup> piek
  - Bij het rechterbeen wordt eveneens de 1<sup>e</sup> stap niet meegenomen omdat de afstand van de persoon tot de Easystepper niet bij iedere proefpersoon even groot is. De flexie hoek wordt pas gemeten vanaf de 2<sup>e</sup> Easystepper. De laatste stap naar boven wordt niet meegeteld omdat het een aansluitpas is.
    - Rechts 2<sup>e</sup> t/m 4<sup>e</sup> piek
  - De extensie waardes kunnen wel vanaf de 1<sup>e</sup> stap worden meegenomen. De laatste waarde wordt echter niet meegenomen. Omdat er met rechts wordt begonnen komen hier 4 waardes uit en bij links 3. (Wanneer het rechterbeen al op de trap staat ontstaat er bij het linker been al een (relatieve) extensie, deze waarde wordt echter niet meegenomen omdat de voet zich nog op de grond bevindt en er dus geen sprake is van een alternerende beweging tijdens het traplopen).
    - Links piek 2 t/m 4

- Rechts piek 2 t/m 5
- Easysteppers af
  - Bij flexie rechts wordt de 1<sup>e</sup> piek niet gepakt, want dat is de buiging omdat het linkerbeen zich naar onder verplaatst. De 2<sup>e</sup> piek is wel goed. Ook kan de laatste piek wel gepakt worden omdat de rechter voet als eerste op de grond geplaatst wordt en er dus niet meer of minder flexie plaatsvindt.  
Bij links kan de 1<sup>e</sup> piek niet gepakt worden omdat dat de buiging is naar de 1<sup>e</sup> trede toe. De 2<sup>e</sup> piek is de buiging die plaatsvindt op de 1<sup>e</sup> trede en vanaf daar kan die gemeten worden. De allerlaatste piek van links kan niet genomen worden omdat dan de voet (aansluit) bij de grond.
    - Links piek 2 t/m 4
    - Rechts piek 2 t/m 4
  - Bij extensie links wordt de 1<sup>e</sup> piek niet genomen omdat er pas voor de 1<sup>e</sup> keer “doorgestapt” wordt vanaf de 1<sup>e</sup> trede naar de 2<sup>e</sup> trede, dat is bij de 2<sup>e</sup> piek. De laatste piek wordt niet genomen omdat dat de eindhouding is.  
Bij extensie rechts is de allereerste piek de uitgangswaarde wanneer het linkerbeen de 1<sup>e</sup> trede betreed. Vanaf de 1<sup>e</sup> trede vindt er wel al extensie plaats omdat er al (alternerend) ‘doorgestapt’ wordt. De laatste piek wordt niet genomen omdat de eindhouding is.
    - Links piek 2 t/m 4
    - Rechts piek 2 t/m 4
- Normale trap op
  - De 1<sup>e</sup> piek is de uitgangssituatie wanneer er met rechts een trede gelopen wordt. De linker flexie waarde kan genomen worden vanaf de 2<sup>e</sup> piek omdat er met rechts begonnen wordt en het linkerbeen al alternerend loopt bij de 1<sup>e</sup> trede (is de 2<sup>e</sup> piek). Ook de 3<sup>e</sup> piek kan bij links genomen worden omdat deze weliswaar boven eindigt, maar er wordt niet bijgezet omdat dit het eerste been is wat de bovenste trede bereikt.  
Bij het rechterbeen mag deze piek echter niet genomen worden, omdat de voet wordt bijgezet. Ook mag de 1<sup>e</sup> piek niet genomen worden omdat er wordt begonnen met het rechterbeen en de afstand tot de trap niet bij iedere proefpersoon gelijk is.
    - Links 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> piek
    - Rechts 2<sup>e</sup> piek
  - Bij extensie is dit juist omgedraaid. Van het linkerbeen mag alleen de middelste waarde genomen worden. De 1<sup>e</sup> waarde is namelijk de uitgangspositie en de laatste waarde is de eindpositie. Bij het rechterbeen mogen er wel 2 pieken gemeten worden.
    - Links 2<sup>e</sup> piek
    - Rechts 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> piek

- Normale trap af (voeten schuin geplaatst)
  - Eigenlijk precies het omgedraaide van de normale trap oplopen.  
Omdat er met links begonnen wordt mag de 1<sup>e</sup> piek van links flexie niet meegeteld worden en de laatste ook niet want dan wordt geëindigd (en de voet bijgezet).
    - Links 2<sup>e</sup> piek
    - Rechts 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> piek
  - Extensie
    - Links 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> piek
    - Rechts 2<sup>e</sup> piek
  
- Easysteppers achterwaarts aflopen
  - Deze conditie wordt in principe hetzelfde gemeten als bij de Easysteppers op. Er wordt namelijk hetzelfde gelopen, alleen nu de trap achterwaarts af. Telkens wordt er ook begonnen met de rechtervoet.
    - Links is 2<sup>e</sup> t/m 4<sup>e</sup> piek
    - Rechts 2<sup>e</sup> t/m 4<sup>e</sup> piek
  - Voor de extensie geldt hetzelfde.
    - Links piek 2 t/m 4
    - Rechts piek 2 t/m 5
  
- Normale trap achterwaarts aflopen
  - Eigenlijk hetzelfde als normale trap oplopen. Alleen wordt er nu trap af gelopen in plaats van op.  
Omdat het al alternerend is bij links 2 pieken pakken bij de flexie.
    - Links 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> piek
    - Rechts 2<sup>e</sup> piek
  - Voor extensie geldt het ook.
    - Links 2<sup>e</sup> piek
    - Rechts 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> piek

### Berekening ROM

De ROM wordt berekend door het gemiddelde van de knie flexie per conditie te verminderen met de gemiddeldes van knie extensie per conditie.

## Bijlage IX Uitslag vragenlijst gebruiksgemak Easysteppers

Het aantal proefpersonen is vermeld dat voor een bepaald antwoord heeft gekozen. Hierbij zijn twee meetmomenten gebruikt, namelijk voor de meting (na de 'proefmeting') en na de totale meting. Ook is de vraag apart beantwoord voor het trap oplopen en het trap aflopen.

De volgende vragen zijn gesteld:

“Wat vond u van het gebruik van de Easysteppers tijdens het trap oplopen?”

“Wat vond u van het gebruik van de Easysteppers tijdens het trap aflopen?”

