

Fontys Paramedische Hogeschool

Opleiding Fysiotherapie

Beschrijving van de zuurstofopname van personen die hardlopen met een transtibiale prothese tijdens training

Robin Heijnen

Begeleider: S. Onkelinx

Opdrachtgever: A. van Doorn, Prothese Sport

Juni 2016

Voorwoord

De voorbije weken heb ik besteed aan het uitvoeren van dit onderzoek en het schrijven van de scriptie. In deze periode heb ik veel kennis opgedaan over inspanningsfysiologie, protheses en hoe deze twee gebieden gecombineerd kunnen worden. De nieuwe inzichten zorgen voor een andere kijk op sporters met een prothese, doordat ik weet wat erbij komt kijken. Daarnaast kan ik de kennis over inspanningsfysiologie ook toepassen bij andere doelgroepen in de praktijk.

Ik wil allereerst mijn dank uitspreken aan Steven Onkelinx, mijn begeleider tijdens het afstuderen, voor de prettige samenwerking. Daarnaast wil ik mijn medestudenten Nick Jorissen en Kevin van Hintum bedanken voor de inzet tijdens het uitvoeren van de metingen.

Robin Heijnen,
Urmond, juni 2016

Samenvatting

Inleiding: Deze case-study beschrijft de zuurstofopname (VO_2) bij mensen die hardlopen met een transtibiale prothese. Trainers bij 'Prothese Sport' constateren dat het hardlopen met een prothese zwaarder is dan het hardlopen voor valide personen. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door een hoger energieverbruik. De VO_2 is een goede maat om het energieverbruik te bepalen. In de huidige literatuur is voornamelijk de VO_2 tijdens wandelen beschreven. Ook is er geen consensus over hoe groot de verschillen zijn ten opzichte van valide personen.

Methode: Deze case-study is uitgevoerd met twee valide deelnemers (man, $n=1$) en twee deelnemers met een prothese (man, $n=1$). De VO_2 per minuut is berekend, als ook de gangefficiëntie (GE) in VO_2 per meter. Een lagere GE duidt op een efficiënter gangpatroon. De deelnemers hebben zowel 400 meter in een zelfgekozen tempo afgelegd, als vijf maal tachtig meter gesprint. De VO_2 is gemeten middels een mobiel ademgasanalyse apparaat, de Oxycon Mobile.

Resultaten: De mannelijke deelnemer met een prothese had een lagere GE en een lagere VO_2 piek ten opzichte van de mannelijke valide deelnemer. De vrouwelijke deelnemer met een prothese had een hogere GE en lagere VO_2 piek dan de vrouwelijke valide deelnemer.

Conclusie: Op basis van deze case-study kan de omrekening van de trainers van Prothese Sport niet bevestigd of verworpen worden. Een studie met een grotere populatie is nodig om hier een uitspraak over te kunnen doen. Deze case-study biedt wel inzicht in de cardiorespiratoire fitheid van de atleten van Prothese Sport. De mannelijke atleet beschikt over een goede cardiorespiratoire fitheid. De vrouwelijke atlete heeft een lage cardiorespiratoire fitheid en vertoont tekenen van overtraining.

Abstract

Background: This case-study describes the oxygen consumption (VO_2) in transtibial amputees during running. Coaches at 'Prothese Sport' observe that running with a prosthesis requires more effort. A possible cause for this is a higher energy expenditure during running. The VO_2 is an accurate outcome measure to estimate energy expenditure. Current studies describe mainly the energy expenditure during walking for amputees. Furthermore, there is no consensus on to which extent the outcome differs from non-amputees.

Methods: This case-study is performed with two amputees (male, $n=1$) and two non-amputees (male, $n=1$). Outcome measures were the VO_2 per minute and the gait efficiency (GE) in VO_2 per meter. A lower GE represents a more efficient gait. The subjects ran 400 meters at a self-selected pace and performed five sprints of 80 meters each. VO_2 is measured by a mobile gas analyzer, the Oxycon Mobile.

Results: The male amputee showed a lower GE and a lower VO_{2peak} compared to the non-amputee male. The female amputee showed a higher GE and a lower VO_{2peak} compared to the non-amputee female.

Conclusion: Based on the results of this case-study, it can't be confirmed nor denied that there are systematic differences in energy expenditure between amputees and non-amputees. A study with a larger population is required to confirm or deny this hypothesis and to determine the size of the differences. However, this case-study does provide insight to the cardiorespiratory fitness of the athletes of Prothese Sport. De male amputee athlete has a high level of cardiorespiratory fitness. The female amputee athlete has a low level of cardiorespiratory fitness and shows signs of overtraining.

Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	7
2. Methode.....	9
2.1 Deelnemers.....	9
2.2 Onderzoeksdesign.....	9
2.3 Metingen.....	9
2.4 Testprocedure.....	9
2.5 Data analyse.....	10
2.6 Ethiek.....	11
3. Resultaten.....	12
3.1 Kenmerken deelnemers.....	12
3.2 Overzicht behaalde waarden.....	12
3.2.1 Deelnemer 1.....	13
3.2.2 Deelnemer 2.....	13
3.2.3 Deelnemer 3.....	13
3.2.4 Deelnemer 4.....	14
4. Discussie.....	15
4.1 Interpretatie resultaten.....	15
4.1.1 Gemiddelde VO ₂ tijdens de 400m.....	15
4.1.2 Gangefficiëntie tijdens de 400m.....	15
4.1.3 Cardiorespiratoire fitheid.....	16
4.2 Sterkten en beperkingen.....	16
4.2.1 Deelnemers.....	16
4.2.2 Protocol.....	17
4.2.3 Oxycon Mobile.....	17
4.2.4 Rustwaarden.....	17
4.2.5 Borg Ratings of Perceived Exertion (RPE)-schaal.....	18
4.3 Fysiotherapeutische relevantie.....	18
4.4 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek.....	18
5. Conclusie.....	19
Literatuuroverzicht.....	20
Bijlage I – Informatiebrief.....	24
Bijlage II – Toestemmingsverklaring.....	26

Bijlage III – Vragenlijst algemene gegevens.....	27
Bijlage IV – Geheimhoudingsverklaring.....	29
Bijlage V – Afbeelding Össur Flex Run.....	30
Bijlage VI – Afbeelding Ottobock 1E90.....	31

1. Inleiding

Meer dan de helft van de Nederlanders beoefent minimaal één maal per week sport (CBS, 2016). Naast vele fysieke voordelen, zoals een lager risico op hart- en vaatandoeningen en diabetes mellitus type 2, leidt regelmatig bewegen ook tot een betere mentale gezondheid (Aune, Norat, Leitzmann, Tonstad & Vatten, 2015; Cordero, Masiá & Galve, 2014; Wipfli, Landers, Nagoshi & Ringenbach, 2011). Deze studies beschrijven de voordelen van bewegen voor valide personen. Er zijn ook mensen met een lichamelijke beperking, waardoor bewegen en sportbeoefening bemoeilijkt wordt. Mensen waar dit voor geldt, zijn personen met een amputatie aan de onderste extremiteit. Ondanks dat bewegen voor hen vaak minder vanzelfsprekend is dan bij valide personen, heeft regelmatig sporten echter ook voor hen vele fysieke en mentale voordelen (Bragaru, Dekker, Geertzen & Dijkstra, 2011; Di Russo et al., 2010). Daarnaast kan lichamelijke activiteit voor mensen met een amputatie aan de onderste extremiteit ook leiden tot een ander specifiek voordeel. Sporten met een prothese kan resulteren in een verbeterd algemeen functioneren met de prothese (Karmarkar et al., 2009).

Ondanks deze bewezen positieve effecten neemt slechts 15% van de Nederlanders met een amputatie aan de onderste extremiteit deel aan sport (Bragaru, Meulenbelt, Dijkstra, Geertzen & Dekker, 2013). Mogelijke oorzaken zijn de hoge gemiddelde leeftijd van mensen met een amputatie en de hoge kosten voor het aanschaffen van een sportspecifieke prothese (Geertzen & Rietman, 2008). Vooral de kosten van een hardloopprothese kunnen erg hoog zijn.

Geertzen en Rietman (2008) geven aan dat voor een hardloopprestatie op wedstrijdniveau niet alleen een optimale prothese een voorwaarde is, maar ook een adequaat trainingsprogramma van groot belang is. De trainers van Prothese Sport, specialisten op het gebied van hardlopen met een prothese, merken echter op dat het opstellen van een adequaat trainingsprogramma moeilijk is. Wanneer de trainingsleer voor valide hardlopers wordt toegepast op de hardlopers met een beenprothese, blijkt de belasting te hoog te zijn. Daardoor ontstaat het vermoeden dat het hardlopen met een prothese meer energie kost ten opzichte van valide personen.

Recente studies tonen aan dat het energieverbruik voor het uitvoeren van wandelen met een beenprothese groter is dan bij valide personen. Dit verschil neemt toe bij een toename van de wandelsnelheid (Starholm et al., 2015; Vllasolli et al., 2014; Genin, Bastien, Franck, Detrembleur & Willems, 2008). Ook tijdens het hardlopen blijkt het energieverbruik hoger te zijn bij mensen met een amputatie, al worden de verschillen kleiner door de ontwikkeling van betere protheses (Mengelkoch et al., 2014; Brown, Millard-Stafford, & Allison, 2009). De reeds uitgevoerde studies beschrijven echter populaties met uiteenlopende eigenschappen. Zowel deelnemers met een onder- als bovenbeenamputatie zijn geïncludeerd en ze maken gebruik van diverse soorten protheses. Mengelkoch et al. (2014) beschrijft variaties in energieverbruik tussen meerdere soorten protheses, maar slechts bij een zeer geringe populatie van drie deelnemers. Ook is er geen eenduidigheid over

hoe groot het verschil in energieverbruik is. Om deze redenen kunnen de resultaten van de reeds uitgevoerde onderzoeken niet direct toegepast worden op de hardlopers van Prothese Sport.

Om een adequaat trainingsprogramma op te kunnen stellen, is het van belang om inzicht te krijgen in het energieverbruik van de hardlopers van Prothese Sport. Op dit moment zijn de trainers van Prothese Sport op basis van hun ervaring tot een omrekening van de trainingsbelasting gekomen. Om tot de juiste prikkel voor een hardloper met een prothese te komen, wordt de afstand voor de wenselijke trainingsprikkel bij een valide hardloper door drie gedeeld. Wanneer bijvoorbeeld een valide loper een afstand van 1200 meter zou lopen, loopt een hardloper met een prothese 400 meter. Deze omrekening is een schatting op basis van de ervaring van de trainers. De schatting is niet gebaseerd op metingen of wetenschappelijke bevindingen. De wens van de trainers van Prothese Sport is om de schatting te staven met een daadwerkelijke meting van de hardlopers.

Om het vermoeden van de trainers te toetsen dient het energieverbruik van de hardlopers van Prothese Sport in kaart gebracht te worden. Het bepalen van het energieverbruik tijdens wandelen of hardlopen, kan uitgevoerd worden middels het meten van de zuurstofopname (VO_2) (Dal, Erdogan, Resitoglu & Beydagi, 2010; Schmalz, Blumentritt & Jarasch, 2002; Trabbalesi, Porcacchia, Aversa & Brunelli, 2008). Tijdens wandelen en hardlopen wordt een beroep gedaan op het aerobe energiesysteem, waarbij energie geleverd wordt op basis van verbranding met zuurstof (de Morree, Jongert, & van der Poel, 2011). Indien de energiebehoefte toeneemt, zal ook de zuurstofbehoefte toenemen. Het lichaam zal meer zuurstof opnemen om aan deze behoefte te voldoen. De maximale zuurstofopname (VO_{2max}) is afhankelijk van leeftijd en geslacht en kan gebruikt worden om de cardiorespiratoire fitheid te beoordelen (Pescatello, Arena, Riebe, & Thompson, 2014; de Morree et al., 2011).

Deze case-study dient als vooronderzoek, waarbij een uitspraak gedaan kan worden over de zuurstofopname en de cardiorespiratoire fitheid van de deelnemers. Het doel van deze case-study is het beschrijven van de zuurstofopname van mensen die hardlopen met een transtibiale prothese tijdens een training bij Prothese Sport ten opzichte van valide personen die hardlopen.

2. Methode

2.1 Deelnemers

Alle atleten die trainen bij Prothese Sport met een unilaterale transtibiale prothese (n=2, man, n=1) en twee valide hardlopers (man, n=1) hebben deelgenomen aan deze case-study. De amputaties hebben plaatsgevonden als gevolg van een trauma en een tumor. De deelnemers beoefenden reeds zes maanden hardlopen, trinden minimaal anderhalf uur per week en de mensen met een amputatie beschikten over een hardlooprothese. De deelnemers hadden geen comorbiditeiten die inspanning kunnen belemmeren. Er is gekozen voor deelnemers zonder een vasculaire oorzaak van de amputatie, omdat perifere vaatlijden invloed kan hebben op de zuurstofvoorziening in het lichaam en dit de onderzoeksresultaten ongewenst kan beïnvloeden. De valide deelnemers zijn geselecteerd op basis van de trainingstijd per week, geslacht en leeftijd om zo veel mogelijk aan te sluiten bij de deelnemers met een amputatie. Door een blessure bij de mannelijke valide deelnemer is er een vervangende deelnemer aangesteld. De vervangende mannelijke valide deelnemer is jonger dan de oorspronkelijke deelnemer.

2.2 Onderzoeksdesign

Deze studie is een case-study. De studie is onderdeel van een groter onderzoek waarbij ook de hartslag en hersteltijd zijn gemeten.

2.3 Metingen

Deze case-study was onderdeel van een grotere studie die door drie studenten is uitgevoerd. Iedere student heeft zich op een andere uitkomstmaat gericht. De primaire uitkomstmaat voor deze case-study was de VO_2 tijdens de training. Dit is gemeten middels een mobiele ademgasanalyse (Oxycon Mobile; CareFusion Germany, Hoechberg, Duitsland, 2013). De Oxycon Mobile is een valide meetinstrument voor het meten van de VO_2 tijdens inspanning (Salier Eriksson, Rosdahl, & Schantz, 2012). Dit apparaat is beschikbaar gesteld door de Fontys Paramedische Hogeschool, te Eindhoven. Naast de VO_2 is ook de hartfrequentie (Hf) gemeten middels een Polar T31 borstband. Ook de lengte van de deelnemer en het gewicht van de deelnemer zonder prothese zijn gemeten.

2.4 Testprocedure

De metingen hebben plaatsgevonden op de tartanbaan van Eindhoven Atletiek.

Voor aanvang van het onderzoek hebben de deelnemers de informatiebrief ontvangen, toegevoegd in Bijlage I. De deelnemers hebben minimaal 48 uur voorafgaand aan het onderzoek voor het laatst getraind. Voor aankomst van de deelnemer is de meetapparatuur gecalibreerd op de testlocatie. De deelnemer is persoonlijk ontvangen en het onderzoek is mondeling toegelicht. Tijdens deze toelichting is er aan de deelnemer gevraagd of er nog vragen zijn. Indien er vragen waren, zijn deze beantwoord naar tevredenheid van de deelnemer. Vervolgens is de deelnemer verzocht de

toestemmingsverklaring, te zien in Bijlage II, te lezen en indien akkoord te tekenen.

Aan de hand van de vragenlijst in Bijlage III zijn de algemene gegevens van de deelnemer verzameld.

Vervolgens is het gewicht van de deelnemer zonder prothese bepaald. De meetapparatuur voor de ademgasanalyse is daarna aangebracht op het lichaam van de deelnemer. Deze bestond uit de Oxycon Mobile en de Polar T31 hartslagmeter. De Oxycon Mobile is aangebracht over de kleding middels een harnas op het bovenlichaam en een mondkap op het gezicht die de ademhaling registreert. De apparatuur op het lichaam van de deelnemer is afgebeeld in Figuur 1. De Polar T31 hartslagmeter is bevestigd op de huid middels een borstband. De deelnemer heeft daarna tien

minuten plaatsgenomen op een

stoel. Tijdens die tien minuten heeft

de deelnemer de gelegenheid

gekregen om te wennen aan de

ademhaling met de meetapparatuur.

De rustwaarden zijn aan het eind van deze tien minuten genoteerd.

Vervolgens heeft de deelnemer gedurende zeven minuten zijn of haar eigen warming-up uitgevoerd met de meetapparatuur, waardoor ook gewenning tijdens inspanning kon plaatsvinden.



Figuur 1. Oxycon Mobile zoals aangebracht bij de deelnemers.

De test bestond uit twee delen. In het

eerste deel heeft de deelnemer aansluitend aan de warming-up 400 meter afgelegd in een voor hem of haar comfortabel, zelfgekozen tempo in een volledige ronde over de tartanbaan in de binnenste baan. Vervolgens heeft hij of zij één minuut rust gekregen. In het tweede deel is de deelnemer verzocht om vijf maal zo snel mogelijk 80 meter af te leggen in een rechte lijn. Tussen de herhalingen heeft de deelnemer één minuut rust gekregen. Na het voltooien van de inspanning is de deelnemer weer verzocht plaats te nemen op een stoel gedurende vijf minuten. Tijdens deze vijf minuten zijn de herstelwaarden genoteerd.

2.5 Data analyse

De data zijn ingevoerd in een database en zijn handmatig gecontroleerd op correctheid. De variabelen die geanalyseerd zijn voor dit onderzoek zijn de VO_2 in rust, de VO_2 tijdens het hardlopen, de Hf in rust, de Hf tijdens het hardlopen, de leeftijd van de deelnemer, de lichaamslengte en het lichaamsgewicht. Omdat de loopsnelheid tijdens de test varieerde tussen de deelnemers is er gekozen om een variabele te kiezen die de VO_2 in relatie tot de snelheid uitdrukt: de gangefficiëntie (GE). Deze is berekend door de gemiddelde zuurstofopname te delen door de gemiddelde snelheid. GE wordt uitgedrukt in milliliter zuurstof per kilogram lichaamsgewicht per meter ($ml\ O_2/kg/m$) (Hsu,

Nielsen, Lin-Chan, & Shurr 2006; Mengelkoch et al., 2014). Om een uitspraak te kunnen doen over de cardiorespiratoire fitheid van de deelnemers worden de maximaal behaalde VO_2 waarden tijdens de test ($VO_{2\text{piek}}$) vergeleken met de normwaarden voor de $VO_{2\text{max}}$. De normwaarden van de $VO_{2\text{max}}$ per leeftijd en geslacht zijn afgebeeld in Figuur 2.

Om de behaalde H_f uit te kunnen drukken als percentage van de voorspelde maximale hartslag ($H_{f_{\text{max}}}$) is er gebruik gemaakt van de formule $H_{f_{\text{max}}} = 208 - 0,7 \times (\text{leeftijd})$ (Tanaka, Monhah, & Seals, 2001). Wegens het geringe aantal deelnemers aan dit onderzoek zijn de data individueel beschreven. Daarnaast zijn er tabellen en lijndiagrammen opgesteld van de verzamelde data.

leeftijd	zeer zwak	zwak	matig	gemiddeld	goed	uitstekend	uitmuntend
mannen ($VO_{2\text{max}}$ in ml/kg/min)							
20-24	<32	32-37	38-43	44-50	51-56	57-62	>62
25-29	<31	31-35	36-42	43-48	49-53	54-59	>59
30-34	<29	29-34	35-40	41-45	46-51	52-56	>56
35-39	<28	28-32	33-38	39-43	44-48	49-54	>54
40-44	<26	26-31	32-35	36-41	42-46	47-51	>51
45-49	<25	25-29	30-34	35-39	40-43	44-48	>48
50-54	<24	24-27	28-32	33-36	37-41	42-46	>46
55-59	<22	22-26	27-30	31-34	35-39	40-43	>43
60-65	<21	21-24	25-28	29-32	33-36	37-40	>40
vrouwen ($VO_{2\text{max}}$ in ml/kg/min)							
20-24	<27	27-31	32-36	37-41	42-46	47-51	>51
25-29	<26	26-30	31-35	36-40	41-44	45-49	>49
30-34	<25	25-29	30-33	34-37	38-42	43-46	>46
35-39	<24	24-27	28-31	32-35	36-40	41-44	>44
40-44	<22	22-25	26-29	30-33	34-37	38-41	>41
45-49	<21	21-23	24-27	28-31	32-35	36-38	>38
50-54	<19	19-22	23-25	26-29	30-32	33-36	>36
55-59	<18	18-20	21-23	24-27	28-30	31-33	>33

Figuur 2. Normwaarden $VO_{2\text{max}}$ naar geslacht en leeftijd in ml/kg/min, overgenomen uit *Inspanningsfysiologie, oefentherapie en training* (p. 89) door J. de Morree, M. Jongert & G. van der Poel, 2011, Houten: Bohn Stafleu van Loghum. Copyright 1990, Shvartz.

2.6 Ethiek

De deelnemers zijn voorafgaand aan de testprocedure ingelicht over de risico's van het onderzoek middels een informatiebrief (Bijlage I). Bij ontvangst voorafgaand aan het onderzoek hebben zij de gelegenheid gekregen om vragen te stellen indien er onduidelijkheden waren. Alle deelnemers hebben een toestemmingsverklaring (Bijlage II) getekend waarin zij te kennen geven vrijwillig aan het onderzoek deel te nemen en op de hoogte te zijn van mogelijke risico's.

Alle verzamelde gegevens zijn strikt vertrouwelijk behandeld en worden niet verstrekt aan derden. De verzamelde gegevens zijn volledig geanonimiseerd alvorens ze gebruikt zijn in het onderzoeksverslag. De inspanning die tijdens het onderzoek is uitgevoerd, is vergelijkbaar met de inspanning tijdens een reguliere training van de deelnemers. De meetapparatuur die de deelnemers op het lichaam hebben gedragen, vormt geen extra lichamelijke belasting tijdens het hardlopen.

3. Resultaten

3.1 Kenmerken deelnemers

Aan deze studie hebben vier personen deelgenomen, twee deelnemers met een onderbeenprothese en twee valide deelnemers. In Tabel 1 zijn de kenmerken van de deelnemers weergegeven.

Tabel 1. Kenmerken van de deelnemers.

Eigenschap	Deelnemer 1	Deelnemer 2	Deelnemer 3	Deelnemer 4
Geslacht	Man	Man	Vrouw	Vrouw
Amputatie/valide	Amputatie	Valide	Amputatie	Valide
Leeftijd (jaren)	50	25	29	44
Lengte (cm)	179	180	170	180
Gewicht (kg)	86,4	79,1	62,9	70,5
Trainingsuren	3	2	4,5	1,5
hardlopen (per week)				
Hardloopervaring (jaren)	1	6	5	2
Andere sporten	Geen	Krachttraining	Geen	Zeilen

De amputatie van het onderbeen van deelnemer 1 heeft plaatsgevonden in 1998 als gevolg van een trauma. De deelnemer maakt gebruik van een prothese van Össur, model 'Flex Run'. Deze prothese is afgebeeld in Bijlage V.

De amputatie van het onderbeen van deelnemer 3 heeft plaatsgevonden in 2006 als gevolg van een tumor. De deelnemer maakt gebruik van een prothese van Ottobock, model '1E90'. Deze prothese is afgebeeld in Bijlage VI.

3.2 Overzicht behaalde waarden

In Tabel 2 zijn per deelnemer de behaalde waarden weergegeven tijdens de onderdelen van de test. Tijdens het uitvoeren van het eerste deel van de test, het afleggen van een ronde van 400m in een comfortabel tempo, ligt de nadruk meer op energielevering door het aerobe systeem dan tijdens de 5x80m sprint. Omdat de VO_2 waarde voornamelijk bepaald wordt door aerobe energielevering, is er gekozen om de voornamelijk de resultaten tijdens de 400m in een comfortabel tempo te beschrijven.

Tabel 2. Overzicht van de door de deelnemers behaalde waarden.

Rustmeting	Deelnemer 1	Deelnemer 2	Deelnemer 3	Deelnemer 4
	M ,prothese	M, valide	V, prothese	V, valide
VO ₂ (ml O ₂ /kg/min)	2,1 – 8,6	2,8 – 10,8	1,2- 7,2	1,4 – 5,1
Hf minimum (1/min)	65	59	83	94
400m comfortabel tempo				
Gemiddelde snelheid (km/u)	13,3	11,5	9,6	10,7
VO ₂ gem. (ml O ₂ /kg/min)	30,1	38,7	21,5	20,1
VO ₂ piek (ml O ₂ /kg/min)	41,3	45,7	25,1	25,1
VO ₂ max norm (categorie)	Goed	Goed	Zeer zwak	Zeer zwak
GE (ml O ₂ /kg/m)	0,14	0,20	0,13	0,11
Hf _{piek} (1/min)	156	174	198	182
Hf _{max} (%)	90	91	105	103
5x80m sprint				
VO ₂ piek (ml O ₂ /kg/min)	31,2	50,8	22,5	24,4
Hf _{piek} (1/min)	167	183	193	185

Legenda. M = man, V = vrouw, VO₂ = zuurstofopname, VO₂ gem. = gemiddelde zuurstofopname, Hf = hartslag, VO₂piek = hoogst behaalde VO₂ waarde tijdens de test, VO₂max = maximale zuurstofopname, GE = gangefficiëntie, Hf_{piek} = maximaal behaalde hartslag tijdens de test, Hf_{max} = maximale hartfrequentie.

In Figuur 3 is het verloop van de VO₂ en Hf van de deelnemers tijdens de 400m afgebeeld.

3.2.1 Deelnemer 1

De grafiek laat zien dat de VO₂ en Hf nog aan het stijgen waren tijdens het beëindigen van de 400m. Dit betekent dat de daadwerkelijke VO₂max mogelijk hoger ligt dan de behaalde VO₂piek tijdens de 400m. De Hf is verder gestegen tijdens de 5x80 meter sprint, terwijl de VO₂piek is behaald tijdens de 400m. De GE tijdens de 400m bedroeg 0,14 ml O₂/kg/m.

3.2.2 Deelnemer 2

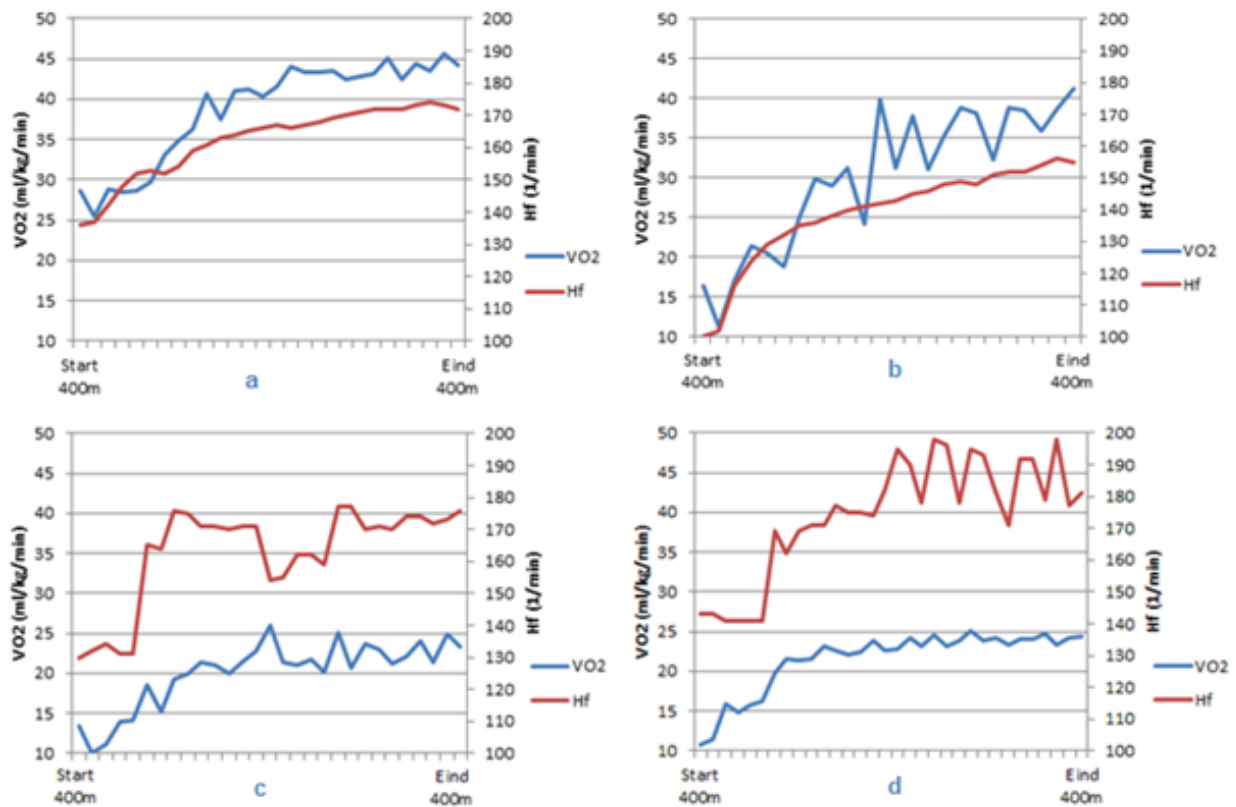
De VO₂ en Hf waren nog aan het stijgen tijdens het beëindigen van de 400m. Dit betekent dat de daadwerkelijke VO₂max mogelijk hoger ligt dan de hoogst behaalde VO₂ waarde tijdens de 400m. Dat wordt bevestigd door het behalen van de VO₂piek tijdens de 5x80 meter sprint. Tijdens dit onderdeel werd ook de hoogste Hf geregistreerd. De GE tijdens de 400m bedroeg 0,20 ml O₂/kg/m.

3.2.3 Deelnemer 3

De grafiek toont dat halverwege de 400m de maximale waarden voor zowel de VO₂ als de Hf zijn behaald. Deze waarden zijn niet meer verder gestegen in de 5x80m sprint. Het is daardoor aannemelijk dat de VO₂piek van deelnemer 3 dicht bij haar VO₂max ligt. De GE tijdens de 400m bedroeg 0,13 ml O₂/kg/m.

3.2.4 Deelnemer 4

De VO_2 piek is reeds vroeg tijdens de 400m behaald. De Hf is verder gestegen tijdens de 5x80m sprint. Het is aannemelijk dat de behaalde VO_2 piek dicht bij de VO_{2max} van deelnemer 4 ligt. De GE tijdens de 400m bedroeg 0,11 ml O_2 /kg/m.



Legenda. VO_2 = zuurstofopname, Hf = hartfrequentie.

Figuur 3. Grafiek van de behaalde VO_2 en Hf waarden tijdens de 400m op comfortabel tempo per deelnemer: deelnemer 1 (a), deelnemer 2 (b), deelnemer 3 (c) en deelnemer 4 (d).

4. Discussie

Het doel van deze case-study was om de VO_2 te beschrijven bij mensen die hardlopen met een transtibiale prothese ten opzichte van valide personen die hardlopen.

4.1 Interpretatie resultaten

4.1.1 Gemiddelde VO_2 tijdens de 400m

Op basis van reeds uitgevoerde studies was de verwachting dat de gemiddelde VO_2 tijdens de ronde van 400m hoger is bij de deelnemers met een prothese dan bij de valide deelnemers (Mengelkoch et al., 2014; Starholm et al., 2015). In deze case-study is dit echter alleen het geval bij de vrouwelijke deelnemers. De mannelijke valide deelnemer heeft een hogere gemiddelde VO_2 ten opzichte van de mannelijke deelnemer met de prothese. In de studies van Mengelkoch et al. (2014) en Starholm et al. (2015) is echter geen rekening gehouden met de VO_{2max} van de deelnemers. Om de fysieke belasting nauwkeuriger te kunnen berekenen, kan de gemiddelde VO_2 waarde uitgedrukt worden als percentage van de VO_{2max} (Gjovaag, Starholm, Mirtaheri, Hegge, & Skjetne, 2013). Wanneer tijdens aanhoudende inspanning gedurende een halve minuut de VO_2 piek niet meer dan 2 ml/kg/min stijgt, is het aannemelijk dat de VO_2 piek de daadwerkelijke VO_{2max} van de deelnemer is (Aspenes et al., 2011). De vrouwelijke deelnemers hebben deze plateaufase bereikt, waardoor kan worden gesteld dat de VO_2 piek die zij tijdens de test hebben behaald hun daadwerkelijke VO_{2max} is. Ook bereikten zij tijdens de test, in tegenstelling tot de mannelijke deelnemers, hun voorspelde maximale hartslag. Met deze berekening heeft de vrouwelijke deelnemer met prothese de 400m afgelegd op een hoger percentage van haar VO_{2max} dan de vrouwelijke valide deelnemer. Het is aannemelijk dat de mannelijke deelnemers niet hun VO_{2max} hebben bereikt tijdens de test, waardoor de berekening niet kan worden toegepast.

4.1.2 Gangefficiëntie tijdens de 400m

Omdat de loopsnelheid tijdens de test varieerde tussen de deelnemers is er gekozen om een variabele te kiezen die de VO_2 in relatie tot de snelheid uitdrukt: de GE. Deze is berekend door de gemiddelde zuurstofopname te delen door de gemiddelde snelheid. Een lage GE waarde vertegenwoordigt een efficiëntere gang. Reeds uitgevoerde studies tonen aan dat mensen met een prothese een minder efficiënt gangpatroon (hogere GE waarde) hebben tijdens wandelen en hardlopen ten opzichte van valide personen (Hsu et al., 2006; Mengelkoch et al., 2014). Bij de vrouwelijke deelnemers in deze case-study is dat wel het geval, maar de mannelijke deelnemer met een prothese vertoont een efficiëntere gang dan de mannelijke valide deelnemer. Dit kan veroorzaakt worden door een verminderde looptechniek van de valide deelnemer ten opzichte van andere valide hardlopers. Ook heeft het soort prothese en de afstelling van de prothese een grote invloed op de GE waarde. Een betere prothese zorgt voor kleinere verschillen met valide hardlopers (Brown et al., 2009; Mengelkoch et al., 2014; Nolan, 2008).

4.1.3 Cardiorespiratoire fitheid

Op basis van de VO_2 max kan een uitspraak gedaan worden over de cardiorespiratoire fitheid van de deelnemers (Pescatello et al., 2014). Zoals in paragraaf 4.1.1 werd besproken, is het aannemelijk dat de VO_2 piek van de vrouwelijke deelnemers overeen komt met hun daadwerkelijke VO_2 max. De daadwerkelijke VO_2 max van de mannelijke deelnemers is minimaal gelijk aan hun VO_2 piek tijdens de test, maar ligt waarschijnlijk hoger. Op basis van de normgegevens in Figuur 2 scoren beide mannelijke deelnemers minimaal in de categorie 'goed' terwijl de VO_2 max van de vrouwelijke deelnemers als 'zeer zwak' beoordeeld wordt. Beide vrouwelijke deelnemers hebben ook een relatief hoge rusthartslag. De vrouwelijke valide deelnemer gaf aan hiermee bekend te zijn, maar kon geen oorzaak aanduiden. Er zijn veel factoren die invloed kunnen hebben op de rusthartslag, zoals stress, het tijdstip van de laatste maaltijd en de inname van cafeïne (Compher, Frankenfield, Keim, & Roth-Yousey, 2006). Deze factoren zijn niet bevraagd voor aanvang van de test. De vrouwelijke deelnemer met een prothese is volgens de trainer van Prothese Sport overtraint. Overtraining kan resulteren in een verhoogde rusthartslag en een afname van de VO_2 waarde (Meeusen et al., 2013). Wanneer de symptomen niet tijdig worden gesignaleerd, kunnen de prestaties gedurende weken of zelfs maanden nadelig beïnvloed worden. Dit is een mogelijke verklaring voor de lage VO_2 piek. Naast de overtraining als mogelijke oorzaak voor de hoge rusthartslag en de beperkte prestaties, kan ook een veranderd metabolisme op basis van de amputatie een rol spelen bij deelnemer 3. De VO_2 max wordt bepaald door de hartfrequentie, het slagvolume en het arterioveneus zuurstofverschil (Esposito et al., 2014). Kurdibaylo (1996) beschrijft een afname van het slagvolume na een amputatie van een ledemaat. Om tot een zelfde VO_2 max te komen met een lager slagvolume dient de hartfrequentie verder toe te nemen. Wanneer de hartfrequentie zijn maximale waarde bereikt, kan de VO_2 waarde niet verder stijgen.

4.2 Sterkten en beperkingen

4.2.1 Deelnemers

Het aantal deelnemers aan dit onderzoek is gering, omdat het een case-study betreft. Tijdens de periode waarin de metingen hebben plaatsgevonden, trainden er slechts twee atleten met een transtibiale amputatie en een sportprothese bij Prothese Sport. Om tot een groter aantal deelnemers te komen, is er contact opgenomen met andere trainingsgroepen in Nederland. In de testperiode waren deze atleten niet beschikbaar. De deelnemers die wel zijn getest, hebben zeer uiteenlopende eigenschappen. Er zijn verschillen in leeftijd, het aantal trainingsuren per week en de afstand die zij lopen. Beide atleten met een prothese zijn sprinters, terwijl de twee valide deelnemers voornamelijk duursport beoefenen. Omdat duursporters tijdens trainingen en wedstrijden meer gebruik maken van aerobe energielevering ten opzichte van sprinters, ontwikkelen zij een hogere VO_2 max (Kusy & Zielinski, 2014). Op basis van deze case-study kunnen geen conclusies worden getrokken over de verschillen tussen andere hardlopers met een prothese en valide personen die hardlopen. Om hier

een uitspraak over te kunnen doen, dient een grotere studie uitgevoerd te worden met meer deelnemers.

4.2.2 Protocol

Tijdens de training van de atleten met een prothese worden zowel duurinspanningen als sprintinspanningen uitgevoerd. Door het opnemen van de 400m op comfortabel tempo en de 5x80m sprint in het meetprotocol zijn beide facetten gemeten. De afstanden in het protocol zijn afgestemd op de capaciteiten van de atleten van Prothese Sport na overleg met hun trainers. Alle deelnemers hebben voorafgaand aan de meting gedurende zeven minuten een warming-up uitgevoerd. De deelnemers mochten de warming-up echter zelf indelen waardoor er veel variatie is in de beginwaarden van de 400m op comfortabel tempo. Het uitvoeren van de test op de atletiekbaan in plaats van op een loopband draagt bij aan het zo dicht mogelijk benaderen van de trainingssituatie. Uit onderzoek blijkt dat tijdens het hardlopen op de loopband een verminderde gangefficiëntie optreedt (Moses, Tippi, Moses, Durussel, & Mäestu, 2015). Daarnaast hebben de deelnemers de 400m afgelegd op een zelfgekozen tempo. Het meest efficiënte wandel- en hardlooptempo van mensen met een prothese varieert ten opzichte van valide personen (Genin et al., 2008). Doordat de deelnemers het tempo zelf konden bepalen, heeft iedereen de mogelijkheid gekregen om op zijn of haar meest efficiënte tempo te lopen tijdens de 400m.

4.2.3 Oxycon Mobile

De Oxycon Mobile is een valide meetinstrument om de VO_2 te bepalen tijdens een veldtest (Salier Eriksson et al., 2012). Ten opzichte van de Oxycon Pro, de laboratoriumvariant van de Oxycon Mobile, onderschat de Oxycon Mobile de VO_2 waarden echter systematisch (Diaz et al., 2008; Perret & Mueller, 2006). De verschillen variëren van 110 ml O_2 /min tot 412 ml O_2 /min. Wanneer deze waarde gedeeld wordt door het lichaamsgewicht van de deelnemer blijkt dat de VO_2 piek van deelnemer 3 mogelijk tot 6,6 ml O_2 /kg/min hoger ligt dan de gemeten waarde in dit onderzoek. De VO_2 piek bedraagt mogelijk 31,7 ml O_2 /kg/min, waardoor de classificatie van deelnemer 3 'matig' zou zijn in plaats van 'zeer zwak'. Deze verschillen beïnvloeden echter zowel de resultaten van de atleten met een prothese, als van de valide deelnemers. Het is aannemelijk dat het verschil tussen de Oxycon Mobile en de Oxycon Pro wordt veroorzaakt door de verschillende soorten sensors die gebruikt worden om de gasanalyse uit te voeren (Diaz et al., 2008; Perret & Mueller, 2006).

4.2.4 Rustwaarden

De gemeten VO_2 waarden tijdens de test zijn niet gecorrigeerd voor de rustwaarden. Om de rustwaarden van de VO_2 betrouwbaar te bepalen, dient de deelnemer gedurende 30 minuten, bij voorkeur in ruglig, gemeten te worden (Cunha et al., 2013). Hierbij is ook de inname van cafeïne, de sportactiviteit en het nuttigen van maaltijden voorafgaand aan de meting van invloed. Omdat de deelnemers aan deze case-study allen overdag werkzaam waren, was het niet mogelijk om deze factoren te beïnvloeden. Door beperkingen in de duur van het testprotocol is er een rustmeting uitgevoerd van tien minuten. Tijdens de rustmeting voorafgaand aan de test fluctueerden de

rustwaarden en werd geen constante waarde bereikt. Er kan daardoor slechts een range worden gegeven waar de rustwaarden tussen fluctueerden.

4.2.5 Borg Ratings of Perceived Exertion (RPE)-schaal

Tijdens de testprocedure zijn enkel fysiologische data verzameld met behulp van de Oxycon Mobile. Er zijn geen subjectieve data verzameld, zoals de Borg RPE-score. De Borg RPE-schaal is een meetinstrument waarbij de deelnemer de mate van inspanning kan aangeven op een schaal van zes (helemaal geen inspanning) tot twintig (maximale inspanning) (Coquart, Garcin, Parfitt, Tourny-Chollet, & Eston, 2014). Wanneer de Borg RPE-schaal wordt afgenomen tijdens een submaximale of maximale inspanningstest is de score op de Borg RPE-schaal gerelateerd aan het percentage van de $VO_2\text{max}$ (Alberton et al., 2016; Coquart et al., 2014). Op basis van de score op de Borg RPE-schaal tijdens een submaximale inspanning kan de $VO_2\text{max}$ voorspeld worden (Coquart et al., 2014). Dit had ingezet kunnen worden in deze case-study om de $VO_2\text{max}$ van de mannelijke deelnemers te voorspellen, ondanks dat zij de $VO_2\text{max}$ tijdens de test niet hebben bereikt.

4.3 Fysiotherapeutische relevantie

Wegens het lage aantal deelnemers kan er geen uitspraak worden gedaan over de juistheid van de omrekentabel die de trainers van Prothese Sport momenteel hanteren. De resultaten van deze case-study geven wel inzicht in de individuele belastbaarheid van de atleten van Prothese Sport. De mannelijke atleet met een prothese (deelnemer 1) kan aansluitend 400m afleggen zonder een maximale inspanning te verrichten. De vrouwelijke atlete met een prothese (deelnemer 3) heeft reeds na 200m haar Hf_{max} en $VO_2\text{max}$ bereikt. Dit is bijvoorbeeld van belang bij de keuze van een afstand voor de warming-up en de duurtraining. De vrouwelijke atlete hoeft slechts een kortere afstand in een lager tempo af te leggen ten opzichte van de mannelijke atleet om dezelfde belasting te bereiken. Daarnaast zijn er aanwijzingen in de testresultaten dat er daadwerkelijk sprake is van overtraining van de vrouwelijke atlete. De atlete vertoont een hoge rusthartslag, verminderd prestatievermogen en een lage $VO_2\text{max}$. De resultaten zijn aanleiding om de trainingsbelasting te verlagen.

4.4 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Op basis van deze case-study is het aanbevolen om vervolgonderzoek te verrichten naar de verschillen in zuurstofopname tussen mensen die hardlopen met een prothese en valide personen. Wanneer een grote groep participanten met homogene eigenschappen (waaronder leeftijd, lengte, lichaamssamenstelling en trainingsfrequentie) wordt getest, kan de omrekentabel mogelijk bevestigd of verworpen worden. De sterke punten en beperkingen van deze case-study kunnen meegewogen worden in het inrichten van het vervolgonderzoek. Zo wordt aanbevolen om de rustmeting gedurende 30 minuten uit te voeren in rust, een protocol voor de warming-up op te stellen, de Borg RPE-schaal te gebruiken om de subjectieve mate van inspanning te bepalen en van alle deelnemers de $VO_2\text{max}$ te bepalen middels een maximale inspanningstest. Een maximale inspanningstest binnen een laboratorium is de gouden standaard om de $VO_2\text{max}$ te bepalen (Pescatello, Arena, Riebe & Thompson, 2014).

5. Conclusie

Op basis van deze case-study kan de omrekentabel van de trainers van Prothese Sport niet bevestigd of verworpen worden. Een studie met een grotere populatie is nodig om hier een uitspraak over te kunnen doen. Deze case-study biedt wel inzicht in de cardiorespiratoire fitheid van de atleten van Prothese Sport. De mannelijke atleet beschikt over een goede cardiorespiratoire fitheid. De vrouwelijke atlete heeft een lage cardiorespiratoire fitheid en vertoont tekenen van overtraining.

Literatuuroverzicht

- Alberton, C. L., Pinto, S. S., Gorski, T., Antunes, A. H., Finatto, P., Cadore, E. L., Bergamin, M. & Krueger, L. F. M. (2016). Rating of perceived exertion in maximal incremental tests during head-out water-based aerobic exercises. *Journal of Sports Sciences*, 34(18), 1691–1698.
- Aspenes, S. T., Nilsen, T. I. L., Skaug, E., Bertheussen, G. F., Ellingsen, Ø., Vatten, L. & Wisløff, U. (2011). Peak oxygen uptake and cardiovascular risk factors in 4631 healthy women and men. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(8), 1465–1473.
- Aune, D., Norat, T., Leitzmann, M., Tonstad, S. & Vatten, L. J. (2015). Physical activity and the risk of type 2 diabetes: A systematic review and dose-response meta-analysis. *European Journal of Epidemiology*, 30(7), 529–542.
- Bragaru, M., Dekker, R., Geertzen, J. H. B. & Dijkstra, P. U. (2011). Amputees and Sports A Systematic Review. *Sports Medicine*, 41(9), 721–740.
- Bragaru, M., Meulenbelt, H. E. J., Dijkstra, P. U., Geertzen, J. H. B. & Dekker, R. (2013). Sports participation of Dutch lower limb amputees. *Prosthetics and Orthotics International*, 37(6), 454–8.
- Brown, M. B., Millard-Stafford, M. L., & Allison, A. R. (2009). Running-specific prostheses permit energy cost similar to nonamputees. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(5), 1080–1087.
- CBS. (2016). Leefstijl en (preventief) gezondheidsonderzoek; persoonskenmerken. Geraadpleegd op 12 maart 2016, van <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=83021NED&D1=24-31&D2=0,5-13,37-41&D3=0&D4=I&HD=150422-0951&HDR=T&STB=G1,G2,G3>
- Compher, C., Frankenfield, D., Keim, N. & Roth-Yousey, L. (2006). Best Practice Methods to Apply to Measurement of Resting Metabolic Rate in Adults: A Systematic Review. *Journal of the American Dietetic Association*, 106(6), 881–903.
- Coquart, J. B., Garcin, M., Parfitt, G., Tourny-Chollet, C. & Eston, R. G. (2014). Prediction of maximal or peak oxygen uptake from ratings of perceived exertion. *Sports Medicine*, 44(5), 563–578.
- Cordero, A., Masiá, M. D. & Galve, E. (2014). Physical Exercise and Health. *Revista Espanola de Cardiologia*, 67(9), 748–753.
- Cunha, F. A., Midgley, A. W., Monteiro, W., Freire, R., Lima, T. & Farinatti, P. T. V. (2013). How long does it take to achieve steady state for an accurate assessment of resting VO₂ in healthy men? *European Journal of Applied Physiology*, 113(6), 1441–1447.

- Dal, U., Erdogan, T., Resitoglu, B. & Beydagi, H. (2010). Determination of preferred walking speed on treadmill may lead to high oxygen cost on treadmill walking. *Gait and Posture*, 31(3), 366–369.
- de Morree, J. J., Jongert, M. W. A. & van der Poel, G. (2011). *Inspanningsfysiologie, oefentherapie en training*. (2e Druk). Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- Di Russo, F., Bultrini, A., Brunelli, S., Delussu, A. S., Polidori, L., Taddei, F., Traballes, M. & Spinelli, D. (2010). Benefits of Sports Participation for Executive Function in Disabled Athletes. *Journal of Neurotrauma*, (27), 2309–2319.
- Diaz, V., Benito, P. J., Peinado, A. B., Álvarez, M., Martín, C., Di Salvo, V., Pigozzi, F., Maffulli N & Calderón, F. J. (2008). Validation of a new portable metabolic system during an incremental running test. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7(4), 532–536.
- Esposito, E. R., Rodriguez, K. M., Ràbago, M. S. C. A., Wilken, J. M., Ràbago, C. A. & Wilken, J. M. (2014). Does unilateral transtibial amputation lead to greater metabolic demand during walking? *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 51(8), 1287–1296.
- Geertzen, J. H. B. & Rietman, J. S. (2008). *Amputatie en prothesiologie van de onderste extremititeit* (2e druk). Den Haag: Uitgeverij LEMMA.
- Genin, J. J., Bastien, G. J., Franck, B., Detrembleur, C. & Willems, P. A. (2008). Effect of speed on the energy cost of walking in unilateral traumatic lower limb amputees. *European Journal of Applied Physiology*, 103, 655–663.
- Gjovaag, T., Starholm, I. M., Mirtaheri, P., Hegge, F. W. & Skjetne, K. (2013). Assessment of aerobic capacity and walking economy of unilateral transfemoral amputees. *Prosthetics and Orthotics International*, 38(2), 140–147.
- Hsu, M. J., Nielsen, D. H., Lin-Chan, S. J. & Shurr, D. (2006). The effects of prosthetic foot design on physiologic measurements, self-selected walking velocity, and physical activity in people with transtibial amputation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(1), 123–129.
- Karmarkar, A. M., Collins, D. M., Wichman, T., Franklin, A., Fitzgerald, S. G., Dicianno, B. E., Pasquina P. F. & Cooper, R. A. (2009). Prosthesis and wheelchair use in veterans with lower-limb amputation. *Journal Of Rehabilitation Research And Development*, 46(5), 567–576.
- Kurdibaylo, S. F. (1996). Obesity and metabolic disorders in adults with lower limb amputation. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 33(4), 387–394.
- Kusy, K. & Zielinski, J. (2014). Aerobic capacity in speed-power athletes aged 20-90 years vs endurance runners and untrained participants. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24, 68–79.

- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J. & Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the european college of sport science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(1), 186–205.
- Mengelkoch, L. J., Kahle, J. T. & Highsmith, M. J. (2014). Energy costs & performance of transtibial amputees & non-amputees during walking & running. *International Journal of Sports Medicine*, 35(14), 1223–1228.
- Mooses, M., Tippi, B., Mooses, K., Durussel, J. & Mäestu, J. (2015). Better economy in field running than on the treadmill: Evidence from high-level distance runners. *Biology of Sport*, 32(2), 155–159.
- Nolan, L. (2008). Carbon fibre prostheses and running in amputees: A review. *Foot and Ankle Surgery*, 14(3), 125–129.
- Perret, C. & Mueller, C. (2006). Validation of a new portable ergospirometric device (Oxycon Mobile) during exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 27(5), 363–367.
- Pescatello, L. S., Arena, R., Riebe, D. & Thompson, P. D. (2014). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. (9th Ed.). Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- Salier Eriksson, J., Rosdahl, H. & Schantz, P. (2012). Validity of the Oxycon Mobile metabolic system under field measuring conditions. *European Journal of Applied Physiology*, 112(1), 345–355.
- Schmalz, T., Blumentritt, S. & Jarasch, R. (2002). Energy expenditure and biomechanical characteristics of lower limb amputee gait : The influence of prosthetic alignment and different prosthetic components, 16(3), 255–263.
- Starholm, I. M., Mirtaheri, P., Kapetanovic, N., Versto, T., Skyttemyr, G., Westby, F. T. & Gjovaag, T. (2015). Energy expenditure of transfemoral amputees during floor and treadmill walking with different speeds. *Prosthetics and Orthotics International*, 40(3), 336–342.
- Tanaka, H., Monhah, K. & Seals, D. (2001). Age-predicted maximum heart rate revisited. *Journal of Americal College of Cardiology*, 37(1), 153–156.
- Traballesi, M., Porcacchia, P., Aversa, T. & Brunelli, S. (2008). Energy cost of walking measurements in subjects with lower limb amputations: A comparison study between floor and treadmill test. *Gait and Posture*, 27(1), 70–75.
- Vllasolli, T. O., Zafirova, B., Orovcanec, N., Poposka, A., Murtezani, A. & Krasniqi, B. (2014). Energy expenditure and walking speed in lower limb amputees: A cross sectional study. *Ortopedia*

Traumatologia Rehabilitacja, 16(4), 419–426.

Wipfli, B., Landers, D., Nagoshi, C. & Ringenbach, S. (2011). An examination of serotonin and psychological variables in the relationship between exercise and mental health. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(3), 474–481.

Bijlage I – Informatiebrief

Beschrijving van de zuurstofopname en de hartfrequentie bij hardlopers met een transtibiale hardloop prothese

Geachte deelnemer,

Wij zijn drie vierdejaars studenten van de opleiding fysiotherapie op de Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven. Wij zijn momenteel bezig met ons afstudeeronderzoek. Deze brief geeft informatie met betrekking tot de inhoud van ons onderzoek, ook staat er in vermeld wat er van u als deelnemer verwacht wordt. Wij verzoeken u de onderstaande informatie te lezen. Indien u naar aanleiding van het onderzoek nog vragen heeft, neem dan contact op met ons voor meer informatie.

Het doel van het project:

Trainers in de begeleiding van transtibiale amputatie (TTA)-hardlopers bij Atletiek Eindhoven hebben opgemerkt dat trainingsprincipes die gebruikt worden bij valide lopers niet goed toepasbaar zijn bij deze doelgroep. Veelal worden de trainingen opgesteld voor valide lopers te zwaar geacht door TTA-hardlopers. Het is dus mogelijk dat trainingsprincipes gericht op de hartslag of de zuurstofopname niet of minder goed toepasbaar zijn bij het trainen van TTA-hardlopers. Om een verduidelijking te geven omtrent de hartfrequentie en zuurstofopname tijdens een training van TTA-hardlopers binnen Atletiek Eindhoven willen wij hier onderzoek naar doen. Het doel van dit onderzoek is het beschrijven van de hartfrequentie en zuurstofopname van TTA-hardlopers binnen een trainingssituatie.

Wat wordt er van u verwacht?

Van u wordt verwacht dat u ongeveer 40 minuten aanwezig bent bij Atletiek Eindhoven. U heeft minimaal 48 uur voor het onderzoek voor het laatst getraind. We meten op de tartanbaan van Atletiek Eindhoven.

U wordt apart genomen en we verzoeken u om deze informatiebrief te lezen en een toestemmingsverklaring te tekenen. Vervolgens krijgt u een vragenlijst met een aantal vragen omtrent uw amputatie, prothese en algemene gegevens. Hierna wordt uw lengte in centimeters en uw gewicht in kilogram zonder prothese gemeten.

Vervolgens wordt het meetapparaat bij u aangebracht. Het betreft een Oxycon Mobile en een Polar T31 borstband hartslagmeter. De Oxycon Mobile is een apparaat dat de zuurstofopname meet. Dit apparaat weegt +/- 1 kg en wordt via een harnas aan uw bovenlijf gebonden. Om de zuurstofopname te meten krijgt u een mondkap over de neus en mond geplaatst, dit kan onaangenaam aanvoelen tijdens het ademen. De Polar T31 borstband hartslagmeter is een dunne band die aan uw borstkas bevestigd wordt door middel van een elastiek, hieronder zit contactgel die koud aan kan voelen op de huid.

Als de apparaten bevestigd zijn wordt u verzocht om 10 minuten op een stoel te gaan zitten. Dit om te wennen aan de ademhaling door het apparaat en voor ons om een basis rustmeting te doen.

Vervolgens wordt u verzocht om uw normale warming-up uit te gaan voeren op de baan. Zo kunt u wennen aan het apparaat tijdens activiteit.

Als u klaar bent met uw warming-up gaat u 5 maal 80 meter sprinten. Deze 80 meter loopt u zo snel mogelijk, dus zoals u tijdens een training ook zou lopen. Na elke 80 meter krijgt u 30 seconden rust. Als u 5 maal 80 meter gelopen heeft verzoeken wij u om de meetapparatuur nog 5 minuten te dragen. Tijdens deze 5 minuten kunnen wij meten hoe de waarden weer zakken in vergelijking tot een rustwaarde. Hierna zal de meting stoppen en koppelen we u af van de apparaten.

Wat wordt er met de verzamelde gegevens gedaan?

De gegevens die in dit onderzoek verzameld worden zullen als vertrouwelijk worden beschouwd. De resultaten van dit onderzoek zullen gebruikt worden in 3 verschillende scripties gepresenteerd op Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven. De gegevens die in dit onderzoek verzameld worden, worden volledig geanonimiseerd vermeld in de verslagen. Het is mogelijk dat deze afstudeerscripties gepubliceerd worden op het internet. Ook kan het mogelijk zijn dat deze gegevens voor vervolgstudies gebruikt worden.

Als U het leuk vindt om de resultaten in te zien aan het einde van het project kunt u contact op nemen met k.vanhintum@student.fontys.nl, n.jorissen@student.fontys.nl, r.heijnen@student.fontys.nl. Indien u contact wilt opnemen met de begeleider van dit onderzoek kan dit via s.onkelinx@fontys.nl. Tenslotte is het belangrijk om te weten dat de deelname aan dit onderzoek vrijwillig is en u vrij bent om niet te participeren. Ook kunt u ten alle tijden uw deelname aan het onderzoek intrekken. Indien u verdere vragen hebt over ons onderzoek neem dan gerust contact met ons op via de bovenstaande email adressen.

Bedankt voor uw tijd!

Met vriendelijke groet,

Nick Jorissen, Kevin van Hintum, Robin Heijnen

Bijlage II – Toestemmingsverklaring

Onderzoek

Beschrijving van de zuurstofopname en de hartfrequentie bij hardlopers met een transtibiale prothese.

Verklaring deelnemer

Ik ben op de hoogte gebracht van dit onderzoek middels een informatiebrief. De inhoud van deze brief heb ik nauwkeurig gelezen en heb ik volledig begrepen. Indien er onduidelijkheden waren met betrekking tot het onderzoek heb ik de onderzoekers hier vragen over kunnen stellen. Deze vragen zijn naar tevredenheid beantwoord. Ik neem vrijwillig deel aan dit onderzoek en ben op de hoogte van eventuele risico's die het onderzoek met zich meebrengt. Ik begrijp dat ik het onderzoek op ieder moment kan staken zonder opgave van een reden. Ik ben ervan op de hoogte dat mijn persoonlijke gegevens enkel voor dit onderzoek worden gebruikt en niet met derden worden gedeeld.

Naam deelnemer:

.....

Handtekening deelnemer:

.....

Ondertekend op .. - .. - .., te

Verklaring onderzoekers

De onderzoekers verklaren hierbij dat de deelnemers zowel schriftelijk als mondeling op de hoogte zijn gebracht van de inhoud van het onderzoek. Hierbij zijn de deelnemers geïnformeerd over de mogelijke risico's met betrekking van het onderzoek. De deelnemers zijn vooraf geïnformeerd dat de deelnemer het onderzoek op ieder moment mag staken zonder opgave van een reden. De deelnemers zijn ervan op de hoogte gebracht dat deelname aan het onderzoek volledig vrijwillig is. Eventuele vragen van de deelnemers zijn zo volledig mogelijk beantwoord.

Naam onderzoekers:

Nick Jorissen

Kevin van Hintum

Robin Heijnen

Handtekening onderzoekers:

.....

.....

.....

Ondertekend op .. - .. - .., te

Bijlage III – Vragenlijst algemene gegevens

Beste deelnemer,

U heeft er voor gekozen om mee deel te nemen aan dit onderzoek. Allereerst willen we U bedanken voor uw tijd om ons te helpen. We zouden graag willen dat u deze vragenlijst invult om algemene gegevens over u en uw hardloopprothese te verzamelen. Ook zullen er enkele metingen verricht worden.

Algemene vragen

1. Naam:
.....
2. Geboortedatum:
.....
3. Geslacht:
 - ☐ Man
 - ☐ Vrouw
4. Lengte in centimeters:
.....
5. Gewicht in kilogram:
.....
6. Overige medische aandoeningen:
.....

Vragen gericht op de amputatie

1. Jaartal van de amputatie:
.....
2. Oorzaak amputatie:
.....
3. Stomplengte (gemeten vanaf de gewrichtsspleet van de knie)
.....

Vragen gericht op de prothese

1. Van welk merk is uw hardloopprothese:
.....
2. Van welk type is uw hardloopprothese:
.....
3. Wat is de mate van stijfheid van uw hardloopprothese:
.....

Vragen gericht op sport:

1. Hoe lang loopt u al hard met uw hardloopprothese:
.....
2. Hoeveel uur traint u per week met de prothese:
.....
3. Hoeveel wedstrijden loopt u gemiddeld per jaar:
.....
4. Beoefent u nog andere vormen van sport:
.....

Bijlage IV – Geheimhoudingsverklaring

Naam: Robin Heijnen

Studentnr°: 2205245

Titel: Beschrijving van de zuurstofopname van hardlopers met een transtibiale prothese tijdens training.

Inhoud (omschrijving):

Metten van de zuurstofopname tijdens hardlopen bij hardlopers met een transtibiale prothese. Onderzoek in opdracht van A. van Doorn, namens Prothese Sport. Er zullen voor aanvang van het onderzoek persoonlijke gegevens worden verzameld. Daarnaast worden gegevens verkregen uit metingen. Het lichaamsgewicht zal gemeten worden en de zuurstofopname zal gemeten worden middels de Oxycon Mobile. De metingen vinden plaats op de atletiekbaan van Eindhoven Atletiek en de deelnemers worden aangeleverd door de opdrachtgever A. van Doorn.

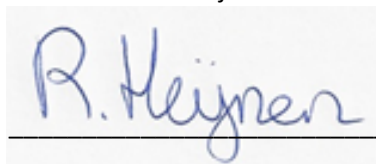
1. Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven verbindt zich door ondertekening van deze verklaring, informatie met betrekking tot de verstrekte gegevens en uit onderzoek verkregen resultaten waarvan in het kader van bovengenoemd project praktijkgericht onderzoek kennis wordt genomen en waarvan bekend is of redelijkerwijs begrepen kan worden dat dit als geheim of vertrouwelijk wordt beschouwd, strikt geheim te houden.

2. Tevens geldt deze geheimhoudingsverplichting voor de werknemers van Fontys Paramedische Hogeschool, evenals voor anderen die op enigerlei wijze uit hoofde van hun functie toegang hebben of kennis nemen van bedoelde informatie.

3. Bovenstaande laat onverlet dat de student het project praktijkgericht onderzoek kan uitvoeren volgens geldende voorschriften en regels.

Student:

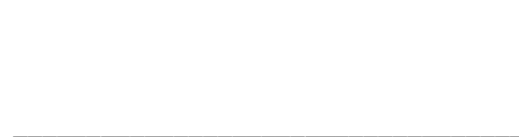
Naam: Robin Heijnen



(handtekening) Datum: 23/3/2016

Begeleider:

Naam: Steven Onkelinx



(handtekening) Datum: __/__/__

PGO-coördinator: voor ontvangst

Naam: _____

(handtekening) Datum: __/__/__

Bijlage V – Afbeelding Össur Flex Run



Bijlage VI – Afbeelding Ottobock 1E90

