

VU Research Portal

Optimizing Prosthetic Gait

Wezenberg, D.

2013

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Wezenberg, D. (2013). *Optimizing Prosthetic Gait: Balancing capacity and load*.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

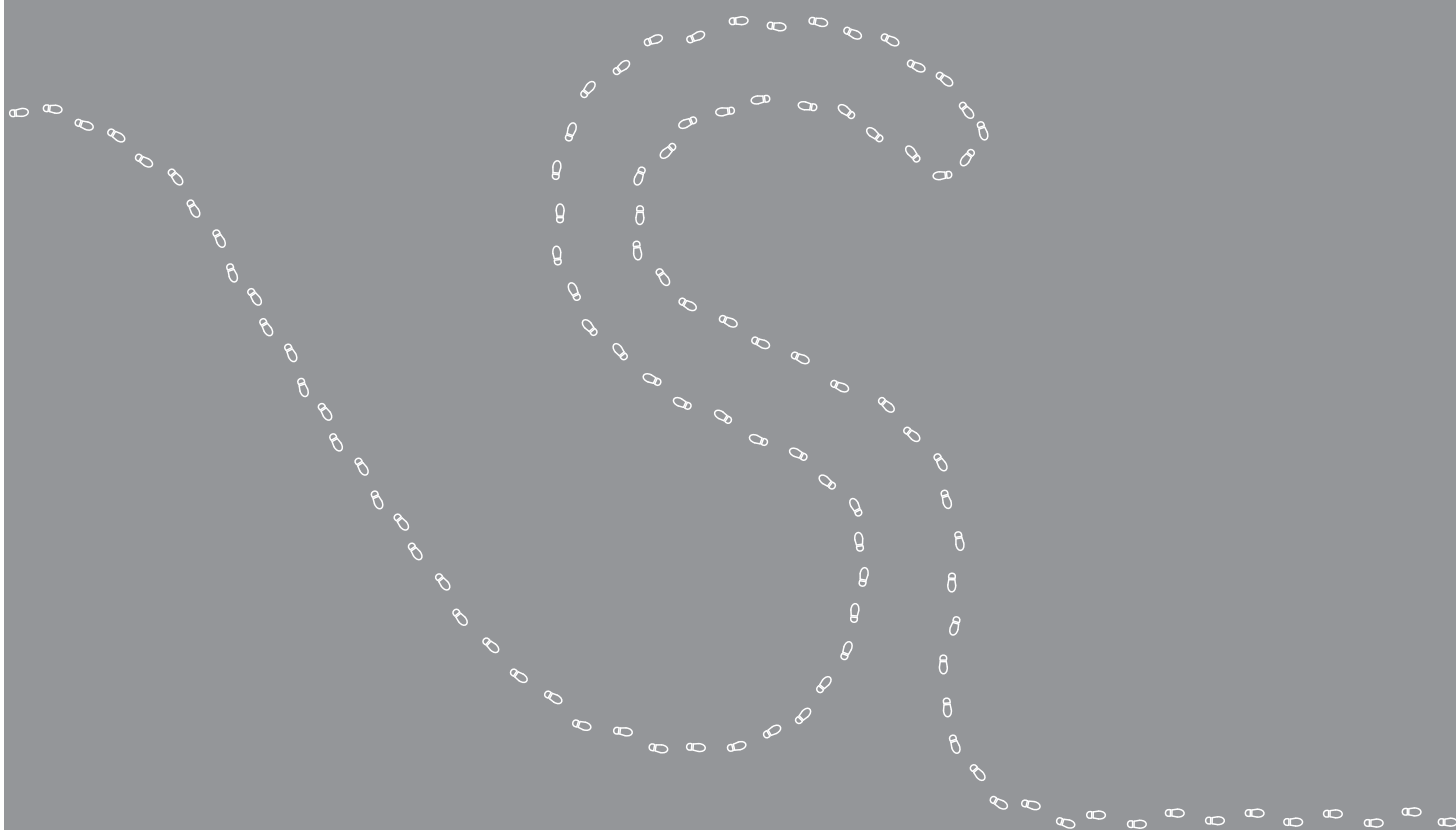
E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Optimale loopvaardigheid met een prothese

Balanceren tussen capaciteit en belasting

Samenvatting



Introductie

Het ondergaan van een beenamputatie is een drastische chirurgische ingreep, die grote gevolgen heeft voor het functioneren. Jaarlijks ondergaan een aanzienlijk aantal mensen een amputatie van een deel van het been. Naast trauma, is vasculaire deficiëntie, vaak als gevolg van diabetes, de belangrijkste reden voor een beenamputatie. Omdat de levensverwachting in Nederland stijgt, en met veroudering de kans op diabetes en dus vasculaire deficiëntie toeneemt, zal het aantal mensen met een beenamputatie naar verwachting de komende jaren verder stijgen.

Mensen, die na een amputatie in staat zijn om te lopen met een prothese, zijn functioneel onafhankelijker, en hebben een hogere kwaliteit van leven dan mensen die in een rolstoel belanden. Het is daarom niet verrassend dat het herwinnen van de loopvaardigheid één van de voornaamste doelen is tijdens de revalidatie na een beenamputatie.

Het zijn de oudere mensen die een amputatie hebben ondergaan als gevolg van vasculaire deficiëntie, die de meeste problemen ondervinden in het herwinnen, dan wel handhaven van de loopvaardigheid. In dit proefschrift is vanuit een biofysische benadering een aantal van de mogelijke onderliggende oorzakelijke mechanismen voor de problemen bij deze categorie mensen onderzocht. In de gehanteerde biofysische benadering wordt er vanuit gegaan dat een goede loopvaardigheid een adequate balans vereist tussen de aerobe capaciteit en de aerobe belasting. Het doel van dit proefschrift was om inzicht te verkrijgen in de aerobe capaciteit van mensen die lopen met een beenprothese, en om deze aerobe capaciteit vervolgens te relateren aan de aerobe belasting die het lopen met een prothese vergt. Daarnaast geeft dit proefschrift inzicht in de onderliggende mechanismen die verantwoordelijk zijn voor de verhoogde aerobe belasting tijdens het lopen met een beenprothese. In de hierop volgende paragrafen wordt een samenvatting gegeven van de verschillende studies die in het kader van dit proefschrift zijn uitgevoerd. De samenvatting eindigt met een aantal concrete aanbevelingen voor de revalidatiepraktijk.

In hoofdstuk 2 van dit proefschrift wordt een methode beschreven waarmee de piek aerobe capaciteit van mensen met een beenamputatie bepaald kan worden. De piek aerobe capaciteit is gedefinieerd als de maximale hoeveelheid zuurstof die verbruikt wordt tijdens een maximale inspanning. Het op een veilige en valide manier meten van de piek aerobe capaciteit bij mensen met een beenamputatie vergt een weloverwogen keuze wat betreft de te gebruiken inspanningstest. In hoofdstuk 2 wordt de uitvoerbaarheid en de validiteit van een discontinue, gradeerde, éénbenige, piek-inspanningstest beschreven. In totaal hebben 36 personen, allen tussen de 50 en 75 jaar, die een beenamputatie hebben ondergaan en 21 gezonde personen, die de controlegroep vormden, de éénbenige piek-inspanningstest uitgevoerd. Alle deelnemers waren in staat de éénbenige piek-inspanningstest te volbrengen. Zowel de bloeddruk als het electrocardiogram kon accuraat worden afgenomen tijdens de test. De inspanningstest bleek zowel in de amputatie- als in de controlegroep het cardiovasculaire systeem in voldoende mate te activeren. Daarnaast was zowel de construct en concurrent validiteit hoog bij de éénbenige inspanningstest. De conclusie van het onderzoek, beschreven in hoofdstuk 2, is dan ook dat de éénbenige fietstest een uitvoerbare en valide methode is om de piek-aerobe capaciteit te bepalen van oudere mensen die een beenamputatie hebben ondergaan.

De éénbenige inspanningstest, zoals beschreven in hoofdstuk 2, is in hoofdstuk 3 toegepast om te bepalen of de piek aerobe capaciteit gerelateerd is aan het wel of niet hebben ondergaan van een amputatie, de hoogte van de amputatie of de oorzaak van de amputatie. Dezelfde mensen, beschreven in de vorige paragraaf, participeerde ook in dit onderzoek. Uit de resultaten blijkt dat de proefpersonen die een beenamputatie hebben ondergaan, gemiddeld een 13,1% lagere piek aerobe capaciteit hadden dan de controlegroep zonder beenamputatie. Wanneer onderscheid gemaakt werd naar de oorzaak van de amputatie, bleek dat de proefpersonen die een amputatie hebben ondergaan als gevolg van vasculaire deficiëntie, gemiddeld een 29,1% lagere piek aerobe capaciteit hadden dan de proefpersonen die vanwege een trauma een amputatie hebben ondergaan. De piek aerobe capaciteit van de door trauma geamputeerde groep verschilde niet met die van de controlegroep. Interessant is dat er geen relatie is gevonden tussen piek aerobe capaciteit en de hoogte van de amputatie. De resultaten van deze studie onderschrijven de beperkte bestaande bewijslast dat de piek aerobe capaciteit van personen met een amputatie door vasculaire deficiëntie lager is dan die van personen zonder beenamputatie.

Een lagere piek aerobe capaciteit, gecombineerd met de verhoogde aerobe belasting tijdens het lopen met een beenprothese, kan resulteren in een dermate verhoogde relatieve aerobe belasting dat de loopvaardigheid wordt beïnvloed. De relatieve aerobe belasting wordt bepaald door de aerobe belasting te delen door de aerobe capaciteit. In hoofdstuk 4 is de relatieve aerobe belasting

tijdens het lopen met een beenprothese bepaald. Vervolgens is er gekeken of de relatieve aerobe belasting gerelateerd is aan de hoogte, dan wel de oorzaak van de amputatie. De resultaten laten zien dat wanneer personen die een amputatie hebben ondergaan door vasculaire deficiëntie op hun voorkeurssnelheid lopen, zij een relatieve aerobe belasting hebben welke gemiddeld 44,6% hoger is dan die van personen zonder een beenprothese. De personen met een aan trauma gerelateerde amputatie compenseerden voor de verhoogde aerobe belasting door hun loopsnelheid zodanig te verlagen dat de relatieve aerobe belasting gelijk werd aan die van de controlegroep. Dit deden ze ondanks dat de lagere loopsnelheid resulteerde in een lagere economie van het lopen.

Om te bepalen wat het mogelijke effect zou kunnen zijn van een verhoogde aerobe capaciteit op de loopvaardigheid in termen van relatieve aerobe belasting, loopsnelheid en economie van het lopen, is in hoofdstuk 4 een op data gebaseerd model beschreven. Dit model laat zien dat bij personen met een amputatie als gevolg van vasculaire deficiëntie, een relatief geringe verhoging van de piek aerobe capaciteit met 10% kan leiden tot een reductie in de relatieve belasting van 9,1%, een verhoging van de loopsnelheid met 17,3% en een verbetering in de economie van het lopen van 6,8%. Deze resultaten laten zien dat bij personen met een amputatie door vasculaire deficiëntie, aerobe training een essentieel onderdeel zou moeten zijn van het revalidatietraject als het gaat om het herwinnen van de loopvaardigheid.

Waar in hoofdstuk 2,3 en 4 de focus van het onderzoek lag op de piek aerobe capaciteit en de daaraan gerelateerde relatieve aerobe belasting, zijn in hoofdstuk 5 en 6 de mogelijke factoren onderzocht die bijdragen aan de verhoogde aerobe belasting tijdens het lopen met een beenprothese. In hoofdstuk 5 worden de mechanische kosten van het lopen met een beenprothese onderzocht door gebruik te maken van een dynamisch loopmodel. In totaal liepen 15 mensen met zowel een prothesevoet die energie kan opslaan en weer kan teruggeven (Energy Storage and Return; ESAR), als ook met een conventionele prothesevoet (Solid Ankle Cushioned Heel; SACH). Met behulp van het model kan de mechanische kosten die nodig zijn tijdens de dubbel support fase (de stap-naar-stap transitiekosten) worden berekend. Uit hoofdstuk 5 blijkt dat er met de ESAR-voet minder mechanische arbeid nodig is voor de stap-naar-stap transitie dan met de SACH-voet. Dit wordt verklaard door het feit dat er met de ESAR meer afzetkracht gegenereerd kan worden, en omdat er een meer optimale afwikkeling plaatsvindt. Desondanks biedt eerder onderzoek onvoldoende bewijs dat de ESAR voet ook daadwerkelijk de aerobe belasting tijdens het lopen reduceert ten opzichte van de conventionele SACH voet. Resumerend kan worden gesteld dat ondanks dat de ESAR-prothesevoet in staat is de mechanische arbeid van de stap-naar-stap transitie te reduceren, er andere factoren zijn die de aerobe belasting tijdens het lopen met de prothesevoet beïnvloeden.

Eén andere mogelijke factor, die het aerobe belasting tijdens het lopen met een beenprothese kan beïnvloeden, is de energie die nodig is voor de balanscontrole. Door een gebrek aan proprioceptieve informatie tijdens het lopen met een beenprothese, zijn mensen aangewezen op andere wellicht minder efficiënte mechanismen om de stabiliteit tijdens het lopen te waarborgen. Tot op heden is het lastig gebleken om de mechanische energie die nodig is voor loopbeweging te onderscheiden van de energie die nodig is om de balans te handhaven. In hoofdstuk 6 is getracht om inzicht te krijgen in het metabole energieverbruik voor balanscontrole door negen gezonde personen (27.6 jaar [SD = 9.9]) te laten lopen op een loopband waarbij ze een geprojecteerd looppatroon moesten volgen. Normaliter wordt een balansverstoring in de ene stap opgevangen door een corrigerende voetplaatsing tijdens de volgende stap. Maar wanneer de voetpositie wordt opgelegd worden mensen gedwongen om alternatieve, en wellicht minder efficiënte, balanscorrecties uit te voeren (bv. door activering van enkel musculatuur). Het geprojecteerde looppatroon welke de deelnemers moesten volgen, representeerde een gemiddelde van het eigen looppatroon (regelmatige conditie), of het was een exacte kopie van hun eigen looppatroon, dus inclusief de inherente variatie normaal aanwezig tijdens het lopen (variabele conditie). Door deze onderzoeksopzet was het mogelijk om te bepalen of een verandering in de balanscontrole leidt tot een significante verandering in het totale metabole energieverbruik, onafhankelijk van veranderingen in het globale looppatroon. De resultaten van het onderzoek laten zien dat tijdens het lopen op een geprojecteerd looppatroon het metabole energieverbruik met 8% en 13% toenam, in respectievelijk de regelmatige en de variabele conditie, vergeleken met het lopen zonder een opgelegd looppatroon. Mogelijke oorzaken voor dit verhoogde metabole energieverbruik zouden een verhoogde voorbereidende spieractiviteit, en een grotere bijdrage van de spieren rond het enkelgewricht voor het handhaven van vooral de laterale stabiliteit kunnen zijn. Hoofdstuk 6 laat zien dat een verhoging van het metabole energieverbruik tijdens het lopen met een beenprothese mogelijk veroorzaakt wordt door veranderingen in de balanscontrole, zonder dat dit direct invloed heeft op het globale looppatroon.

S

Conclusie

Het overkoepelende streven van dit proefschrift was om inzicht te krijgen in een aantal van de factoren die van invloed kunnen zijn op het herwinnen en behouden van de loopvaardigheid na een beenamputatie. Op basis van de resultaten, gepresenteerd in dit proefschrift, kunnen we stellen dat de piek aerobe capaciteit van personen die een beenamputatie hebben ondergaan door vasculaire deficiëntie, verlaagd is. Voor deze mensen is lopen een inspannende activiteit. Het gepresenteerde werk laat zien dat een relatief kleine verbetering

in de piek aerobe capaciteit kan leiden tot significante en klinisch relevante veranderingen in de loopvaardigheid van personen met een beenprothese. Bovendien laat dit proefschrift zien dat een prothesevoet, die een adequaat getimede afzetkracht kan genereren en die een optimale afwikkeling van de voet geeft tijdens de standfase, de mechanische energie tijdens de stap-naar-stap transitie kan verlagen. Echter, de mechanische energetische kosten voor de stap-naar-stap transitie kunnen niet het verhoogde metabole energieverbruik van het lopen met een beenprothese verklaren. Mogelijk dragen ook de energetische kosten voor de balanscontrole bij aan het verhoogde energieverbruik tijdens het lopen met een beenprothese.

Implicaties voor de revalidatie

In dit proefschrift wordt de aanbeveling gedaan dat toekomstig onderzoek zich zou moeten richten op longitudinale studies met een heterogene groep van mensen met een beenprothese. Met behulp van deze longitudinale studies kan worden onderzocht wat de effectiviteit is van verschillende trainingsprogramma's op de loopvaardigheid bij verschillende subgroepen binnen de populatie van mensen met een beenprothese. Daarnaast kunnen simpele dynamische modellen inzicht verschaffen in de mechanische arbeid tijdens het lopen met verschillende prothesevoeten. Voor toekomstig onderzoek ligt er een grote uitdaging om de energetische kosten voor de loopbeweging en de kosten die gerelateerd zijn aan de balanscontrole, van elkaar te scheiden. Informatie over de onderliggende oorzaken van de verhoogde energetische kosten tijdens het lopen met een beenprothese vormt de basis voor verdere ontwikkeling van meer efficiënte en functionele prothesen. Binnen de revalidatie na een beenamputatie is het van belang dat men zich realiseert dat zowel aerobe training als balanstraining een substantiële bijdrage kan leveren aan het optimaliseren van de loopvaardigheid. Om die reden zouden beide facetten dan ook een geïntegreerd onderdeel van de revalidatie moeten zijn.