

SAMENVATTING

SAMENVATTING

Optimizing ankle foot orthosis stiffness in calf muscle weakness

De kuitspieren zijn een van de belangrijkste spieren tijdens het lopen. Tijdens de standfase waarborgen de kuitspieren de stabiliteit rond de enkel en knie, terwijl tijdens de late standfase ze essentieel zijn voor een effectieve afzet. Bij veel spierziekten (neuromusculaire aandoeningen) zijn de kuitspieren aangedaan en verzwakt. Het lopen wordt hierdoor bemoeilijkt en het looppatroon van mensen met kuitspierzwakke kenmerkt zich doorgaans door een overmatige enkel dorsaalflexie, persisterende knieflexie en een verminderde afzet. Deze veranderingen in het looppatroon leiden tot een lagere loopsnelheid, verhoogd energieverbruik tijdens lopen en noodzakelijke compensaties in het looppatroon, wat tot gevolg heeft dat mensen beperkt worden in hun dagelijkse activiteiten.

In **hoofdstuk 2** is onderzocht hoe mensen met kuitspierzwakke compenseren voor een verminderde afzet (enkelpower). Bij het normale lopen is de enkelpower essentieel voor een goede loopefficiëntie omdat het 1) zorgt voor de voorwaartse propulsie en 2) een opwaartse versnelling creëert vlak voor contralateraal voetcontact, wat het energieverlies tijdens het contact met de grond vermindert. Hoofdstuk 2 toont aan dat op vergelijkbare snelheid als de controlegroep, de verminderde afzet bij patiënten met kuitspierzwakke leidt tot meer energieverliezen (negatieve arbeid) bij contralateraal voetcontact. De mensen met kuitspierzwakke compenseerden voor deze verliezen met de heup van het aangedane been of heup en knie van het niet-aangedane been. Echter, als de mensen met kuitspierzwakke op een zelfgekozen, lagere snelheid liepen, waren de energieverliezen tijdens contralateraal voetcontact niet verhoogd en werden de compensaties niet gevonden. Hieruit blijkt dat de lagere loopsnelheid een functionele aanpassing is om het gebruik van inefficiënte compensaties te voorkomen. De compensaties waren niet gerelateerd aan het hogere energieverbruik.

Om het lopen van patiënten met kuitspierzwakke te verbeteren worden in de reguliere zorg vaak enkel-voet orthesen (EVOs) voorgeschreven. Echter, tot op heden is er weinig onderzoek gedaan naar de werking en het effect van EVOs bij patiënten met kuitspierzwakke. In de reguliere zorg worden mede hierdoor verschillende typen EVOs verstrekt, welke naar verwachting merkbaar variëren in effect op loopsnelheid, energieverbruik tijdens lopen en het looppatroon. Verschillen in mechanische eigenschappen van de EVO, met name de enkelstijfheid, kan deze variatie in effect mogelijk verklaren. Daarom zijn in een cross-sectionele studie, beschreven in **hoofdstuk 3**, het effect en de mechanische eigenschappen van EVOs voorgeschreven in de reguliere zorg onderzocht. De volgende orthese typen werden gebruikt door de deelnemers: dorsale EVO, ventrale EVO, dorsaalflexie-stop EVO en orthopedische schoenen. Zowel binnen als tussen de groepen verschilden de orthesen

aanzienlijk in gewicht, EVO-stijfheid en voetplaat stijfheid. Op groepsniveau waren de voorgeschreven EVOs effectief in het verbeteren van de loopsnelheid, energieverbruik tijdens lopen en het looppatroon. Echter, in ongeveer 50% van de patiënten verbeterde de voorgeschreven EVO de loopsnelheid of energieverbruik tijdens lopen niet. Aangezien een groter effect van de EVOs op energieverbruik tijdens het lopen gerelateerd was met een hogere EVO-stijfheid, suggereren de resultaten dat in de huidige reguliere zorg een gedeelte van de patiënten een EVO krijgt voorgeschreven met een suboptimale (te lage) stijfheid.

Het effect van EVO-stijfheid op loopsnelheid, energieverbruik tijdens lopen en looppatroon is vervolgens systematisch onderzocht in hoofdstuk 4 en 5. In **hoofdstuk 4** is in een proof-of-concept studie in drie mensen met polio het effect van EVO-stijfheid onderzocht in twee EVO typen, een dorsale veer EVO en verende dorsaalflexie-stop EVO. Deze studie toonde aan dat de EVO-stijfheid met het grootste effect op het energieverbruik verschilde tussen de deelnemers. De dorsale EVO resulteerde in een hogere enkelpower, wat mogelijk gunstig is voor de verbetering van de loopsnelheid en energieverbruik.

In **hoofdstuk 5** is daarom het effect van EVO-stijfheid variatie in een dorsale veer EVO onderzocht in een grotere studie met 37 patiënten met neuromusculaire aandoeningen. Gemiddeld was er geen effect van EVO-stijfheid variatie op het energieverbruik tijdens het lopen. Echter, de meest optimale EVO-stijfheid voor het verminderen van het energieverbruik verschilde tussen de deelnemers. De individueel meest energie-effectieve EVO-stijfheid verlaagde het energieverbruik met 10% vergeleken met de minst energie-effectieve EVO-stijfheid. In deze studie werden ook de effecten op het looppatroon gekwantificeerd. Een toename in EVO-stijfheid verlaagd de enkelhoek maar had tevens een negatief effect op de enkel-power. De optimale EVO-stijfheid is daarom een wisselwerking tussen voldoende stijfheid om de enkelhoek te normaliseren en flexibiliteit om te kunnen afzetten.

De uitkomsten van hoofdstuk 4 en 5 tonen het belang van het individualiseren van de EVO-stijfheid voor het maximaliseren van het effect van de EVO. In de reguliere zorg vindt dit individualiseren niet systematisch plaats, zoals aangetoond in hoofdstuk 3. Echter, of het individualiseren van de EVO-stijfheid ook effectiever is in het verminderen van het energieverbruik ten opzichte van een standaard EVO zoals voorgeschreven in de reguliere zorg was nog onbekend. In **hoofdstuk 6** is het protocol van het PROOF-AFO onderzoek beschreven. In dit onderzoek kregen 37 patiënten met kuitspierzwakte, een stijfheid-geoptimaliseerde EVO. De EVO werd primair geoptimaliseerd naar energieverbruik en secundair naar loopsnelheid en looppatroon. De voor stijfheid-geoptimaliseerde EVO

werd door de deelnemers drie maanden gebruikt in het dagelijks leven. Na deze periode werden het energieverbruik (primaire uitkomst), looppatroon en subjectieve ervaringen gemeten en vergeleken met een in de reguliere zorg voorgeschreven EVO.

In **hoofdstuk 7** zijn de uitkomsten van het PROOF-AFO onderzoek beschreven. Stijfheid-geoptimaliseerde EVOs verlaagden het energieverbruik met 9.2% ten opzichte van EVOs voorgeschreven in de reguliere zorg. Naast een verlaging van het energieverbruik, verhoogde de stijfheid-geoptimaliseerde EVO de loopsnelheid met 4.7%. Deze verbeteringen in het lopen werden verklaard door individuele verbeteringen in het kniemoment en enkelpower. Na de stijfheid-geoptimaliseerde EVO drie maanden in het dagelijks leven te hebben gebruikt, rapporteerden patiënten een vermindering in vermoeidheid en verbetering van het fysiek functioneren. Concluderend toonde dit onderzoek aan dat het individueel optimaliseren van de EVO-stijfheid de loopvaardigheid en behandeluitkomsten verbeterd ten opzichte van een reguliere EVO.

In **hoofdstuk 8** werden de resultaten, methodologische overwegingen en klinische implicaties van dit proefschrift bediscussieerd.