Fontys Paramedische Hogeschool

Bachelor opleiding Orthopedische Technologie

De druk van de hand bij de conventionele maatname van een onderbeenkoker.

Digitale maatname, onderzoek naar druk op de palmzijde van de hand.

Shumie Loo

Begeleider: Lianne Grin

- oktober 2015 -

Afstudeerproject: De handdruk van de hand bij de conventionele maatname van een onderbeenkoker.

Digitale maatname, onderzoek naar druk.

Student:	Shumie Loo
Studentnummer:	2142289
Email:	s.loo@student.fontys.nl / shumie@live.nl
Telefoonnummer:	06-48011223
Opleiding:	Bachelor opleiding Orthopedische Technologie, Fontys Paramedische Hogeschool Ds. Th. Fliednerstraat 2 5631 BN Eindhoven
Telefoonnummer:	08850-77011
Eerste begeleider:	Lianne Grin
Email:	l.grin@fontys.nl
Interne beoordelaar:	Pierre van Dijk
Email:	p.vandijk@fontys.nl
In opdracht van:	Lectoraat Health Innovations and Technology (HIT)

Voorwoord

Dit afstudeerverslag is geschreven in het kader van de afstudeerperiode voor de bacheloropleiding Orthopedische Technologie aan Fontys Paramedische Hogeschool in Eindhoven.

In dit afstudeeronderzoek heb ik gewerkt aan het in kaart brengen van de druk die gegeven wordt tijdens de Gochtse handgreep. Dit levert een bijdrage aan de ontwikkeling van de digitale maatnamehandschoen. Het verslag is geschreven voor mijn afstudeerbegeleiders, medestudenten en andere personen die geïnteresseerd zijn in de ontwikkeling van de digitale maatnamehandschoen.

Graag wil ik Lianne Grin, mijn begeleidster vanuit Fontys, bedanken voor haar rol als afstudeerbegeleidster en voor de tips die zij mij heeft gegeven voor het afstudeerverslag.

Tevens wil ik Ivo Balk en de participanten bedanken voor de feedback en de meetgegevens van dit verslag. Daarnaast wil ik Willemijn Mattheij en Yorick de Haar bedanken voor het uitlenen van en assisteren met de elektronica van de maatnamehandschoen.

Ten slotte wil ik Rosanne de Lange, Fatih Esen, Shujan Loo en mijn vrienden bedanken voor de steun en feedback op dit verslag.

Shumie Loo
Breda, Oktober 2015

Samenvatting

Inleiding

Cliënten met een onderbeenamputatie die een onderbeenprothese willen gebruiken hebben een onderbeenkoker nodig, dit is maatwerk. Om deze onderbeenkokers te maken zijn verschillende methodes beschikbaar waaronder gipsen en digitale maatname. Omdat bij digitale maatname het gevoelselement mist wordt in dit verslag onderzoek gedaan naar waar op de handpalmzijde van de hand, druk wordt uitgeoefend bij een maatname van een onderbeen. Het kwantificeren van deze gegevens helpt bij het ontwikkelen van een digitale maatnamehandschoen. De onderzoeksvraag is: hoeveel druk en waar op de palmzijde van de hand wordt druk gegenereerd tijdens de conventionele maatname met behulp van de Gochtse handgreep van een onderbeenkoker?

Methode

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden is een kwantitatief onderzoek uitgevoerd waarbij gebruik gemaakt is van een prototype digitale maatnamehandschoen. Met behulp van deze maatnamehandschoen wordt handdrukdata verzameld van maatnemers die ervaring hebben met het gipsen van een onderbeenkoker met behulp van de Gochtse handgreep. Het prototype bestaat uit twee handschoenen met klittenband en vijf druksensoren die op het klittenband te plaatsen zijn. De metingen zijn gedaan op een gezond rechter onderbeen. In combinatie met een computer zijn de gegevens van de druksensoren uit te lezen.

Resultaten

In totaal hebben tien maatnemers van twee verschillende bedrijven meegedaan aan dit onderzoek. Hieruit zijn drukgegevens bekend geworden van tien locaties verspreid over de gehele handpalmzijde van de rechter- en linkerhand. De resultaten laten zien dat de rechter- en linkerhanddruk elkaar redelijk opvolgen maar dat de rechterhand meer druk geeft dan de linkerhand, waarvan de hoogste druk op de duim en de spierbuiken van de handpalm zitten.

Conclusie

Uit de resultaten is gebleken dat gemiddeld, de gehele handpalmzijde van de rechter- en linkerhand wordt gebruikt, om een maatname uit te voeren. Bij de maatname genereren de duim, thenar en hypothenar van de palm de meeste druk en het os caput metacarpale II en V genereren de minste druk.

Summary

Introduction

Cliënts with a lower leg amputation who want to use a prosthesis are in need of a socket to fit the lower leg stump, which needs to be custom-made. Various methods are available in order to produce this lower leg socket, including plaster cast and digital measurement. In digital measurement, the feeling element of pressure is absent. Therefore, the aim of this research is to measure the hand pressure on the palm side of the hand during a measurement of a lower leg. The quantification of this data helps in the development of a digital measurement glove. The research question is as follows: how much and where on the palm side of the hand is pressure being generated during the conventional measurement using a Gochtse handgrip of a lower leg socket?

Method

To answer the research question, quantitative research was conducted using a prototype digital measurement glove with five detachable pressure sensors. With the aid of this glove, data on handpressure was collected from practitioners who are experienced in taking plaster casts of the lower leg. Measurements were conducted on a healthy right lower leg.

Results

A total of ten practitioners of two different companies participated in this study. Pressuredata of ten locations throughout the entire palm on both hands was collected. The results showed that the pressure on the right- and left hands mirror eachother reasonably well, but the right hand applies slightly more pressure than the left. The highest pressure points can be found on the thumb and muscle group of the palm.

Conclusion

The results showed that on average the entire palm side of both hands is needed to carry out a measurement. The thumb, thenar and hypothenar muscles of the palm side of the hand generate the most pressure and the os caput metacarpal II and V generate the least.

Inhoudsopgave

Voorwoord 1

Samenvatting 2

Summary 3

1. Inleiding 5

2. Methode 9

Selectieproces van deelnemers: 9

Meetinstrumenten / onderzoeksopstelling: 10

Meetprotocol: 12

Analysemethode: 13

3. Resultaten 14

4. Discussie 19

Conclusie en aanbevelingen 23

Literatuurlijst 25

Bijlage I Informatiebrief I

Bijlage II Informed consent II

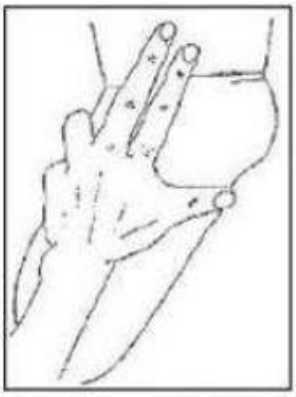
Bijlage III Demografische gegevens III

Bijlage IV Arduino uno programmeer code IV

1. Inleiding

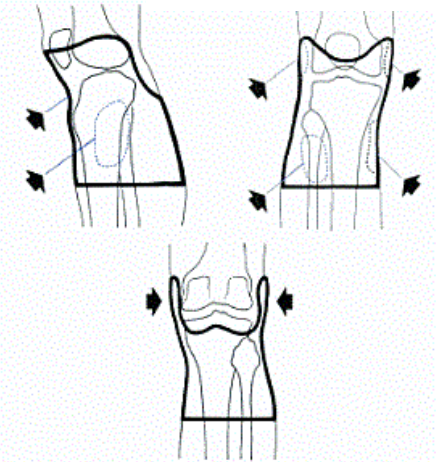
In Nederland zijn sinds 2008 ongeveer 3300 amputaties aan de onderste ledenmaten (exclusief teenamputaties) uitgevoerd. Het aantal amputaties aan de onderste ledenmaten kan in de toekomst gelijk blijven of dalen door betere zorg (Geertzen & Rietman, 2008). Cliënten met een amputatie kunnen tijdens revalidatie, gebruikers van een onderbeenprothese worden. Voor de interactie tussen cliënt en onderbeenprothese zijn onderbeenkokers nodig. Bij deze onderbeenkokers bestaan geen confectiemodellen en is de cliënt per definitie aangewezen op maatwerk. Hiervoor zijn verschillende redenen. Elke cliënt heeft een unieke stompvorm, daarnaast kunnen de huidige onderbeenkokers niet meevormen voor een goede fitting bij een unieke stompvorm. Een onderbeenkoker met een goede fitting zorgt voor een verhoogd activiteitenniveau wanneer de stomp belastbaar is (Safari & Meier, 2015). Doordat de stomp na de operatie niet belast kan worden, kunnen de onderbeenspieren in de stomp niet worden gebruikt waardoor de onderbeenspieren in de stomp slinken. Hierdoor kan het stompvolume in een dag 8,5% afnemen of tot 5,9% toenemen door oedeemvorming (Sanders et al., 2012). De anatomische vorm, bijvoorbeeld uitstekende en gevoelige botpunten kunnen afhankelijk van de cliënt ook voor problemen zorgen die een maatwerk onderbeen kan opvangen.

Voor een maatwerk onderbeenkoker moet eerst een maatname uitgevoerd worden. Met een maatname wordt bedoeld; de maten en de anatomische stand vastleggen. Dit wordt meestal op de conventionele manuele wijze gedaan, met gipsverband (Holtkamp, 2002). Met een gipsmaatname kunnen maatnemers door tast en gevoel van de handen, ook wel tactiele informatie genoemd, onderscheid maken tussen harde structuren zoals bot en zachte structuren zoals bindweefsel van de stomp. Dit onderscheid is te merken door druk te geven en te voelen hoeveel de structuren meegeven. Aan de hand van ervaring met voelen, kunnen de maatnemers de onderbeenkokers zo vormen dat de gevoelige structuren zoals de fibulakop worden vrijgelegd. (Sewell, Noroozi, Vinney, & Andrews, 2000).



Figuur 1. De Gochtse handgreep met de linker hand. Bron: (Campforts, 2008).

Daarnaast verloopt het gipsen in een dynamisch proces doordat het oppervlakte van een onderbeen groter is dan de oppervlakte van de handen. Hierdoor moeten verschillende grepen worden uitgevoerd en worden vastgehouden totdat het gips is uitgehard. Een van de meest gebruikte grepen om een onderbeenkoker te gipsen heet de Gochtse handgreep, deze is te zien in figuur 1 (Van der Schaaf, 2010). Met behulp van de Gochtse handgreep is een Kondylen-Bettung Münster (KBM) onderbeenkoker te gipsen. De KBM koker vindt zijn stabiliteit door een ophanging op de mediale en laterale condylen van het bovenbeen en het gedeelte onder het kniegewricht zoals te zien is in figuur 2 (Hohmann & Latta, 2005). De Gochtse handgreep



Figuur 2. KBM ophanging lateraal mediaal en onder de kniegewricht. Bron: (Hohmann & Latta, 2005).

is een verzameling van grepen, een van de twee belangrijkste grepen focust zich op de vingers, de andere greep focust zich op de palm. De greep met de focus op de vingers zorgt voor de ophanging van de condylen en de palm met de focus onder het kniegewricht. Dit proces is echter subjectief omdat de maatnemer zijn gipservaring, met de hoeveelheid druk die erbij hoort, niet kan doorgeven aan een andere maatnemer. Bovendien bevat gipsmaatname met de Gochtse handgreep meerdere nadelen (Holtkamp, 2002).

Aangezien een gipsmaatname vier grote nadelen heeft wordt gezocht naar digitale maatname als alternatief met kwantificatiemogelijkheden (in getallen uitgedrukt) (Holtkamp, 2002, 2010). In de volgende alinea wordt verder ingegaan op de digitale maatname.
Een van de nadelen bij gipsen is dat het originele gipsmodel verloren gaat tijdens de gipscorrectie. De gipscorrectie is nodig om de koker beter te laten aansluiten op de stomp. Wanneer verkeerd wordt gecorrigeerd of het gipspositief beschadigd raakt, is de originele vorm weg en moet door de maatnemer opnieuw een maatname gedaan worden. Bij de productie van de onderbeenkoker kan het gipspositief, of een deel van het gipspositief, verloren gaan. Hierdoor is het gipspositief niet langer geschikt voor reproductie en moet bij reproductie opnieuw een maatname plaatsvinden. Dit is tijdrovend. Digitale maatname is minder tijdrovend omdat de correcties zeer snel hersteld kunnen worden omdat de maatname digitaal is opgeslagen (Hohmann & Latta, 2005).
Het tweede nadeel van een gipsmaatname is, dat door subjectiviteit, de modellen alleen door de maatnemer die heeft aangemeten kunnen worden gecorrigeerd. Dit komt doordat de uitgangspunten van het gipsmodel anders geïnterpreteerd kunnen worden door een andere maatnemer tijdens het corrigeren. Een van de redenen hiervoor is dat maatnemers verschillende drukkrachten uitvoeren en dat eenzelfde drukkracht verschillend ervaren kan worden tijdens de gipsmaatname (Oostrom, 2013). Dit kan ontstaan doordat de drukverdeling bij het grijpen van een object varieert. Hoe groter het object, hoe meer drukkracht distaal vanuit de handen komen. Hierdoor speelt de handgrootte een rol bij het geven van drukkrachten (Mentzel et al., 2011).
Een derde nadeel van gipsen is dat het tijdsintensief is en daardoor ook arbeidsintensief (Holtkamp, 2002, 2010). Als arbeidsuren verminderd kunnen worden kan op loonkosten worden bespaard.
Tenslotte is het vierde nadeel dat gipsen belastend voor de cliënt is. Dit komt doordat de cliënt vies kan worden en lang stil moet zitten, omdat het gips tijd nodig heeft om uit te harden (Grijsen, 2011). Om deze punten te ondervangen wordt digitale maatname ontwikkeld en toegepast.

In tegenstelling tot conventionele gipsmaatname kan nu door digitale maatname met behulp van druk- en locatiesensoren, de informatie die wordt verkregen bij een digitale maatname worden gekwantificeerd (Hohmann & Latta, 2005). Digitale maatname wordt steeds vaker toegepast om maat te nemen bij de cliënt. Digitale maatname kan onder andere met behulp van 3D scantechnologie gerealiseerd worden. Volgens een onderzoek van Hohmann and Latta (2005) kunnen bruikbare scans van onderbeenstompen gemaakt worden waarmee onderbeenkokers geproduceerd kunnen worden. De gescande onderbeenstomp kan met behulp van Computer Aided Design (CAD) virtueel worden gecorrigeerd en vervolgens met behulp van Computer Aided Manufacturing (CAM) worden uitgefreesd.

In het onderzoek van J. E. Sanders, Rogers, Sorenson, Lee, and Abrahamson (2007) zijn tien verschillende bedrijven die onderbeenkokers leveren met behulp van CAD/CAM, met elkaar vergeleken. Hieruit blijkt dat de diameter bij de onderbeenkokers een paar millimeter van elkaar kan verschillen. De verschillen zitten onder andere in het volume van de stomp en bij het vrijleggen van de patella en de tibiakam. Het verschil van een paar millimeter kan gevoelige plekken laten ontstaan of wegnemen. Mogelijk kan door middel van gekwantificeerde drukplek- en locatie-informatie het onderlinge verschil worden geminimaliseerd.

Uit de resultaten van Ruder (1992) blijkt dat CAD/CAM de kwaliteit van gipsmaatname niet evenaart, waardoor de CAD/CAM cliënten vaker terug moeten komen dan de gipsmaatname cliënten. Vermoedelijk komt dit doordat de maatnemers en de CAD-verwerker niet dezelfde personen zijn (Ruder, 1992). De CAD-verwerker kan namelijk in een ander bedrijf werken (Holtkamp, 2002). De maatnemers kunnen bestanden van de gescande onderbeenstompen met gemarkeerde referentiepunten verzenden naar de CAD-verwerker. De gemarkeerde referentiepunten bestaan uit gemarkeerde stipjes op de gescande onderbeenstomp. Deze gemarkeerde stipjes geven alleen de locatie aan, maar niet de precieze omvang van de gevoelige punten weer. Omdat de precieze omvang niet bekend is bij de CAD-verwerker, kan dit mogelijk verkeerd worden geïnterpreteerd. De CAD-verwerker heeft namelijk de cliënten niet gezien en mist daardoor informatie. Tevens krijgt de CAD-verwerker van meerdere maatnemers maatnamen toegestuurd. Omdat iedere maatnemer andere interpretaties en wensen heeft, moet de CAD-verwerker zich steeds aanpassen aan die interpretaties en wensen. Met behulp van druksensoren is de druk en tactiele informatie (waarneming met vingers) te kwantificeren, hierdoor kunnen de orthopedisch technologen en CAD-verwerkers elkaar mogelijk beter begrijpen en dus de referentiepunten van elkaar beter interpreteren, dit bespaart tijd, geld en moeite (Holtkamp, 2002).

Kortom, tactiele informatie en dus gevoel van de handen is erg belangrijk tijdens een maatname. Binnen het project High Touch (HIT, 2012) wordt gewerkt aan de ontwikkeling van een (digitale) methode waarbij kwantificeren mogelijk is en het gevoel zoals bij het gipsen behouden blijft. Hierbij wordt het gevoelselement gecombineerd met 3D-scanners. Het aanmeetinstrument kan bestaan uit een digitale maatnamehandschoen die uitgerust wordt met druk- en locatiesensoren. Om het High Touch project te ondersteunen wordt in dit afstudeeronderzoek data verzameld van de druk op de palmzijde van de hand tijdens een maatname van een onderbeenstomp met behulp van de Gochtse handgreep. Door het kwantificeren van deze data, kan beter worden bepaald welke gedeeltes van de palmzijde van de hand gebruikt worden bij een maatname. Hierdoor kan in de toekomst worden gekeken waar de druk- en positiesensoren geplaatst kunnen worden om de druk op de handpalmen te kwantificeren. Doordat kwantificatie duidelijkheid geeft over waar en hoeveel druk met de handpalm gegeven wordt, kunnen deze gegevens vastgelegd worden in een protocol. Hiermee wordt het bijvoorbeeld voor een ervaren maatnemer makkelijker om de hoeveelheid druk en dus zijn techniek te communiceren met een onervaren maatnemer.

De hoofdvraag luidt als volgt:

Hoeveel druk en waar op de palmzijde van de hand wordt druk gegenereerd tijdens de conventionele maatname van een onderbeenkoker met behulp van de Gochtse handgreep?

De doelstelling van dit onderzoek is:

De doelstelling van dit onderzoek is: onderzoeken hoeveel druk er met welke delen van de palmzijde van de hand gegeven wordt tijdens de maatname van een onderbeenstomp, door middel van een prototype digitale maatnamehandschoen. Dit levert een bijdrage aan de ontwikkeling van de digitale maatnamehandschoen van het project High Touch. Dit draagt bij aan het overdragen van kennis en informatie door het kwantificeren van maatnames bij cliënten in de orthopedische technologie.

2. Methode

Onderzoeksontwerp:

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden is een kwantitatieve studie uitgevoerd. Dit onderzoek is een experimentele studie waarin de druk op de palmzijde van de hand tijdens een maatname, van verschillende maatnemers is opgemeten. Het verzamelen van informatie over de druk op de palmzijde van de hand gebeurde door middel van druksensoren.

Selectieproces van deelnemers:

Selectieprocedure:

Aan dit onderzoek hebben tien participanten deelgenomen, de participanten bestonden uit maatnemers. Met maatnemers worden orthopedisch technologen, orthopedisch adviseurs en instrumentmakers bedoeld, die ervaring hebben met het gipsen van een onderbeenstomp en voldoen aan de inclusiecriteria.

Inclusie criteria:

- De maatnemer moet bruikbare onderbeenkokers hebben afgeleverd. *Omdat de maatnemer hiermee kan aantonen dat zijn techniek voldoet aan de eisen om een goed werkend product af te leveren.*
- De maatnemer moet minimaal drie jaar ervaring hebben met het aanmeten van Kondylen Bettung Munster (KBM) kokers met behulp van de Gochtse handgreep*. Door minimaal drie jaar ervaring te hebben zal de maatnemer zijn greep hebben gepersonaliseerd. Door gepersonaliseerde grepen met elkaar te vergelijken berust de meting van de grepen minder op toeval.*
- De maatnemer moet minimaal zes onderbeenstompen voor onderbeenkokers hebben gegipst in het afgelopen jaar. *Het is belangrijk dat de maatnemer zijn techniek niet is verleerd.*
- De maatnemer moet twee volledige en functionele handen hebben en kunnen gebruiken. *Het missen van vingers of een blessure van de hand kan een andere drukwaarde geven.*

De participanten zijn telefonisch benaderd door de onderzoeker. Omdat bedrijven diverse aanmeettechnieken beoefenen zijn twee verschillende bedrijven benaderd. Door twee verschillende bedrijven is de generaliseerbaarheid groter. De twee bedrijven die zijn benaderd zijn OIM Brabant/Amsterdam en Livit Dordrecht. Deze twee bedrijven zijn gekozen omdat dit de twee grootste bedrijven in Nederland zijn en niet met elkaar samenwerken. Hierdoor is het mogelijk dat twee geïsoleerde handgreeptechnieken ontstaan. De participanten kregen na de benadering, bij interesse in het onderzoek, een informatiebrief en een informed consent (zie bijlage I en II). Bij blijvende interesse is een afspraak gemaakt voor drukmetingen en verzameling van gegevens (zie bijlage III). Voor deze afspraak werd een half uur de tijd genomen.

Meetinstrumenten / onderzoeksopstelling:

Handschoen:

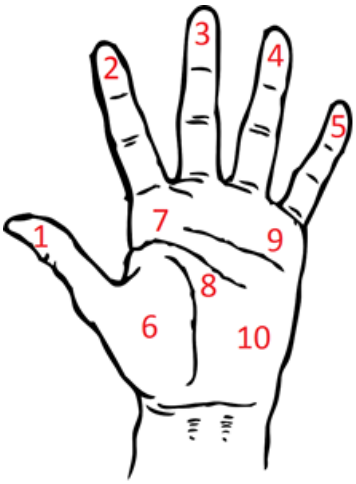
Over de handen van de maatnemer werden katoenen handschoenen geplaatst met zacht klittenband. Katoen was gekozen omdat dit vrij dun is en de handen zo min mogelijk beperkt bij het aanmeten. Het zachte klittenband was in stukjes van ongeveer 1 tot 2 cm^2 geknipt zodat het klittenband zo min mogelijk weerstand veroorzaakte bij het buigen van de vingers. De handzijde van de sensor werd beplakt met hard klittenband. Hierdoor konden de sensoren bij verschillende handgrootten op de gewenste plekken worden geplaatst (zie figuur 3). De sensoren mogen niet scherp gebogen worden, om dit te voorkomen werden de sensoren opgebouwd met klittenband, 3 mm zacht Polyethyleen foam “ook wel Campolite genoemd” en ingetaped met rekbare tape (zie figuur 4). Campolite is veerkrachtig en verdeelt daardoor de druk goed op de sensoren (Healthcare, 2015). Door de weerstand van katoen, klittenband en Campolite werd de gegeven druk mogelijk minder goed waargenomen.

Figuur 3. Maatnamehandschoen met de sensor locaties op de vingertoppen. Bron: eigen foto

Figuur 4. Opbouw sensor bescherming, Campolite + klittenband. Bron: eigen foto

Plaatsing sensoren:

Voor dit onderzoek zijn vijf sensoren beschikbaar gesteld. Deze sensoren zijn gebruikt binnen twee gebieden van de palmzijde van de hand (zie figuur 5). Hierop is te zien dat de nummers een tot en met vijf één gebied vormen evenals nummers zes tot en met tien. Op het vingergedeelte werden vijf sensoren over de vingertoppen verdeeld, zie figuur 5 voor de locaties van de druksensoren. Binnen het palmgedeelte zijn vijf sensoren geplaatst, verdeeld over de spierbuik van de thenar (6), os meta carpale II (7), het centrum van de palm (8), os caput metacarpale V (9) en de spierbuik van de hypothenar (10). Door deze vijf sensoren wordt de handpalm grof bedekt. Door de handpalm grof met vijf sensoren te bedekken bleef de drukmeting overzichtelijk en werden de kosten laag gehouden.

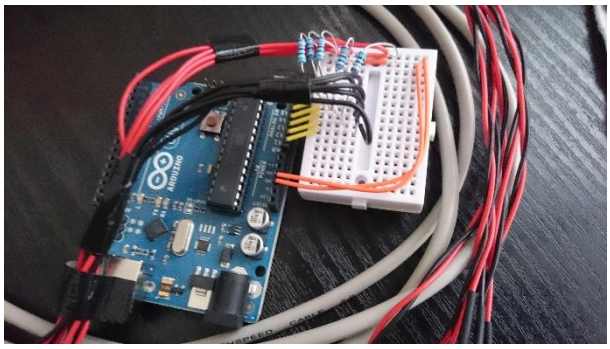


Figuur 5. Positie van druksensoren op de hand. Bron: http://www.clipartpanda.com/categories/back-of-hand-drawing

Apparatuur:

Voor de apparatuur van het prototype maatnamehandschoen is gekeken naar de opzet van het onderzoek van Oostrom (2013). De maatnamehandschoen die Oostrom (2013) gebruikte in haar onderzoek heeft drie sensoren. Aangezien de maatnamehandschoen van dit project vijf sensoren en tien sensorlocaties heeft, is de handschoen en apparatuur aangepast (zie figuur 6 en 7). De apparatuur bestond uit meerdere druksensoren, ook wel Force Sensitive Resistors (FSR) genoemd van het merk Interlink en type FSR-402, een registratiemodule en een handschoen. Deze apparatuur kon per sensor een drukverschil tussen de hand en de stomp van maximaal 10kg meten (Conrad, 2015), hetzelfde als in het onderzoek van Oostrom (2013). De handschoen kan door alle volwassen handen worden gedragen.

Figuur 6. Arduino uno volledig opgebouwd met sensoren en handschoen. Bron: eigen foto.



Figuur 7. Arduino uno volledig opgebouwd close-up. Bron: eigen foto.

Tenslotte zijn de druksensoren uitgelezen door een registratiemodule genaamd Arduino uno (Arduino, 2015). De Arduino uno is een microcontroller die eerst in elkaar gezet en geprogrammeerd moet worden, voordat de metingen gedaan kunnen worden. Voor de Arduino uno programmering is gekeken naar een handleiding van Instructables over FSR (Instructables, 2015). De informatie van de Arduino uno wordt opgeslagen en ingelezen op een laptop. De informatie bestaat uit bits van de waarde 0 tot 1024 in tabel 1 is de vergelijking tussen handdruk in gram, bitwaarde en Newton per vierkante centimeter (N/cm²) te zien. De berekening van gram en oppervlakte naar N/cm² is: de diameter van de FSR sensor is 14,7mm, het oppervlak daarvan is 7,35mm² x π = 1,6971cm², (1 kilogram = 9.81N) / 1,6971 cm² = afgerond 5,78N/cm². Wanneer op de sensoren wordt gedrukt verandert de weerstand van de sensoren. Deze weerstand is af te lezen met de registratiemodule. Hoe hoger de weerstand en druk, hoe hoger de bitwaarde. Voor validiteit en betrouwbaarheid worden de sensoren in het begin van het onderzoek gekalibreerd. Dit gebeurt met behulp van een gewicht van één kilogram. Dit gewicht wordt gecorreleerd met de waarde die de sensoren bij de drukmeting meten. De correlatie is te zien in tabel 1. Bij de laatste meting van het onderzoek wordt opnieuw gekeken of de sensoren bij één kilogram dezelfde waarde aangeven. Door de eerste en laatste meting met elkaar te vergelijken wordt duidelijk of de resultaten betrouwbaar zijn. Indien verschil van waarde ontstaat bij dezelfde druk kan dat betekent dat de sensoren door kruip aangetast zijn. Hierdoor zijn de sensoren niet meer betrouwbaar.

Tabel 1. Omreken tabel bitwaarde naar gram en N/cm²

Handdruk in gram	Bitwaarde	N/cm² (afgerond)
0	0	0
250	382	1,45
500	669	2,89
750	805	4,33
1000	851	5,78
1250	875	7,22
1500	910	8,66
1750	929	10,10
2000	938	11,55

Meetprotocol:

Voordat de metingen worden gedaan worden eerst de demografische gegevens (zie bijlage III) door de maatnemers ingevuld. De demografische gegevens kunnen een verklaring zijn voor de verschillen tussen de maatnemers.

Handmaat opmeten:

De handgrootte kan de gemeten drukwaarde beïnvloeden en daarom wordt de hand opgemeten (Mentzel et al., 2011). Voordat de handdruk gemeten wordt, wordt eerst de lengte van de handen en de gemiddelde omtrek van de vijf proximale interfalangeale gewrichten I t/m V (PIP) opgemeten. De lengte en omtrek worden opgemeten met behulp van een rolmaat. De rolmaat wordt op de palmzijde van een gestrekte hand geplaatst. De maat wordt genomen vanaf de pols/ begin handpalm tot het einde van de middelvinger. De omtrek wordt in het midden van de gewrichten gemeten.

De maatnamehandschoen met sensoren:

De participant wordt gevraagd de maatnamehandschoen aan te doen. Deze handschoen moet een passende fitting hebben. Dit wil zeggen dat tussen de handschoen en hand geen loze ruimte mag zijn. Daarnaast moet de handschoen plooivrij zijn. Wanneer de handschoen goed is aangebracht worden de druksensoren met behulp van klittenband bevestigd aan de handschoen. Bij het bevestigen van de sensoren wordt figuur 2 gebruikt als referentie, deze zijn op het oog geplaatst. De sensoren moeten in contact zijn met de handschoen en zonder speling worden geplaatst. Met speling wordt bedoeld dat de sensoren van positie verplaatsen bij het bewegen van de hand. Omdat maar één handschoen met vijf sensoren beschikbaar is en tien sensorlocaties per hand zijn, worden deze stappen eerst bij de rechtervingers en daarna bij de handpalm uitgevoerd, hierna worden deze stappen bij de linkerhand herhaald. Dit is een specifieke volgorde om de kans op fouten bij het uitlezen van data te vermijden. Om te waarborgen dat de handgrepen steeds gelijk worden uitgevoerd is instructie gegeven. Dit met als doel de greep op een natuurlijke manier uit te voeren.

De onderbeenhandgreep:

Wanneer de handschoen gereed is wordt aan de participant gevraagd om de handgreep uit te voeren op het rechter onderbeen van de onderzoeker, een gezonde man van 1,73 m en 68 kg. Omdat er twee focuslocaties zijn voor de sensoren wordt eerst gevraagd een greep te gebruiken met de focus op de vingers (lippen van de koker) en daarna een greep met de focus op de handpalmen (de koker zelf) (zie figuur 2). De meting gebeurt op de blote huid, zonder gips en siliconen liner. De sensoren kunnen kapot gaan door contact met water, en dit is nodig bij het gipsen. Deze greep wordt drie seconden per keer aangehouden en drie keer per sensorlocatie herhaald. Dit om een gemiddelde drukmeting van de handgrepen van de participant te krijgen. Door uit te gaan van een gemiddelde waarde worden metingen die berusten op toeval minder zwaar meegerekend. Tijdens de grepen worden de waardes door de onderzoeker genoteerd.

Analysemethode:

De data die zijn verzameld bestaan uit drukmetingen uitgedrukt in bitwaarde. Deze data zijn verwerkt in Excel. Doordat tien sensorlocaties per hand worden gebruikt, worden de locaties van druk opgedeeld in tien zones. De data die zijn verzameld bestaan uit drie herhaalde grepen van de handpalm en drie herhaalde grepen van de vingers, per hand, per persoon. Om de data van participanten onderling te vergelijken wordt van elk persoon een gemiddelde waarde per sensor berekend. Het gemiddelde wordt gebruikt voor een hogere betrouwbaarheid. Bij een eenmalige meting bestaat de kans dat een abnormale waarde wordt gemeten. Een gemiddelde zorgt dat de abnormale meting wordt gecompenseerd met goede metingen. De zones van de tien participanten worden met elkaar vergeleken met behulp van een beschrijvende statistiek. Beschrijvende statistiek maakt gebruik van numerieke en grafische methoden om patronen in een gegevensverzameling te ontdekken. De grafische methode wordt gedaan met een lijndiagram. Het lijndiagram wordt gegenereerd met behulp van Excel, waarbij de X-as de sensorlocatie van de druk aangeeft en Y-as de druk in bitwaarde aangeeft. Hierdoor kunnen de gegevens van de verschillende participanten duidelijk met elkaar worden vergeleken. Door middel van de demografische gegevens en handmaat kan mogelijk een verklaring gevonden worden, indien meetgegevens van de maatnemers sterk van elkaar afwijken.

3. Resultaten

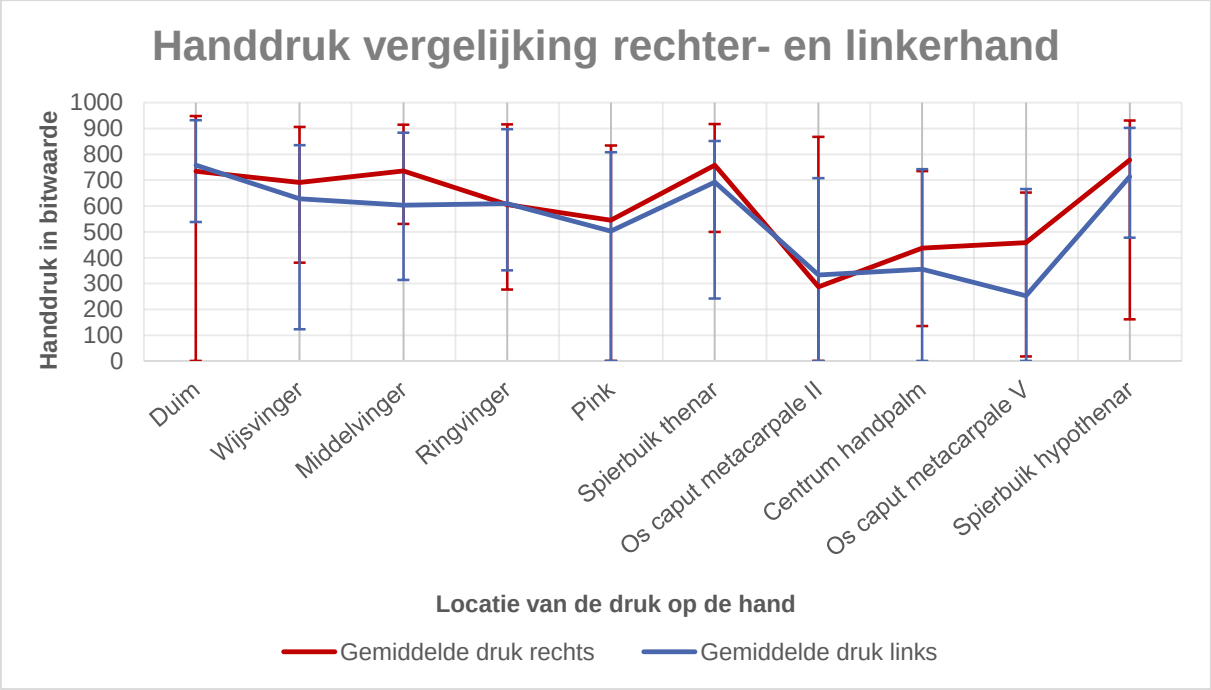
Demografische gegevens:

De participanten bestaan uit tien orthopedische maatnemers van de bedrijven OIM Brabant/Amsterdam en Livit Dordrecht. In totaal zijn tien participanten geselecteerd op basis van de inclusiecriteria. Hiervan zijn zeven participanten van OIM en drie participanten van Livit. De leeftijd van de participanten was tussen de 33 en 63 jaar, zij hebben gemiddeld 20 jaar ervaring met de Gochtse handgreep. Het verschil in ervaring met de Gochtse handgreep tussen de minst ervaren en de meest ervaren maatnemer is 19 jaar. Van de tien maatnemers zijn er tien mannen en nul vrouwen, daarvan zijn er acht rechtshandig en twee linkshandig. De gemiddelde lengte van de pols tot de top van de middelvinger is 195 mm waarvan 180 mm de kortste is en 215 mm de langste is. De gemiddelde omtrek van alle proximale interfalangeale gewrichten I t/m V (PIP) is 67,75 mm. In tabel 2. zijn de demografische gegevens van de tien participanten weergegeven.

Tabel 2. Demografische gegevens

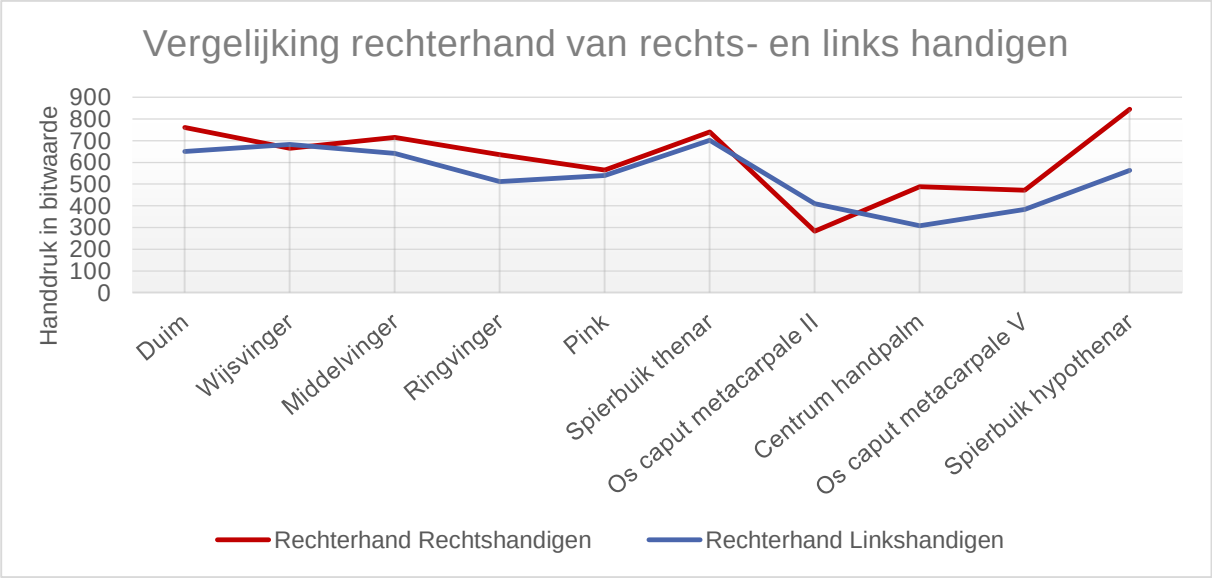
Maat-nemer	Lengte pols t/m vingers in mm.	Omtrek PIP in mm.	Bedrijf	Ervaring in jaren	Dominante-hand
1	190	80	OIM	35	Rechts
2	190	68,6	OIM	6	Rechts
3	215	64,4	OIM	8	Links
4	205	67,8	OIM	20	Rechts
5	180	63,4	OIM	28	Rechts
6	200	60	OIM	10	Links
7	195	68,4	OIM	30	Rechts
8	185	69,4	Livit	26	Rechts
9	190	63,8	Livit	10	Rechts
10	195	73,4	Livit	30	Rechts

De metingen zijn gedaan op een gezond rechter onderbeen. Om de rechter- en linkerhand van alle participanten met elkaar te vergelijken is de gemiddelde druk van de handen in een lijndiagram gezet. De hoogste en de laagste druk zijn in de lijndiagram aangegeven met errorbars (zie figuur 8). De gemiddelde druk van rechts is rood en de gemiddelde druk van links is blauw gekleurd. De maximale spreiding van de rechterhand is rood en minimale spreiding van de linkerhand blauw. De gemiddelde druk van rechts en links volgen elkaar redelijk op. Ook is te zien dat rechts gemiddeld een hogere druk geeft dan links. Als gekeken wordt naar de aparte locaties is te zien dat de handpalm net zo'n hoge druk kan geven als de vingers. Hierbij is het verschil in druk van de middelvinger en os caput metacarpale V het grootst. Opvallend is dat de spreiding bij de os caput metacarpale V van rechts en links wel ongeveer gelijk is. De maximale waarde van rechts en links volgen elkaar meer op, dan de minimale waarde van links en rechts. Bij de minimale waarde zijn de duim, wijsvinger, middelvinger, spierbuik thenar en spierbuik hypothenar in drukverschil het grootst. Opvallend is dat meerdere keren een waarde van nul is gemeten, namenlijk bij de duim, pink, os caput metacarpale II, centrum handpalm en os caput metacarpale V. De laagste gemiddelde waarde is te zien bij os caput metacarpale II en V en bij het centrum van de handpalm.

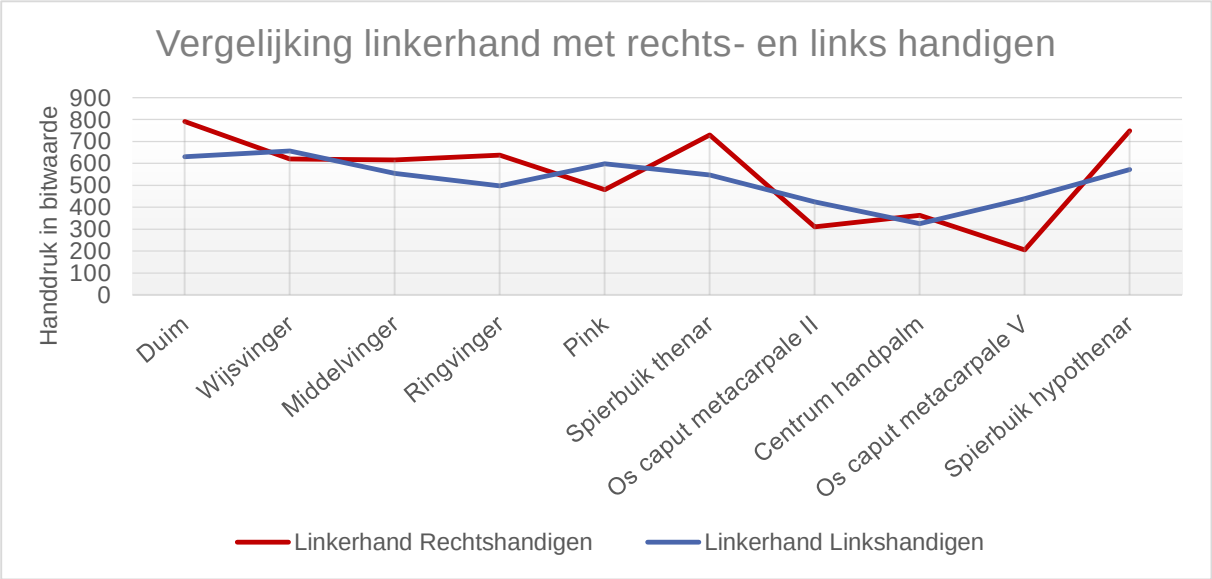


Figuur 8. Handdruk vergelijking van de rechter- en linkerhand

Het verschil van de rechterhand tussen rechts- en linkshandigen is te zien in figuur 9. Hierin is te zien dat de handdruk elkaar redelijk opvolgt maar dat de rechtshandigen een hogere druk geven op de wijsvinger en os caput metacarpale II na. Het verschil van de linkerhand tussen rechts- en linkshandigen is te zien in figuur 10. Hierin is te zien dat waarde van de linkerhand van de rechtshandigen iets hoger ligt dan de linkerhand van de linkshandigen. De linkerhand van de linkshandigen heeft minder hoge en lage uitschieters in drukwaarde dan de rechtshandigen, de lijn is constanter.

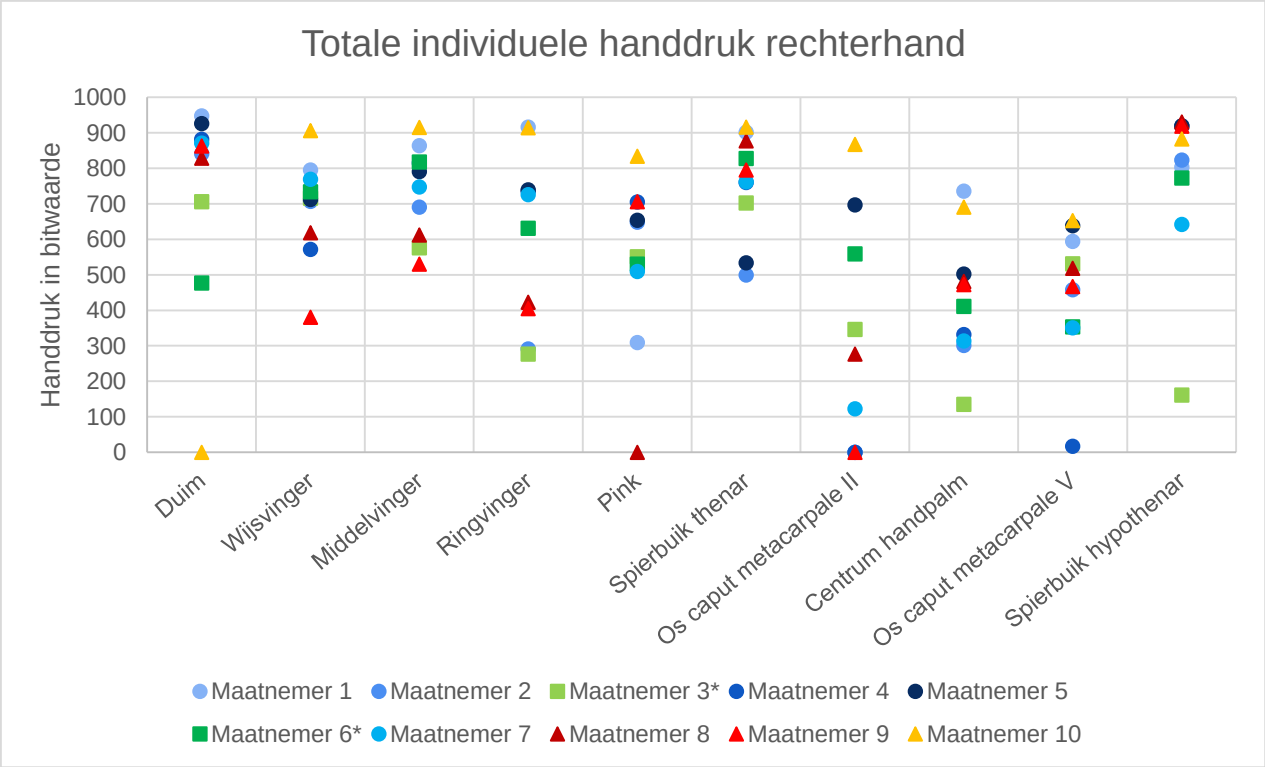


Figuur 9. Vergelijking handdruk rechterhand van rechts- en linkshandigen



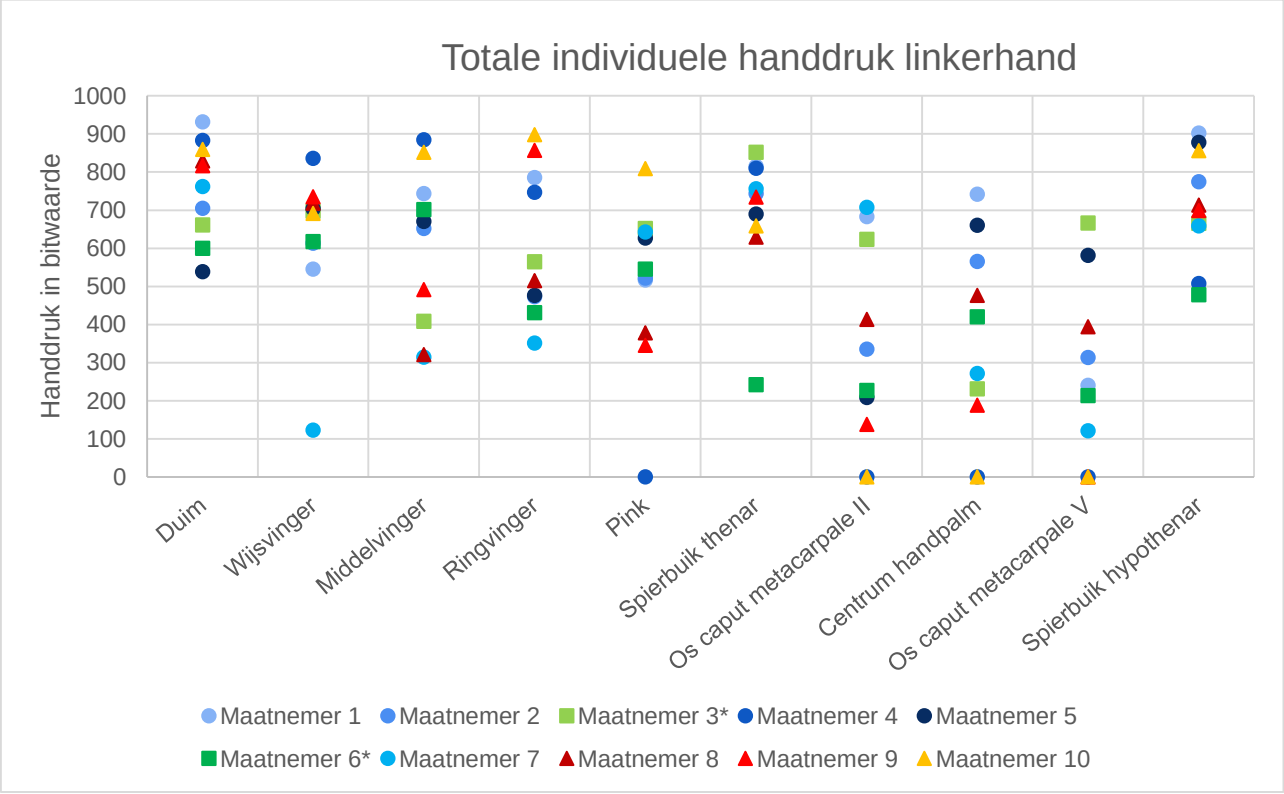
Figuur 10. Vergelijking handdruk linkerhand van rechts- en linkshandigen

De individuele handdruk in bitwaarde van de tien locaties op de palmzijde van de rechter- en linkerhand is in figuur 11 en 12 te zien. De blauwe kleuren geven rechtshandigen OIM maatnemers aan, de groene kleuren geven linkshandigen OIM maatnemers aan en de rode of oranje kleuren geven rechtshandigen Livit maatnemers aan. Hierin is te zien dat de handdruk van OIM en Livit van elkaar en onderling verspreid zijn. In de grafiek is te zien dat druk geclusterd is bij bijvoorbeeld de duim en spierbuik thenar. De rechter duimdruk van linkshandigen is lager dan de rechter duimdruk van rechtshandige maatnemers, ondanks dat minimale waarde van de rechterduim van rechtshandigen een lagere waarde geeft dan die van de linkshandigen. De handdrukken die buiten de clusters vallen zijn van meerdere en verschillende maatnemers. Buiten de clusters zijn ook nulwaardes gemeten. De nulwaardes zijn meegerekend omdat de nulwaardes aangeven waar geen druk gegeven wordt. Van alle vingers hebben de pinken de laagste drukwaardes. Bij de palm zijn dat het centrum van de handpalm, os caput metacarpale II en V. Bij deze lage waardes zijn ook weer nulwaardes gemeten.



** Linkshandig*

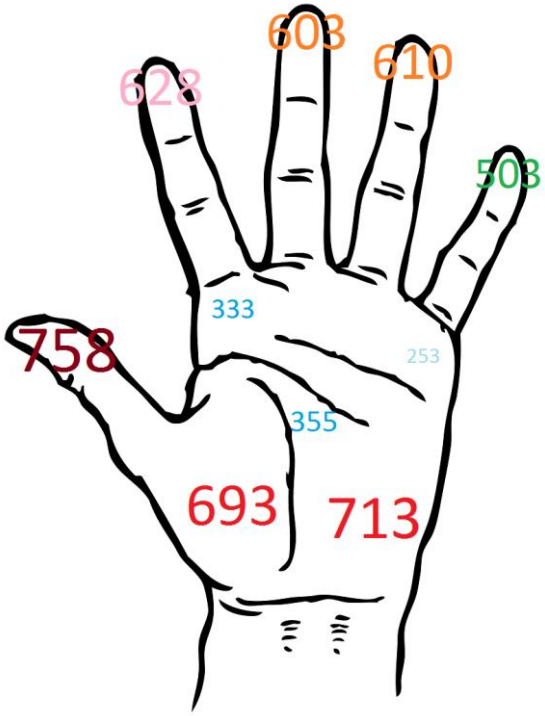
Figuur 11. Totale handdruk rechterhand



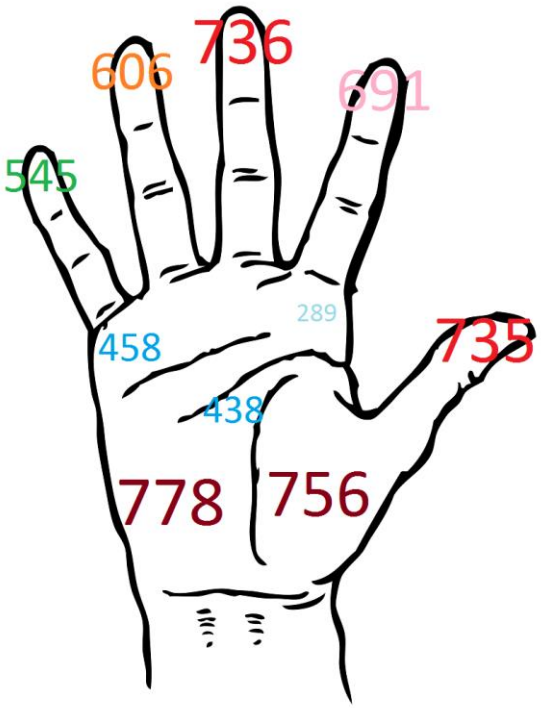
** Linkshandig*

Figuur 12. Totale handdruk linkerhand

De totale gemiddelde handdruk op de palmzijde van de hand van de maatnemers is grafisch te zien in de figuren 13 en 14. De druklocatie en de hoeveelheid druk in bitwaarde zijn weergeven. De kleurcodering is zo ingesteld dat hoe hoger de druk, hoe warmer de kleur is en groter de cijfers zijn. Hieraan is te zien dat de rechterhand gemiddeld meer druk geeft dan de linkerhand. Opvallend is dat de sensoren aan de buitenkant van de handen een hogere druk aangeven dan de sensoren in het midden van de handen. De wijsvinger, middelvinger, pink, spierbuiken, centrum van de handpalm en os caput metacarpale V, hebben bij de rechterhand een hogere druk dan bij de linkerhand. Het grootste drukverschil tussen links en rechts is bij de os caput metacarpale V. Bij rechts is dit 458 bitwaarde ten opzichte van 253 bitwaarde links. De rechter middelvinger geeft daarna het grootste drukverschil, bij rechts 736 bitwaarde ten opzichte van met 603 bitwaarde links.



Figuur 13. Gemiddelde handdruk links. Bron: http://www.clipartpanda.com/categories/back-of-hand-drawing



Figuur 14. Gemiddelde handdruk rechts. Bron: http://www.clipartpanda.com/categories/back-of-hand-drawing

4. Discussie

Het doel van dit onderzoek is: het weergeven hoeveel druk en waar op de handpalm druk wordt gegenereerd tijdens een conventionele onderbeenstompmaatname met behulp van de Gochtse handgreep. Dit levert een bijdrage aan de ontwikkeling van de digitale maatnamehandschoen van het project High Touch. Door het kwantificeren van de maatnamen in de orthopedische technologie, kan kennis en informatie duidelijker en makkelijker worden overgedragen. Om dit te onderzoeken is een prototype digitale maatnamehandschoen met druksensoren gebruikt. Door middel van druksensoren is de handdruk te meten en te kwantificeren. Met behulp van deze digitale maatnamehandschoen zijn bij tien verschillende maatnemers de handdruk op de palmzijde van de hand gemeten tijdens een maatname.

Interpretatie resultaten

Aan de hand van de vergelijkingen in figuur 6 is te zien dat de rechterhand een hogere gemiddelde druk geeft dan de linkerhand. Tevens is bij de duim te zien dat de laagste druk wisselt. Daarnaast is in de vergelijking te zien dat de hoogste druk van de rechter- en linkerhand redelijk gelijk zijn. Bij de rechterhand leveren de wijs- en middelvinger een hogere druk dan die van de linkerhand. De verklaring hiervoor is dat de mediale condyle van het rechteronderbeen meer druk kan verdragen. Aangezien de wijs- en middelvinger de contouren van de mediale lip bij de onderbeenkoker vormen, mogen de wijs- en middelvinger hier meer druk geven (Hohmann & Latta, 2005). Door hier harder te drukken met de vingers tijdens de maatname zal de mediale lip van de uiteindelijke onderbeenkoker meer boven de mediale condyle drukken. Dit zorgt voor een betere drukverdeling van de onderbeenkoker en hierdoor worden gevoelige punten beter ontlast tevens zorgt dit voor een betere ophanging van de onderbeenkoker(Hohmann & Latta, 2005).

Daarnaast laten de errorbars van figuur 6 zien dat de spreiding van druk op alle plekken van de handen tussen verschillende maatnemers groot is. Aangezien de spreiding van nul bitwaarde tot 933 bitwaarde kan verschillen dit komt overeen met een verschil van 0 N/cm² tot en met 11 N/cm². De grote spreiding in drukwaarde kan komen door de gepersonaliseerde handdruk, dit ontstaat doordat elke maatnemer zijn eigen ervaring opbouwt en in het algemeen zijn eigen modellen corrigeert. Een maatnemer kan bijvoorbeeld op een bepaalde plek zacht drukken maar op die plek veel corrigeren in het gips terwijl een andere maatnemer op een bepaalde plek hard drukt en op die plek weinig corrigeert in het gips. Daardoor kunnen de maatnemers geen standaardprotocol aannemen en ontstaan persoonlijke voorkeuren tijdens het maatnemen, hierdoor kan de maatnemer variëren in druk (Holtkamp, 2002). Daarnaast verschillen de maatnemers in meerdere opzichten van elkaar, bijvoorbeeld in lengte, omtrek van de handen en in ervaringsjaren. Volgens het onderzoek van Mentzel et al. (2011) kan handgrootte invloed hebben op de drukkracht. In dit onderzoek wordt een verband gelegd tussen langere vingers en een hogere grijp- en drukkracht. Het onderzoek van Mentzel et al. (2011) komt niet overeen met de resultaten van dit onderzoek. Dit kan komen doordat de essentie van de studie anders is. In dit

onderzoek gaat het om de druk die nodig is bij een gipscorrectie en niet over de maximale druk die een hand kan leveren.

Opmerkelijk is dat de os caput metacarpale (II en V) en het centrum van de hand weinig en soms geen druk geven bij beide handen. De reden waarom de linkerhand (lateraal op de stomp) een lage druk geeft, kan zijn omdat de fibulakop daar zit. De fibulakop is een gevoelig botpunt dat vrijgelegd moet worden in de onderbeenkoker (Faustini, Crawford, Neptune, Rogers, & Bosker, 2005). Door minder tot geen druk te geven op de fibulakop, hoeven de maatnemers minder te corrigeren om in de onderbeenkoker de fibulakop vrij te leggen. De reden waarom hier een hoge druk kan worden gegeven kan zijn omdat de maatnemer de contouren van de fibula goed wilt overnemen in het gipsmodel. Hierdoor weet de maatnemer waar de fibulakop zich bevindt en kan dit corrigeren door gips op het gipsmodel aan te brengen. Hierdoor komt de fibulakop toch vrij te liggen. Een reden waarom de mediale stompzijde van de caput metacapale II een lage druk krijgt, is omdat tussen de stomp en het metacarpofalangeaalgewricht ruimte ontstaat wanneer de hand een grijpbeweging uitvoert. Door deze grijpbeweging kan harder worden gedrukt met de vingers en de spierbuiken van de hand. Door deze grijpbeweging wordt de onderbeenkoker aan de anterieure zijde en posterieure zijde ingedrukt waardoor de onderbeenkoker nauwer wordt zodat de onderbeenkoker een strakkere fitting krijgt (Faustini et al., 2005).

De vergelijking van rechts- en linkshandige maatnemers in figuur 7 en 8 geeft aan dat de rechtshandigen en linkshandigen elkaar in druk opvolgen. De rechtshandigen geven iets meer druk met de rechterhand, dit is te zien bij de palmdruk in figuur 7. Dit kan komen doordat het overgrote deel van de participanten de rechterhand als dominante hand heeft. De dominante hand kan preciezer worden aangestuurd en kan ook meer kracht leveren (Mentzel et al., 2011).

In de grafiek van de individuele handdruk van de rechter- en linkerhand is te zien dat bepaalde drukpunten geclusterd zitten en dat door uitschieters de spreiding groot is. De duim, spierbuik thenar en spierbuik hypothenar geven de hoogste geclusterde handdruk. De hoge geclusterde druk op de duim is mogelijk te verklaren doordat de zijkanten van de patellapees waarin gedrukt wordt, veel druk aankunnen. Door hier veel druk te geven hoeft dit in het gipsmodel minder gecorrigeerd te worden. Dit is ook terug te zien in de uiteindelijke onderbeenkoker, net onder de kokerrand waar de patellapees tegenaan komt, duwt de koker tegen de zijkanten van de patellapees (Hohmann & Latta, 2005). Opvallend is dat maatnemer tien geen duimdruk met de rechterhand geeft. Dit is te verklaren doordat de maatnemer met de PIP van de rechterduim op de linkerduim drukt, hierdoor krijgt de sensor geen druk. Wel geeft maatnemer tien op de andere vingers die de lippen vormen een verhoogde druk. Maatnemer tien geeft aan dat bij de lippen weinig gecorrigeerd hoeft te worden maar wel veel op de plek waar de duim drukt. De hoeveelheid gips die gecorrigeerd moet worden is onbekend doordat dit per persoon anders is. Daarnaast valt het op dat maatnemer acht geen druk met de pink geeft. Dit komt doordat maatnemer acht zijn vingers ver spreidt tijdens de maatname. Wanneer de correlatie tussen de

hoeveelheid druk en gipscorrectie wordt onderzocht, kan gezocht worden naar de hoeveelheid druk waarbij zo min mogelijk gips gecorrigeerd hoeft te worden. Dit kan voor tijdbesparing zorgen.

De grafische weergave in figuur 11 en 12 toont aan dat de vingertoppen en spierbuiken van de handen de hoogste druk geven. Het centrum van de hand geeft een lagere druk, dit kan door de grijpbeweging verklaard kan worden. Bij het grijpen komen de vingers en spierbuiken dichter bij de stomp terwijl het centrum van de handpalm verder van de stomp af komt. Het grootste verschil tussen links en rechts is de os caput metacarpale V met een gemiddeld verschil van 205 bitwaarde wat ongeveer overeenkomt met 1 N/cm². In vergelijking met de maximale druk van 11 N/cm² is dit een klein verschil. Ondanks dat dit een klein verschil is, kan dit verschil er wel voor zorgen dat het gips minder diep wordt ingedrukt. Het verschil van de os caput metacarpale V is mogelijk te verklaren door de ontlasting van de fibulakop zoals hierboven besproken is.

Sterke punten en beperkingen

Een sterk punt van dit onderzoek is dat maatnemers met een groot verschil in ervaring hebben deelgenomen aan dit onderzoek. Door de diversiteit aan ervaringen zijn verschillende geïsoleerde en gepersonaliseerde grepen beschikbaar geweest voor dit onderzoek. Door deze diversiteit is een grote spreiding gemeten, die voor een hogere generaliseerbaarheid zorgt die nuttig is bij het analyseren van de data. Daarnaast is in dit onderzoek de gehele handpalmzijde onderzocht. Hierdoor is de rol van de handpalm duidelijker geworden en blijkt deze net zo'n hoge druk toe te passen als de vingers. De handpalm zorgt ervoor dat de fitting onder de mediale- en laterale lippen bij de onderbeenkoker strakker wordt. De verwachting was dat de vingers een hogere druk zouden geven dan de handpalm omdat de vingers actiever zijn bij grijpbewegingen (Mentzel et al., 2011). In het kort moeten de kokerlippen en de fitting eronder, de krachten op de stomp verdelen. Daarom wordt een hoge druk gegeven bij de vingers en de handpalm (Hohmann & Latta, 2005).

Een beperking van dit onderzoek is dat tien maatnemers van OIM Brabant/Amsterdam en Livit Dordrecht hebben meegedaan aan dit onderzoek. Tien maatnemers van twee bedrijven is beperkt want in Nederland zijn meerdere bedrijven waaronder ook kleinere bedrijven. Dit onderzoek is niet representatief voor heel Nederland want de maatnemers van Noord- en Oost-Nederland zijn niet meegenomen in deze studie. Daarnaast zijn van de tien maatnemers slechts twee maatnemers linkshandig. De twee linkshandigen zijn niet representatief genoeg voor de vergelijking met de rechtshandigen. De kans dat een of beide van de linkshandigen een uitzonderlijke meting geeft is groot. Om dit te voorkomen zouden meerdere linkshandigen mee moeten doen aan dit onderzoek. Door meerdere linkshandigen zou het verschil van linkshandigen ten opzichten van rechtshandigen met meer zekerheid kunnen worden waargenomen.

Een volgende beperking is dat alleen het rechterbeen is maatgenomen. Een rechter- en linkerbeen zijn niet symmetrisch en geven daarom een andere drukwaarde. Om te kijken of de dominante hand meer druk geeft dan de niet-dominante hand zou een maatnemer het rechter- en linkerbeen moeten

maatnemen. Op deze manier behandeld elke hand zowel de mediale als de laterale zijde van het been. Omdat de dominante hand door de maatnemer beter te besturen is en meestal sterker is kan dit ervoor zorgen dat de dominante hand anders grijpt en meer druk geeft. Aan de hand van deze gegevens kan eventueel een conclusie worden getrokken of een dominante hand meer druk geeft dan de niet dominante hand. Door een andere grijpmethode kan een onderbeenkoker die is maatgenomen door een rechter- of linker dominante hand verschillen.

De maatnamehandschoen die gebruikt is heeft bovendien ook een aantal beperkingen. Tijdens de maatnames verschoven de druksensoren ondanks dat deze met klittenband vast zaten op de digitale maatnamehandschoen. Dit komt doordat de stof van de handschoen vrij over de handen van de maatnemers kon glijden. Daarnaast waren deze sensoren ook beplakt met 3 mm Campolite om de sensoren te beschermen tegen het te ver doorbuigen. Door buigingen kunnen de sensoren namelijk snel beschadigen. Voor Campolite is gekozen omdat het materiaal licht en buigzaam is. Een nadeel van dit materiaal is dat de dikte minimaal 3 mm moet zijn. Onder de 3 mm is Campolite te slap en buigbaar om een beschermende functie tegen buigen te hebben. De 3 mm dikte heeft als nadeel dat er minder direct contact tussen de stomp en de maatnemers is. Acht van de tien maatnemers gaven aan dat zij minder goed konden voelen hoeveel druk zij op de stomp gaven. Doordat de maatnemers minder goed konden voelen hoeveel druk zij gaven, konden zij mogelijk te veel of te weinig druk geven tijdens de maatname van dit onderzoek. Bij de duim lag het gemiddelde verschil van te veel of te weinig druk tussen 800 en 900 bitwaarde wat overeenkomt met een verschil van 4 N/cm². In vergelijking met de maximale druk van dit onderzoek 11 N/cm² is dit een groot verschil. Daarnaast waren de sensorlocaties beperkt. Ondanks dat de maatnemers geïnstrueerd zijn om zo natuurlijk mogelijk de maatname uit te voeren, was op te merken dat de maatnemers eerder geneigd zijn de drukverdeling van de maatname aan te passen en meer te focussen en dus meer druk te geven, op de sensoren. Dit zorgt voor bias door ongewenste hogere drukmetingen.

Conclusie en aanbevelingen

Conclusie

De hoofdvraag van dit onderzoek is: “hoeveel druk en waar op de palmzijde van de hand wordt druk gegenereerd tijdens de conventionele maatname met behulp van de Gochtse handgreep van een onderbeenkoker?” De hoeveelheid druk die wordt gegeven ligt tussen nul en 933 bitwaarde oftewel 0 N/cm² en 11 N/cm². De gemiddelde maximale duimdruk bij het onderzoek van Oostrom (2013) is 10,5 N/cm². Omdat de gehele palmzijde van de hand bij de meeste maatnemers wordt gebruikt is het belangrijk dat de gehele palmzijde van de hand wordt meegenomen bij de ontwikkeling van een digitale maatnamehandschoen. Hierbij is de druk bij de meeste maatnemers over de gehele handpalm verdeeld. Bij de duim en de twee spierbuiken van de handpalm wordt de meeste druk gegenereerd tijdens een maatname. Dit betekent dat de sensoren die hier geplaatst zijn meer druk te verduren krijgen en dus duurzamer moeten zijn dan de andere sensoren. De os caput metacarpale (II en V), het centrum van de handpalm en de pink genereren de minste druk tijdens een maatname. Op plekken waar veel druk wordt gegeven kan het verstandiger zijn om meerdere sensoren te plaatsen om de precieze plek van de druk te bepalen. Bij de vingers is het belangrijk om deze sensoren ook gedeeltelijk aan de zijkant te plaatsen omdat de sensoren hierheen kunnen verschuiven bij de maatnames. Door hier meer sensoren te plaatsen wordt de verschuiving opgevangen door de naastliggende sensoren. Op het centrum van de handpalm, waar minder druk wordt gegeven, kan een grote (in de diameter) sensor worden geplaatst omdat deze ruimte ten opzichte van de rest van de hand groot en vlak is. Bij de plaatsing van de sensoren op os caput metacarpale I tot en met V is het belangrijk om rekening te houden met de buiging van de hand.

Tussen rechts- en linkshandigen en de rechter- en linkerhand zitten gemiddeld geen grote verschillen. Mede hierom hoeft er geen speciale links of rechtshandige digitale maatnamehandschoen te worden ontwikkeld. Door een gestandaardiseerde maatnamehandschoen zijn deze maatnamehandschoenen universeel te gebruiken.

Aanbeveling

De druk tussen de vingertoppen en os caput metacarpale I tot en met V is nog niet onderzocht en daarom kan nog geen uitspraak worden gedaan over de plaatsing van de sensoren op deze gebieden. Het leren uitvoeren van maatnames voor een orthopedisch hulpmiddel met behulp van gekwantificeerde data is nog niet onderzocht. Om te ontdekken hoe groot de bijdrage van gekwantificeerde data is bij het leren maatnemen van een orthopedisch hulpmiddel is een vervolgonderzoek nodig. Als uit dat onderzoek blijkt dat gekwantificeerde data een grote bijdrage levert aan het leren maatnemen, is gekwantificeerde data het investeren waard om door te ontwikkelen. Door sneller te kunnen leren maatnemen, kunnen in de toekomst de studenten eerder op niveau worden gebracht om de praktijk te ondersteunen.

Het verband tussen een hoge drukkracht en het corrigeren van het gips is nog niet bekend. Omdat een hoge druk een smallere omtrek veroorzaakt is het mogelijk dat er minder omtrekversmalling plaats hoeft te vinden tijdens de correctie. Dit is nog niet duidelijk en kan nog worden onderzocht. Door dit te onderzoeken kan een verband worden gelegd tussen drukkracht en gipscorrectie. Deze informatie kan gebruikt worden bij het corrigeren van een gipsmodel. Wanneer metingen direct op een gipsmaatname wordt uitgevoerd moet rekening gehouden worden met het feit dat de sensoren waterbestendig moeten zijn. De sensoren die voor dit onderzoek werden gebruikt zijn niet waterbestendig.

Om de geleverde druk nog beter vast te leggen kan in de toekomst, naast druksensoren ook gebruik gemaakt worden van positiesensoren. De positiesensoren zouden de locatie van druk overzichtelijk op de computer kunnen weergeven. Dit zijn referentiepunten die positief kunnen bijdragen aan het digitaal corrigeren omdat de precieze locatie en druk gekwantificeerd kunnen worden.

Literatuurlijst

Arduino. (2015). Arduino. Retrieved 16 mei, 2015, van http://www.arduino.cc/

Conrad. (2015). Druksensor Interlink FSR-402 ± 10 g - 10 kg. Retrieved 24 mei, 2015, van https://www.conrad.nl/nl/druksensor-interlink-fsr-402-10-g-10-kg-503369.html

Faustini, M. C., Crawford, R. H., Neptune, R. R., Rogers, W. E., & Bosker, G. (2005). Design and analysis of orthogonally compliant features for local contact pressure relief in transtibial prostheses. *J Biomech Eng, 127*(6), 946-951.

Geertzen, J. H. B., & Rietman, J. S. (2008). *Amputatie en prothesiologie van de onderste extremiteit*: Boom Lemma.

Grijsen, S. (2011). *De ontwikkelingen in de orthopedie met betrekking tot de maatname.* verkregen van https://hbo-kennisbank.nl/record/oai:repository.samenmaken.nl:smpid:28351

Healthcare, B. (2015). Basko Healthcare.

HIT, L. (2012). Projectvoorstel: High Touch in Orthopaedics II.

Hohmann, D., & Latta, L. L. (2005). *Orthopädische Technik*: Thieme.

Holtkamp, F. (2002). Cad Cam in de Orthopedie techniek *Lemma* (pp. 19). Utrecht.

Holtkamp, F. (2010). Onderzoek en Innovatie bij Fontys Orthopedische (Schoen) Technologie Digitaal maatnemen met "gevoel". *NVOS-Orthobanda, 1*, 39.

Instructables. (2015). FSR tutorial. Retrieved 26 juni, 2015, van http://www.instructables.com/id/FSR-Tutorial/?ALLSTEPS

Mentzel, M., Apic, G., Wachter, N. J., Bauknecht, S., Gulkin, D., & Gulke, J. (2011). [Assessment of force patterns of different primary grips through dynamic force measurement using a sensor glove]. *Handchir Mikrochir Plast Chir, 43*(3), 155-161. doi: 10.1055/s-0031-1271805

Oostrom, K. (2013). *Gegeven druk bij de maatname van onderbeenprotheses.* (Bachelor), Fontys, Eindhoven.

Ruder, G. K. (1992). CAD CAM trans-tibial temporary prosthesis: analysis and comparison with an established technique. *Prosthet Orthot Int, 16*(3), 189-195.

Safari, M. R., & Meier, M. R. (2015). Systematic review of effects of current transtibial prosthetic socket designs-Part 1: Qualitative outcomes. *J Rehabil Res Dev, 52*(5), 491-508. doi: 10.1682/jrrd.2014.08.0183

Sanders, Allyn, K. J., Harrison, D. S., Myers, T. R., Ciol, M. A., & Tsai, E. C. (2012). Preliminary investigation of residual-limb fluid volume changes within one day. *J Rehabil Res Dev, 49*(10), 1467-1478.

Sanders, J. E., Rogers, E. L., Sorenson, E. A., Lee, G. S., & Abrahamson, D. C. (2007). CAD/CAM transtibial prosthetic sockets from central fabrication facilities: How accurate are they? *J Rehabil Res Dev, 44*(3), 395.

Sewell, P., Noroozi, S., Vinney, J., & Andrews, S. (2000). Developments in the trans-tibial prosthetic socket fitting process: a review of past and present research. *Prosthet Orthot Int, 24*(2), 97-107.

Van der Schaaf, W. (2010). Het vervaardigingsproces van een trans-tibiale prothese. Vergelijkende studie van de conventionele en de E.T.S.-methode.

Bijlage I Informatiebrief

Breda, 28-april-2015

Geachte heer/mevrouw,

Inleiding
U ontvangt deze brief omdat u ervaring heeft met de Gochtse handgreep. Ik vraag u om mee te doen aan een afstudeeronderzoek met de titel; De druk van de hand bij de conventionele maatname van een onderbeenkoker. Dit onderzoek wordt gedaan door mij, een eindejaars HBO student vanuit de opleiding Orthopedische Technologie van Fontys Hogescholen en gaat over het kwantificeren van de druk op de palmzijde van de hand tijdens een Gochtse handgreep.
Voordat u de beslissing neemt, is het belangrijk om meer te weten over dit onderzoek. Lees deze informatiebrief rustig door. Indien tijdens het lezen van deze brief vragen ontstaan, kunt u met mij contact opnemen. Mijn contactgegevens staan onder aan deze brief.

Doel van het onderzoek
Het doel van dit onderzoek is de druk op de handpalmen van verschillende orthopedische maatnemers te meten, met behulp van druksensoren. Hierdoor kan een ervaren maatnemer duidelijk aangeven waar en hoeveel druk wordt geven aan een onervaren maatnemer.

Wat houdt het onderzoek in voor u?
Deelname aan dit onderzoek gebeurt in drie stappen. Eerst worden de demografische gegevens ingevuld. Daarna wordt uw handgrootte opgemeten. Vervolgens trekt u een handschoen aan waarop sensoren worden geplaatst. Met deze handschoen wordt de druk op de palmzijde van de hand opgemeten tijdens een Gochtse handgreep. De meting gebeurt eerst op de rechter hand (eerst vingers dan de palm) en wordt vervolgens op de linkerhand herhaald. Per hand wordt drie keer gemeten, dus in totaal 12 metingen. Deze stappen nemen ongeveer 15 tot 20 minuten tijd in beslag.

Vrijwillige deelname
U beslist zelf of u meedoet aan het onderzoek, deelname is vrijwillig. Als u besluit niet mee te doen, hoeft u verder niets te doen. U hoeft ook niet te aan te geven waarom u niet wilt meedoen. Als u wel meedoet, kunt u zich altijd bedenken en toch stoppen, ook tijdens en na het onderzoek. De data wordt dan vernietigd.

Wat gebeurd er met de uitkomsten?
Het onderzoek is volledig vertrouwelijk en de gegevens zullen anoniem worden verwerkt. Dat betekent dat individuele personen niet herkenbaar zullen zijn. Onderzoeksgegevens kunnen slechts met uw toestemming door mij en door de begeleiding vanuit de opleiding worden ingezien. De informatie wordt gebruikt om de druk van de palmzijde van de hand tijdens een Gochtse handgreep in kaart te brengen. Deze gegevens kunnen vervolgens bijdragen aan de ontwikkeling van een digitale maatnamehandschoen. Nadat het onderzoek is afgerond worden de gegevens vernietigd.

Met vriendelijke groet,

Shumie Loo, Student Orthopedische Technologie

Onderzoeker:	Shumie Loo
Mobiel nummer:	06-48011223
Email:	s.loo@student.fontys.nl
Afstudeerbegeleider:	Lianne Grin
Telefoonnummer:	08850-78192
Email:	l.grin@fontys.nl

Bijlage II Informed consent

Verklaring deelnemer:
Ik heb de informatiebrief voor de deelnemers gelezen en heb aanvullende vragen kunnen stellen. Ik weet dat deelname aan het afstudeeronderzoek geheel vrijwillig is. Ik weet dat ik op ieder moment kan beslissen om toch niet mee te doen. Daarvoor hoef ik geen reden te geven.

Ik heb voldoende informatie gekregen en heb besloten mee te doen aan dit onderzoek.

Ik geef toestemming om mijn gegevens te gebruiken, voor de doelen die in de informatiebrief staan.
Ik geef toestemming om mijn onderzoeksgegevens gedurende looptijd van het onderzoek te bewaren.

Naam proefpersoon:

Datum:

Handtekening:

Verklaring onderzoeker:
Ik verklaar hierbij dat ik deze deelnemer volledig heb geïnformeerd over het genoemde afstudeeronderzoek.

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

Naam onderzoeker: Shumie Loo

Datum:

Hantekening:

Bijlage III Demografische gegevens

Demografische gegevens High touch digitale maatname:

Algemene gegevens

Datum		**Wat is uw geslacht**	Man / Vrouw
Initialen		**Dominante hand**	Links / Rechts
Bedrijf		**Leeftijd in jaren**	
Participant nummer		**Lichaamslengte in cm**	
Jaren ervaring met Gochtse handgreep		**Lichaamsgewicht in kg**	

<u>Afmetingen van de hand:</u>

Wat zijn de afmetingen van uw handen in millimeter?

- Lengte pols tot de top van de middelvinger
  …
- Een gemiddelde omtrek van alle proximale interfalangeale gewricht I t/m V (PIP)
  …

<u>Digitale maatname van de palmzijde van de hand:</u>

	Rechterhand	**Linkerhand**
Gemiddelde druk sensor 1 *Duim*		
Gemiddelde druk sensor 2 *Wijsvinger*		
Gemiddelde druk sensor 3 *Middelvinger*		
Gemiddelde druk sensor 4 *Ringvinger*		
Gemiddelde druk sensor 5 *Pink*		
Gemiddelde druk sensor 6 *Spierbuik thenar*		
Gemiddelde druk sensor 7 *Os caput metacarpale II*		
Gemiddelde druk sensor 8 *Centrum handpalm*		
Gemiddelde druk sensor 9 *Os caput metacarpale V*		
Gemiddelde druk sensor 10 *Spierbuik hypothenar*		

Hartelijk dank voor uw bijdrage.

Bijlage IV Arduino uno programmeer code

```
int fsrPin1 = 0; // the FSR and 10K pulldown are connected to a0
int fsrPin2 = 1;
int fsrPin3 = 2;
int fsrPin4 = 3;
int fsrPin5 = 4;
int fsrReading1; // the analog reading van the FSR resistor divider
int fsrReading2;
int fsrReading3;
int fsrReading4;
int fsrReading5;

void setup(void) {
// We'll send debugging information via the Serial monitor
Serial.begin(9600);
}

void loop(void) {
fsrReading1 = analogRead(0);
fsrReading2 = analogRead(1);
fsrReading3 = analogRead(2);
fsrReading4 = analogRead(3);
fsrReading5 = analogRead(4);

Serial.print("Analog reading = ");
Serial.print("\t");
Serial.print(fsrReading1); // the raw analog reading
Serial.print("\t");
Serial.print(fsrReading2);
Serial.print("\t");
Serial.print(fsrReading3);
Serial.print("\t");
Serial.print(fsrReading4);
Serial.print("\t");
Serial.println(fsrReading5);

delay(1000);
}
```