

REACH OUT FOR STABILITY

Een pilotstudie naar de zijwaartse stabiliteit van rolstoelkussens op basis van
een 'modified Functional Reach Test'



JUNI 2018
NIELS VREEDE
Bachelor scriptie
Mens en Techniek | Bewegingstechnologie
De Haagse Hogeschool

Reach out for stability
Juni 2018
Niels Vreede - 13099221

Bachelor scriptie
Mens en Techniek | Bewegingstechnologie
De Haagse Hogeschool

Begeleiding:
Martijn van der Ent
Wytze van der Zee

In opdracht van:
Vicair B.V.



DE HAAGSE
HOGESCHOOL



Voorwoord

Het onderzoek beschreven in deze scriptie is uitgevoerd in het kader van het afstuderen aan de opleiding Mens en Techniek | Bewegingstechnologie aan De Haagse Hogeschool te Den Haag.

Dank gaat uit naar alle medewerkers van Vicair te Wormerveer voor het verzorgen van een aangename werkomgeving en de geboden ondersteuning.

Dank gaat uit naar KIRO Flightcases voor het verzorgen van materialen en het openstellen van de werkplaats met de daarbij behorende apparatuur.

In het bijzonder wil ik Martijn van der Ent en Tim Helming bedanken voor de begeleiding vanuit respectievelijk school en Vicair.

Heeze, 01-06-2018.

Samenvatting

Voor personen die vanwege een aangeboren afwijking of een trauma niet of niet goed meer kunnen lopen is een rolstoel van levensbelang om mobiel te blijven. Een belangrijk aspect van de rolstoel is het rolstoelkussen, welke onder andere moet zorgen voor stabiliteit, positionering, drukverdeling en comfort. Door de rolstoelkussens op te delen in compartimenten en deze te vullen met de door hen ontwikkelde Smartcells, wil Vicair zich onderscheiden op stabiliteit.

De hoofdvraag die daarom is opgesteld luidt als volgt:

“Hoe verhouden Vicair-rolstoelkussens zich op het gebied van stabiliteit ten opzichte van kussens met een andere vulling en opbouw?”

Er is in dit project onderzoek gedaan naar waar de stabiliteit van een rolstoelkussen op is gebaseerd en van welke factoren dit afhangt. Om onderscheidend te kunnen zijn op het gebied van stabiliteit moet de definitie hiervan duidelijk zijn.

In dit onderzoek is de volgende definitie van stabiliteit aangehouden:

Stabiliteit is de mate waarin een rolstoelkussen in staat is weerstand te bieden tegen het omvallen van een persoon tijdens het reiken.

Uit de analyse komt naar voor dat het kussen dat de grootste steunvlakvergroting kan realiseren, in combinatie met de grootste reactiekracht van het kussen, als het meest stabiel wordt beschouwd. Deze reactiekracht zorgt namelijk voor een moment dat tegengesteld is aan de draairichting van een persoon wanneer deze omvalt.

Stabiliteit is een parameter die enkel te bepalen is aan de hand van, van stabiliteit afgeleide waardes. Om die reden is onderzoek uitgevoerd om een manier te vinden deze parameter inzichtelijk te kunnen maken. Door middel van een Modified Functional Reach Test wordt een verplaatsing van het lichaamszwaartepunt gerealiseerd die kan zorgen voor een rotatie van het lichaam, op het moment dat deze buiten het steunvlak valt. Hierbij wordt gezocht naar het moment dat het lichaamszwaartepunt zover buiten het steunvlak valt, dat de uitvoerend proefpersoon nog net niet omvalt. Uit literatuur komt tevens naar voor dat de Modified Functional Reach Test een methode is waarmee op relatief eenvoudige wijze een betrouwbaar inzicht kan worden verkregen in de grenzen van de stabiliteit.

In dit onderzoek zijn zes verschillende kussens gebruikt die ten opzichte van elkaar allen onderscheidend zijn vanwege hun vulling en opbouw. Er is gebruik gemaakt van twee kussens van Vicair, deze zijn opgebouwd uit verschillende compartimenten die zijn gevuld met Smartcells. Daarnaast is er een kussen dat gevuld is met lucht en dat bestaat uit meerdere kamers. De luchtdruk hierin kan worden geregeld door middel van een ventiel; dit geeft het kussen twee standen welke beide zijn onderzocht. Daarnaast is er een kussen gebruikt dat is gevuld met een combinatie van schuim en gel. Als laatste is er een niet-rolstoelkussen gebruikt welke wordt gehanteerd als gouden standaard.

De metingen vinden plaats op een ontworpen zitproduct dat loodrecht voor een camera is geplaatst. Dit zitproduct voldoet aan de eisen die er op basis van doelgroeponderzoek aan worden gesteld. Dit wil zeggen dat het product instelbaar is op de lichaamsafmetingen van de doelgroep.

De metingen zijn uitgevoerd door twee groepen; een groep zonder lichamelijke problemen ($46,8 \pm 8,2$ jaar) en een groep met een dwarslaesie of spina bifida vanaf L2 of lager ($37,4 \pm 10,2$ jaar). De proefpersonen voeren ieder twee 'trials' uit. Eén trial bestaat uit het reiken naar de rechterkant in de richting van drie reikpunten: Downward Side Reach (DSR), Horizontal Side Reach (HSR) en Upward Side Reach (USR). Hierbij is aangenomen dat er tussen het reiken naar rechts of links geen verschil is; vandaar het reiken naar rechts. Met behulp van de camerabeelden wordt een video-analyse uitgevoerd waarbij de gereikte afstanden kunnen worden bepaald, welke vervolgens statistisch kunnen worden verwerkt (met behulp van Excel, Kinovea en SPSS).

Naast de metingen met proefpersonen is tevens onderzocht of het mogelijk is om de stabiliteit van een rolstoelkussen te kunnen voorspellen. Hiervoor is gebruik gemaakt van een fysiek model dat de realiteit zo goed mogelijk benadert. Tijdens deze modelstudie is het model, in combinatie met alle

kussens, op het zitproduct geplaatst. Vervolgens is het model aan één kant belast tot het 'omvallen' niet meer kan worden voorkomen.

Uit de resultaten blijkt dat er zowel bij de groep met beperking als bij de groep zonder beperking significante verschillen optreden tussen verschillende rolstoelkussens in de HSR en de USR. Dit wil overigens niet zeggen dat alle kussens in de parameter significant verschillend zijn, maar dat een of meerdere kussens in de parameter significant van elkaar verschillen. In de DSR-parameter zijn geen significante verschillen gevonden. Dit wil zeggen dat wanneer de proefpersoon plaats neemt op een rolstoelkussen van Vicair, er op het gebied van de HSR en USR verder gereikt kan worden dan op andere kussens.

Het is tot op heden niet mogelijk om aan de hand van een model voorspellingen te kunnen doen over de stabiliteit van een kussen. Om inzicht te verkrijgen in hoe het wel mogelijk is om aan de hand van een model voorspellingen te doen over de stabiliteit van een kussen, is het zinvol om een vervolgonderzoek te starten.

Inhoud Scriptie

Symbolenlijst	7
Inleiding	8
1. Analyse	9
1.1 Krachtenspel heup op rolstoelkussen	9
1.2 Rolstoelkussens onder belasting	13
1.3 Stabiliteit naar reach-test	15
2. Methode	16
2.1 Modified Functional Reach Test met proefpersonen met en zonder beperking	16
2.1.1 Proefpersonen	16
2.1.2 Meetprotocol	17
2.1.3 Bewerking videobeelden & statistische analyse	18
2.2 De modelstudie	19
2.2.1 Het model	19
2.2.2 Meetprotocol	19
2.2.2 Bewerking data modelstudie	20
3. Resultaten	20
3.1 Resultaten metingen proefpersonen	20
3.1.1 Resultaten Z.B en M.B. in absolute verschillen	21
3.1.1.1 Resultaten absolute verschillen groep Z.B.	21
3.1.1.2 Resultaten absolute verschillen groep M.B.	22
3.1.2 Resultaten significante verschillen in groep Z.B. en groep M.B.	22
3.1.2.1 Resultaten groep Z.B. – HSR	22
3.1.2.2 Resultaten groep zonder beperking – USR	23
3.1.2.3 Resultaten groep met beperking – HSR	24
3.1.2.4 Resultaten groep met beperking – USR	24
3.2 Resultaten modelstudie	25
4. Discussie	26
5. Conclusie	28
6. Literatuurlijst	29

Inhoud bijlagen

Bijlage A. Kussens onder belasting	1
Bijlage B. Informatie & Randomisatie proefpersonen	4
Bijlage C. Gedetailleerd meetprotocol	5
Bijlage D. Eisen en wensen kruk-ontwerp.....	7
Bijlage E. Uitwerking kruk-ontwerp.....	9
Bijlage F. Camera specificaties	10
Bijlage G. Uitwerking reachtest	11
Bijlage H. Visualisatie meetprotocol	12
Bijlage I. Dataverwerking in Kinovea	15
Bijlage J. Model + Constructie	16
Bijlage K. Test of Normality	17
Bijlage L. Test of Within-Subjects Effects	19
Bijlage M. Volledige data onderzoek.....	22
Data groep Z.B.	22
Data groep M.B.	27
Data model	32
Bijlage N. Projectplan Afstuderen	33
Bijlage O. Evaluatie persoonlijke leerdoelen.....	38

Symbolenlijst

COM = Centre of Mass = lichaamszwaartepunt; aangrijpingspunt van de zwaartekracht

CCW  = Counter Clock Wise positief = alle momenten tegen de klok in worden als positief beschouwd.

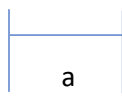
CW  = Clock Wise = alle moment met de klok mee worden als negatief beschouwd.

 = Draaipunt (verondersteld)

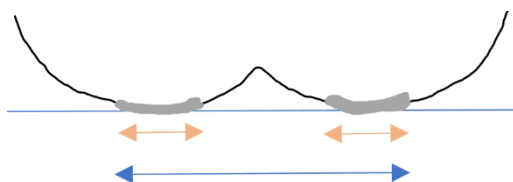
 = F_k = Kussenkracht = reactiekracht van het kussen op de zwaartekracht

 = F_n = Normaalkracht

 = F_z = Zwaartekracht

 = Momentsarm a = loodrechte afstand tussen de werklijn van een kracht en het draaipunt.

 = Rolstoelkussen (schematisch getekend)



=  = Steunpunt = punt dat contact maakt met de ondergrond

=  = Steunvlak = alle ruimte tussen de steunpunten (mits dit van toepassing is; in het geval van één steunpunt zijn het steunpunt en het steunvlak hetzelfde).

Inleiding

Rolstoelkussens zijn er vele soorten en maten. Deze verschillen uiten zich van de vulling van het kussen tot de kerntaken die een rolstoelkussen dient te realiseren. Een rolstoelkussen dient comfort te bieden, beschermend te werken tegen onder andere decubitus, een positionerende rol te vervullen en stabiliteit te geven; deze factoren bepalen de functionaliteit van het kussen.

Principiële verschillen in functie tussen kussens ontstaan door de manier waarop een kussen is opgebouwd. Een kussen kan gevuld zijn met (polyurethaan)schuim, eventueel in combinatie met een gel-achtige substantie. Het is ook mogelijk dat een kussen gevuld is met lucht, beide hebben voor- en nadelen.

Alle rolstoelkussens bieden, in meer of mindere mate, bescherming tegen decubitus. Dit wordt gedaan door de kussens zo op te bouwen en te vullen, dat het kussen zich beter naar het lichaam vormt. Hierdoor kan de druk over een groter oppervlak worden verdeeld en zal deze dus afnemen. Comfort is zeer afhankelijk van de voorkeur van de gebruiker. De positionerende functie van het kussen is afhankelijk van mate van activiteit die plaatsvindt op het kussen. Het rolstoelkussen kan worden aangepast zodat de positionerende functie van het kussen aansluit bij de behoefte die een persoon door een aandoening heeft. Vicair, een bedrijf dat zich specialiseert in hulpmiddelen voor mensen met zittuitdagingen, wil zich daarom onderscheiden op het gebied van stabiliteit van het rolstoelkussen. Stabiliteit is een belangrijke functie van het rolstoelkussen die over een lange periode constant dient te blijven. Kussens die gevuld zijn met lucht kunnen lekken waardoor de stabiliteit van het kussen minder wordt. Polyurethaanschuim, wat ook als vulling van een kussen kan dienen, verliest op den duur ook veerkracht en kan een constante stabiliteit niet waarborgen.

Vicair heeft met de ontwikkeling van de door hen ontworpen Smartcell reden om aan te nemen dat er op het gebied van stabiliteit terrein kan worden gewonnen. De Smartcell is een tetraëder-vormige cel gevuld met lucht die in veelvoud in een kussen kan worden geplaatst als vulling. Deze cellen kunnen zich binnen een kussen zonder moeite van elkaar bewegen en blijft het comfort gewaarborgd daardat het kussen zich goed naar het lichaam kan blijven vormen. Onder belasting worden de cellen tegen elkaar aangedrukt tot deze niet meer verder ingedrukt kunnen worden door de lucht die is opgesloten in de cellen. Om dit effect te optimaliseren zijn de rolstoelkussens van Vicair opgebouwd uit verschillende compartimenten. Dit heeft als gevolg dat een bepaalde hoeveelheid cellen op een bepaalde positie in het kussen kunnen worden gehouden. Hiermee kan de mate van ondersteuning worden aangepast aan de wensen en behoeften van de gebruiker en kan deze ondersteuning worden gewaarborgd over een lange periode.

De theorie van de invloed van de Smartcell op de stabiliteit van het rolstoelkussen is echter nooit getest aan de hand van stabiliteitsmetingen. De hoofdvraag van dit onderzoek luidt daarom als volgt:

“Hoe verhouden Vicair-rolstoelkussens zich ten opzichte van kussens met een andere vulling en opbouw op het gebied van stabiliteit?”

Het doel van het onderzoek is het uitvoeren van een pilotmeting om te testen of de kussens van Vicair, door middel van de Smartcells en verschillende compartimenten waaruit het kussen is opgebouwd, zich meetbaar kunnen onderscheiden op het gebied van stabiliteit. Deze pilotmeting zal worden uitgevoerd aan de hand van een praktisch uitvoerbare test.

De uitkomst van het onderzoek zal als leidraad worden gebruikt om te beredeneren of een vervolgstudie zinvol is.

Er wordt middels dit onderzoek getracht het doel te bereiken, door middel van het uitvoeren van een analysefase. In de analyse wordt gezocht naar een manier om stabiliteit te definiëren en in kaart te brengen welke variabelen deze stabiliteit kunnen beïnvloeden. Tevens wordt er literatuur onderzocht om inzicht te krijgen in welke methodes er reeds zijn toegepast om van stabiliteit een meetbare variabele te maken.

Door middel van het opstellen van een methode wordt inzicht gegeven in hoe de metingen zijn uitgevoerd om de stabiliteit van een rolstoelkussen vast te leggen. De selectie van proefpersonen, het meetprotocol, de analyse en verwerking van de verkregen data zullen hierbij de revue passeren.

De resultaten die naar voor komen uit de verwerkte data zullen worden gepresenteerd en hier zullen conclusies uit worden getrokken met betrekking tot de hoofdvraag. Daarnaast zal in de discussie worden besproken welke zaken dienen te worden toegevoegd aan een vervolgonderzoek en zal worden uitgediept welke verbeterpunten er zijn aan het afgeronde onderzoek.

1. Analyse

In dit hoofdstuk zal worden onderzocht hoe een kussen weerstand kan bieden tegen het omvallen van een persoon tijdens het reiken, hoe verschillende vullingen van kussens kunnen zorgen voor een andere weerstand en hoe in praktijk de stabiliteit kan worden gemeten.

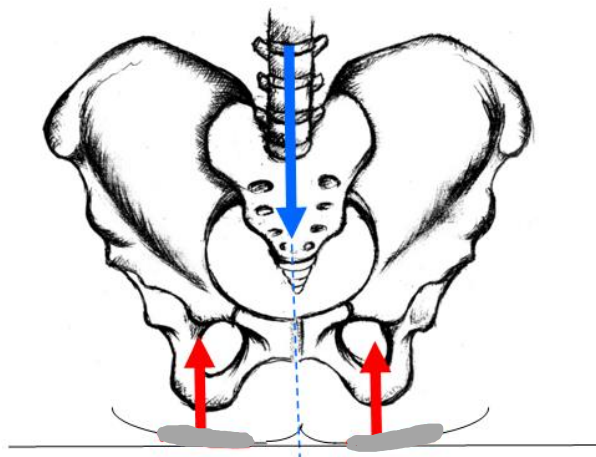
Stabiliteit is een begrip dat op veel verschillende manieren geïnterpreteerd kan worden. Voor dit onderzoek is de definitie van het begrip stabiliteit als volgt vastgelegd:

Stabiliteit is de mate waarin een rolstoelkussen in staat is weerstand te bieden tegen het omvallen van een persoon tijdens het reiken.

Aan deze definitie kan worden toegevoegd dat een persoon op een kussen stabiel wordt geacht zolang zijn COM zich binnen het steunvlak bevindt.

1.1 Krachtenspel heup op rolstoelkussen

Op het moment dat er wordt onderzocht hoe een kussen weerstand kan bieden tegen het omvallen van een persoon, worden de krachten die op een lichaam spelen interessant. Rolstoel gebonden personen reiken voornamelijk zijwaarts aangezien zij op deze manier gemakkelijker bij de grond kunnen op het moment dat dit nodig is. Wanneer een voorwerp voor de rolstoel op de grond ligt, is het minder moeite om de rolstoel een kwartslag te draaien en zijwaarts te reiken, dan te proberen het voorwerp voorwaarts reikend op te pakken. Met deze kennis is besloten om het krachtenspel rond de heup in dit hoofdstuk alleen te beschouwen vanuit het frontale vlak. Krachten en momenten die spelen in het sagittale of transversale vlak worden in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten. Als er wordt gekeken naar een situatie waarin een proefpersoon zit zonder rolstoelkussen, zoals schematisch is weergegeven in figuur 1, is snel duidelijk dit geen problemen geeft. Een lichaam is namelijk in evenwicht wanneer het COM zich binnen het steunvlak van een persoon begeeft. In figuur 1 valt het COM (het aangrijpingspunt van de zwaartekracht) binnen het steunvlak (de grijze strepen [steunpunten] en alle ruimte daartussen) en heerst er dus evenwicht.



Figuur 1 Krachtenspel tijdens rechtop zitten zonder rolstoelkussen

Doordat er evenwicht heerst, heeft het lichaam geen neiging om te gaan roteren en uiteindelijk om te vallen. De som van de krachten is namelijk gelijk aan 0; hierbij zijn krachten die naar beneden werken negatief en krachten die omhoog werken positief. De zwaartekracht (F_z – blauwe pijl) grijpt aan vanuit het lichaamsswaartepunt van de persoon en loopt richting het midden van de aarde; deze is dus negatief.

De kracht die onder invloed van de zwaartekracht door het achterwerk wordt uitgeoefend op de zetel, wordt door de zetel in tegengestelde positieve richting uitgeoefend op het achterwerk; de normaalkracht (F_n –

rode pijl). Zoals te zien is in figuur 1, valt het lichaamszwaartepunt van de persoon binnen het steunvlak, wat betekent dat er wordt aangenomen dat er statisch evenwicht heerst. Aangezien de normaalkracht de kracht is die tegen de zwaartekracht in werkt, en er in deze situatie geen andere krachten in verticale richting werken, zijn deze krachten in totaal gelijk aan elkaar. Doordat het achterwerk uit twee helften bestaat, ontstaan er tijdens het zitten twee raakvlakken met de zetel. Deze raakvlakken zijn in figuur 1 weergegeven met twee rode lijnen. Door de aanwezigheid van een raakvlak, zouden er in theorie langs het hele raakvlak normaalkrachten moeten lopen. Omdat dit een schematische weergave is, is gekozen om deze als één normaalkracht weer te geven vanuit het centrum van het raakvlak. In deze situatie zijn er dus twee normaalkrachten, die bij elkaar opgeteld tegengesteld gelijk zijn aan de zwaartekracht.

$$\sum F = -F_z + F_{n1} + F_{n2}$$

Vergelijking 1: De som van de krachten = - zwaartekracht + normaal kracht 1 + normaal kracht 2

In de situatie zoals weergegeven in figuur 1 treden er bovendien ook geen momenten op. Voor een moment is het namelijk noodzakelijk dat er twee elementen aanwezig zijn:

- Een kracht
- Een draaipunt

Een moment ontstaat in deze situatie pas wanneer de zwaartekracht buiten het steunvlak valt, aangezien er daarvoor nog geen draaipunt is. Het steunvlak bedraagt alle ruimte die zich binnen de/ het raakvlak(ken) met de zetel bevindt / bevinden. Zodra de zwaartekracht buiten het uiterste punt van een van de steunpunten valt, word er in dit onderzoek aangenomen dat er op dat punt een draaipunt ontstaat. Aangezien de zwaartekracht in deze situatie binnen het steunvlak valt, treden er geen momenten op.

$$\sum M = 0;$$

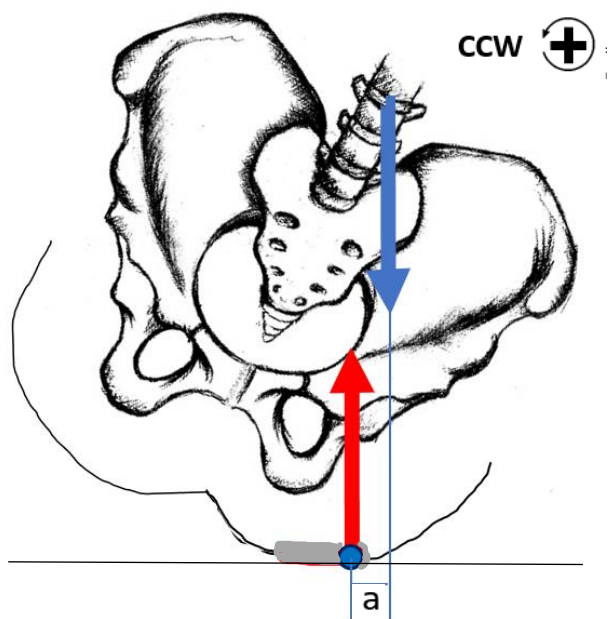
Vergelijking 2: De som van de momenten = 0

Want er treden geen momenten op doordat het lichaamszwaartepunt binnen het steunvlak ligt.

In de volgende schematische weergaven is de verplaatsing van het raakvlak als gevolg van het 'rollen' van het been over het kussen achterwege gelaten. De focus wordt gelegd op de theorie van de invloed van een rolstoelkussen op de krachten en momenten die spelen op een lichaam.

In figuur 2 is een situatie uitgebeeld waarin een proefpersoon zonder rolstoelkussen zit en naar de zijkant reikt. Door het hangen naar de zijkant komt één helft van het achterwerk los van de ondergrond en verplaatst het COM.

Doordat er nog maar één raakvlak met de ondergrond is, wordt er zoals eerder vermeld, aangenomen dat er een draaipunt ontstaat op het uiterste punt van het raakvlak zodra de zwaartekracht hier buiten valt. In het geval dat het lichaam roteert wordt het raakvlak steeds kleiner tot er alleen nog contact met de zetel via het draaipunt is.



Figuur 2 Krachtenspel tijdens het reiken zonder rolstoelkussen

Aangezien het draaipunt in dat geval het enige raakpunt is met de ondergrond, grijpt de normaalkracht in een dergelijke situatie aan in dat punt.

Nu het lichaamszwaartepunt buiten het steunvlak valt, is er een moment van de zwaartekracht om het vermeende draaipunt. Dit moment heeft een grootte van de zwaartekracht maal de loodrechte afstand van de werklijn van de kracht tot aan het draaipunt (a)

Er wordt aangenomen dat de normaalkracht in deze situatie aangrijpt in het draaipunt, deze heeft dus geen momentsarm en oefent dus geen (tegengesteld) moment uit.

In figuur 2 geldt nu:

$$\sum M \neq 0$$

Vergelijking 3: De som van de momenten $\neq 0$

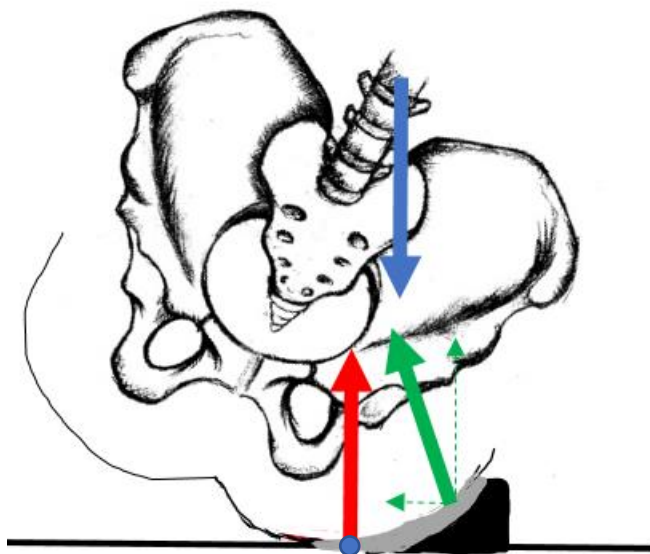
want;

$$\sum M = -F_z \times a$$

Vergelijking 4: De som van de momenten = - zwaartekracht $\times$ momentsarm a

De situatie in figuur 2 wordt als niet stabiel beschouwd.

Het toevoegen van een rolstoelkussen zorgt voor een nieuwe situatie ten opzichte van het reiken zonder rolstoelkussen. Het rolstoelkussen zorgt, zoals schematisch is weergegeven in figuur 3, voor een uitbreiding van het steunvlak. Het draaipunt wordt in deze situatie gelijk gehouden aan het draaipunt van het reiken zonder rolstoelkussen; op deze manier kan de toegevoegde waarde van het kussen in beeld worden gebracht. Door gebruik te maken van een rolstoelkussen wordt het steunvlak uitgebreid tot aan het punt waar het lichaam en het kussen geen contact meer met elkaar maken.



Figuur 3 Krachtenspel zonder momenten tijdens het reiken met rolstoelkussen

Zoals te zien in figuur 3 valt de zwaartekracht, door de toevoeging van het rolstoelkussen wederom binnen het steunvlak. Dit betekent dat er, net als in de situatie van figuur 1, geen momenten optreden omdat er geen draaipunt is.

$$\sum M = 0$$

Formule 5: De som van de momenten = 0

Door de toevoeging van het rolstoelkussen komt er tevens een nieuwe kracht in het geheel. Deze kracht is de reactiekracht van het kussen (F_k – groene pijl) ten gevolge van de zwaartekracht; de zwaartekracht drukt het lichaam tegen het kussen, dus drukt het kussen terug tegen het lichaam. Echter valt het COM binnen het steunvlak, wat betekend dat er in deze situatie

statisch evenwicht is. Dit betekent dat alle krachten elkaar op moeten heffen en samen 0 moeten zijn. De aanwezigheid van F_k zorgt in deze situatie dus niet voor veranderingen.

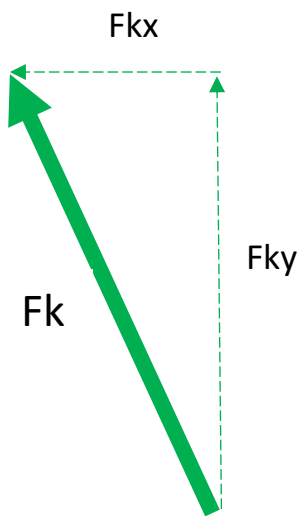
$$\sum F_y = F_n + F_{ky} - F_z$$

Vergelijking 6: De som van de krachten in verticale richting = normaalkracht + verticale kussenkracht - zwaartekracht

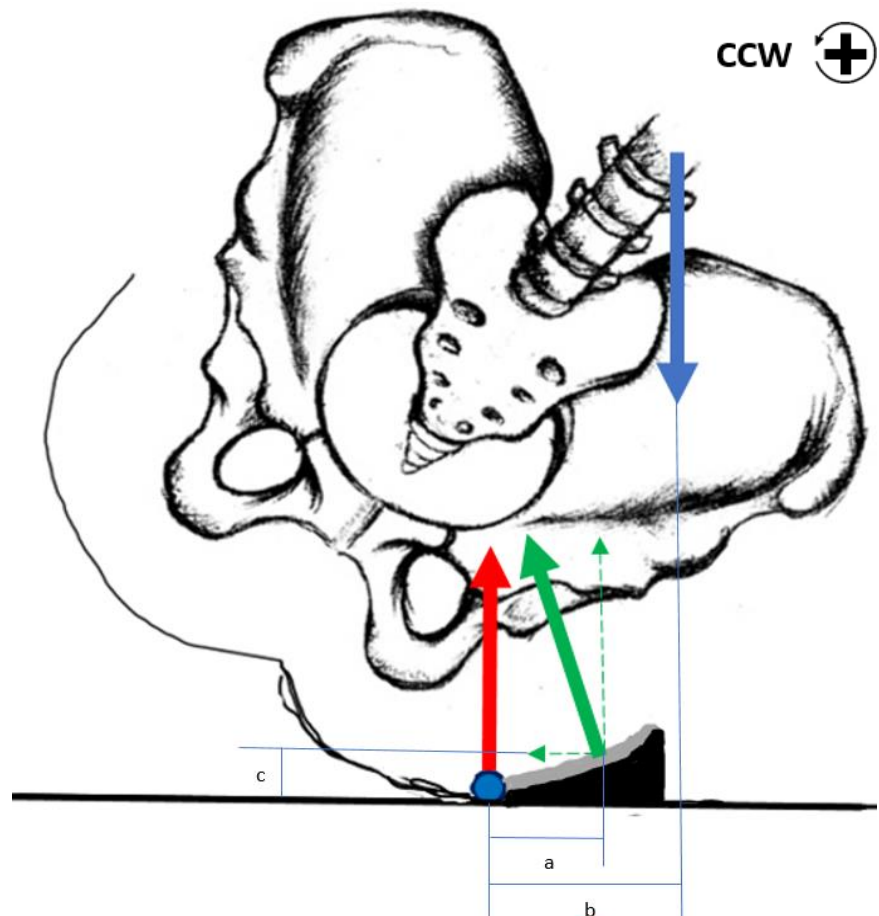
$$\sum F_y = 0$$

Vergelijking 7: De som van de krachten in verticale richting = 0

Fky is de verticale component van de reactiekracht van het kussen. Uiteraard heeft deze kracht dan ook een horizontale component; Fkx. Deze krachten kunnen worden gevonden door de kussenkracht Fk te ontbinden in factoren zoals in figuur 4 is weergegeven.



Figuur 4 Kussenkracht ontbonden in een horizontale component (Fkx) en verticale component (Fky)



Figuur 5 Krachtenspel met momenten tijdens het reiken met rolstoelkussen

Wanneer er verder wordt bereikt vanuit de zetel terwijl er op een rolstoelkussen wordt gezeten, zal uiteindelijk ook de zwaartekracht buiten het steunvlak vallen; dit is visueel gemaakt in figuur 5. In figuur 2 is duidelijk gemaakt wat er gebeurt met een lichaam als de zwaartekracht buiten het steunvlak valt zonder rolstoelkussen. In figuur 5 is het draaipunt gelijk gesteld aan het draaipunt in figuur 2 om te kunnen laten zien wat de toegevoegde waarde is van het rolstoelkussen. In die situatie spelen er momenten rond het draaipunt die een rotatie veroorzaken of juist tegenwerken. Dit wil zeggen:

$$\sum M \neq 0$$

Vergelijking 8: De som van de momenten = 0

Er geldt namelijk dat Fz een moment veroorzaakt dat met de klok meedraait en welke dus negatief zijn. Fkx en Fky zorgen samen voor een moment dat tegen de klok indraait en dus positief is.

$$\sum M = -(F_z \times a) + (F_{ky} \times b) + (F_{kx} \times c)$$

Vergelijking 9: De som van de momenten = -(zwaartekracht $\times$ momentsarm a) – (verticale kussenkracht $\times$ momentsarm b) + (horizontale kussenkracht $\times$ momentsarm c)

Uit deze momentenvergelijking kan worden opgemaakt dat de persoon pas omvalt op het moment dat $-F_z \cdot a$ groter wordt dan $(F_{ky} \cdot b + F_{kx} \cdot c)$. Er staat geen momentsarm loodrecht op de kussenkracht; deze is namelijk ontbonden. Momentsarm b staat hierbij loodrecht op de verticale, en momentsarm c loodrecht op de horizontale component van de kussenkracht.

Uit deze analyse kan worden opgemaakt dat een rolstoelkussen in staat is een steunvlakvergroting te realiseren waardoor het langer duurt voordat het COM buiten het steunvlak valt. Daarnaast is het rolstoelkussen in staat een moment te creëren dat tegengesteld werkt aan de zwaartekracht en dus het omvallen van een persoon tijdens het reiken kan uitstellen. Met deze informatie kan worden gesteld dat het kussen dat grootste steunvlakvergroting veroorzaakt en waarbij reactiekracht van het kussen het grootst is, als het meest stabiel kan worden aangenomen. In deze analyse is echter gebruik gemaakt van vereenvoudigde figuren; het effect hiervan zal in de hoofdstuk 4. Discussie worden besproken.

1.2 Rolstoelkussens onder belasting

Uit de analyse blijkt dat het kussen dat de grootste steunvlakvergroting veroorzaakt en waarbij de reactiekracht van het kussen het grootst is, als het meest stabiel kan worden aangenomen.

Deze factoren zijn voor een groot deel afhankelijk van de vulling en de opbouw van een kussen.

Uit contact met een ergotherapeut van het zitadvies-team van het Rijnlands Revalidatie Centrum (M. Groen, persoonlijke communicatie, 20 februari 2018), is een selectie van rolstoelkussens opgesteld welke het meest voorkomend zijn in de markt en tevens bestaan uit verschillende soorten vullingen.

Naast deze rolstoelkussens wordt er tevens een niet-rolstoelkussen toegevoegd aan deze selectie. Het niet-rolstoelkussen is een standaard zitkussen dat aan geen van de functies van een rolstoelkussen voldoet. Hierdoor zal het naar de zijkant reiken op dit kussen de situatie nabootsen zoals deze is weergegeven in figuur 2; het reiken zonder rolstoelkussen. Aangezien de toevoeging van een rolstoelkussen een positieve invloed zou moeten hebben op het reiken naar de zijkant, zie figuur 5, zouden alle rolstoelkussens stabielere moeten zijn dan dit standaard zitkussen. Om die reden zal het standaard zitkussen als gouden standaard dienen waar de overige rolstoelkussens aan worden gemeten.

Voor dit onderzoek zullen zes soorten kussens worden getest op hun stabiliteit. Zoals benoemd zijn vijf van deze zes kussens rolstoelkussens, de andere is een standaard zitkussen.

De kussens die zullen worden onderzocht zijn:

1. Standaard zitkussen; in het vervolg van het verslag de gouden standaard.
2. Invacare Matrix
3. ROHO Quadtro Select (ventiel dicht – lucht kan alleen stromen binnen compartiment)
4. ROHO Quadtro Select (ventiel open – lucht kan door het hele kussen stromen)
5. Vicair Adjuster O2
6. Vicair Vector O2

Deze kussens zijn onder andere te onderscheiden op de manier waarop deze zijn opgebouwd en het materiaal waar deze mee zijn gevuld. De vulling in deze kussens varieert tussen polyurethaanschuim, lucht en Smartcells. De opbouw van de kussens varieert ook. Zo is de Roho Quadtro Select opgebouwd uit honderd luchtkamers waar de lucht door kan stromen. De mate waarin de lucht kan stromen is afhankelijk van of het ventiel open of dicht staat. De kussens van Vicair zijn opgebouwd uit verschillende compartimenten. Ieder compartiment kan gevuld worden met een Smartcells tot het kussen voldoet aan de behoeften van de gebruiker. Zo kan er op de Vicair Adjuster O2 vulling worden toegevoegd in een 'support-compartiment' wat het onderuitzakken in de rolstoel tegen moet gaan. De Vicair Vector O2 is aan de zijkanten van kussens voorzien van twee opstaande compartimenten welke moeten zorgen voor grotere laterale ondersteuning. De Invacare Matrix is

opgebouwd uit één stuk schuim waar het zitvlak uit is weggesneden zodat dit aansluit op de gebruiker. Dit moet in combinatie met de gel-zak voor een stabiele zitting zorgen.

Doordat ieder kussen een andere opbouw en vulling heeft zullen deze allen anders reageren op belasting. Er is een verwachting van hoe kussens reageren onder een opgelegde belasting schematisch weergegeven in bijlage A.

Het standaard zitkussen is geen rolstoelkussen en zal naar verwachting dan ook als geen stabiliteit bieden.

De Invacare Matrix is een rolstoelkussen gevuld met polyurethaanschuim in combinatie met een gel-zak. Hoewel schuim, in tegenstelling tot lucht, niet de eigenschap heeft om weg te stromen onder belasting biedt het naar verwachting ook niet erg veel steun. Schuim veert namelijk terug naar de originele vorm op het moment dat het niet meer wordt belast. Wanneer schuim echter wordt belast, zal het indrukken en zal de ondersteuning niet optimaal zijn. Het schuim geeft naar verwachting daarentegen wel meer ondersteuning dan lucht. Het materiaal blijft daarnaast tijdens belasting wel aanwezig onder het belaste punt waardoor de verwachte score gemiddeld tot hoog is.

De Roho Quadtro Select scoort naar verwachting zowel met het ventiel open (O) als dicht (D) redelijk laag. Dit is te verklaren door het feit dat dit kussen gevuld is met lucht wat moeilijk te sturen is. Daarnaast moet een kussen kracht geven op het moment van belasting; lucht doet juist het tegenovergestelde en stroomt weg onder belasting naar een plaats waar minder druk is. Daar komt nog bij dat de lucht in dit kussen zou kunnen lekken door het ventiel waardoor het kussen geheel zijn functie zou verliezen. Echter door het feit dat de lucht tijdens het reiken door het hele kussen weg kan stromen met het ventiel open, zorgt dit voor een nog groter verlies van steun dan met het ventiel dicht. Door dit grotere verlies aan ondersteuning wordt verwacht dat de Roho Quadtro Select met het ventiel open matig tot laag, en met het ventiel dicht matig scoort op het gebied van stabiliteit.

Beide rolstoelkussens van Vicair scoren hoog in de verwachting. Door middel van de Smartcells kan er geen lucht ontsnappen omdat deze dicht zijn geseald. Daarnaast zakt er geen materiaal in maar blijft dit op zijn plek. Hierdoor blijft de benodigde steun aanwezig op het moment dat het rolstoelkussen wordt belast. De Vicair Vector O2 scoort naar verwachting echter nog beter dan de Vicair Adjuster O2. De Vicair Vector O2 beschikt namelijk over twee compartimenten aan de zijkant van het kussen waarvan wordt verwacht dat deze zorgen voor een nog optimalere tegendruk en een erg hoge stabiliteits-score. Van de Vicair Adjuster O2 wordt verwacht dat deze tot hoog tot zeer hoog scoort.

Aan de hand van deze informatie kan de volgende hypothese worden opgesteld:

De Vicair-rolstoelkussens zijn significant stabielere dan de andere kussens die mede zijn opgenomen in dit onderzoek.

1.3 Stabiliteit naar reach-test

Het vinden van een antwoord op de hoofdvraag is alleen mogelijk wanneer alle theoretische informatie en verwachtingen worden getest in een experiment. Stabiliteit is een vooralsnog niet meetbare variabele. Daarom dient stabiliteit te kunnen worden uitgedrukt met behulp van een variabele die wel meetbaar is.

Zoals beschreven in hoofdstuk 1.2 speelt het COM een grote rol bij het bepalen of een kussen stabiel is. Wanneer het COM immers verplaatst en het kussen het mee verplaatsende moment niet goed kan tegenwerken, valt de proefpersoon om. Er dient tijdens het onderzoek een verplaatsing van het COM op te treden om aan te kunnen tonen wanneer het kussen zijn functie verliest. Een excursie van het lichaamszwaartepunt vindt plaats bij het verplaatsen van de romp in laterale richting. Om dit te versterken, kan de arm hierbij worden uitgestoken; hierdoor komt er namelijk meer massa verder van het draaipunt te liggen wat een verdere verplaatsing van het COM tot gevolg heeft. Het “hangen” naar de zijkant met gestrekte arm is vaker in wetenschappelijke experimenten uitgevoerd en staat bekend als een reach-test. Een proefpersoon neemt hierbij een positie in en reikt zover als mogelijk is in een bepaalde richting. De Functional Reach Test (FRT) is een standaard test die wordt uitgevoerd om de reach te bepalen tijdens het staan. Omdat tijdens dit onderzoek rolstoelkussens worden getest wordt er een test gedaan die standaard is voor tijdens zitten: de Modified Functional Reach Test (mFRT).

Uit literatuur komt naar voor dat er al veel onderzoek is gedaan met behulp van een mFRT.

Door gebruik te maken lasers (Kozey & Das, 2004) of forceplates (Aissaoui et al., 2001) wordt veel gecompliceerde data verzameld. Voor dit project is voornamelijk de zijwaartse reikwijdte interessant. De grootte en richting van krachten en momenten die met dergelijke apparatuur kunnen worden vastgelegd vormen daarom geen meerwaarde voor het onderzoek. Analyse met 3D-camera en motion capture apparatuur geeft eveneens weinig extra waarde aan het onderzoek aangezien er wordt gekeken vanuit het frontale vlak. Dit geeft een 2D beeld waarbij diepte, verkregen door 3D-cameras, geen interessante rol speelt. Daarnaast beschrijft de literatuur: “ *When motion capture equipment is available to record/analyze reach-related data, measurements obtained from the trunk may be preferable as these more precisely reflect COPE* ” (Field-Fotte & Ray, 2010, Conclusie). Het bewegen van het centre of pressure, Centre of Pressure Excursion (COPE), kan beter worden gevolgd met behulp van motion capture omdat er op camerabeelden geen druk kan worden gezien. In dit onderzoek is druk echter niet van belang, dus is besloten hier niet mee te werken.

Het uitvoeren van een mFRT, ook wel Seated Reach Test (SRT) met behulp van camera analyse is een veel gebruikte methode.

Uit onderzoek is gebleken dat dit een betrouwbare reflectie geeft van de grenzen van de stabiliteit, die in een klinische setting goedkoop en met weinig materiaal kunnen worden uitgevoerd (Chamberlain & Donahue, 2014).

Het uitvoeren van een mFRT is dus een goede optie om te onderzoeken welk kussen het meest stabiel is. Op de mFRT zijn ook alternatieven ontwikkeld die niet het uiterste bereik testen, maar wat de maximale afstand is waarop een taak kan worden uitgevoerd.

Dit staat beter bekend als de reach to grasp of reach to execute test. Na verder onderzoek blijkt dat deze onderzoeken voornamelijk zijn gericht op de revalidatie van personen die een CVA hebben gehad. Tijdens de reach to execute wordt de fijne motoriek wederom gestimuleerd terwijl de patiënt zijn balans dient te behouden. Echter wordt er geschreven:

“ *It is not practical to discuss ability of the subjects to control their balance while undertaking various hand tasks based on static balance ability* ” (Karimi & Solomonidis, 2011, Conclusions). Het is dus niet praktisch om de balans van proefpersonen te bespreken wanneer zij taken uitvoeren. Dit komt voornamelijk voort uit het feit dat het behouden van evenwicht tijdens een reach to execute test vaak een oefening is ten behoeve van de revalidatie en niet voor het onderzoeken van maximale reikwijdte. Om deze reden is besloten de test uit te voeren als een mFRT.

In verdere literatuur is geen onderzoek gevonden waarin onderzoek is gedaan aan de hand van een fysiek model; alleen met proefpersonen. Dit wil zeggen dat er, op het gebied van reach-tests, nog niet is geëxperimenteerd met een fysiek model dat dezelfde data kan genereren als een proefpersoon. Op het moment dat dit mogelijk is kunnen onderzoeken sneller worden gedaan doordat een onderzoeker niet meer afhankelijk is van proefpersonen. Daarnaast kunnen experimenten worden uitgevoerd zonder een proefpersoon in gevaar te brengen; denk bijvoorbeeld aan het omvalleen tijdens het reiken. Om dit onderzoek een verdieping te geven is besloten om naast de standaard mFRT, ook een modelstudie met een fysiek model uit te voeren. Het doel van dit laboratorium onderzoek is om te onderzoeken of aan de hand van dit model een voorspelling kan worden gedaan over de mate van stabiliteit van een kussen.

Aan de hand van dit onderzoek wordt getracht antwoord te geven op de deelvraag:

“Is het mogelijk om met behulp van een fysiek model een betrouwbare voorspelling te doen over de stabiliteit van een rolstoelkussen?”.

2. Methode

Dit onderzoek bestaat uit het uitvoeren van een mFRT met proefpersonen en een modelstudie op zes verschillende kussens. Het doel van dit onderzoek is om te bepalen welk kussen het meest stabiel kan worden geacht. Deze methode is opgedeeld in twee delen:

- De modified Functional Reach Test
- De modelstudie

2.1 Modified Functional Reach Test met proefpersonen met en zonder beperking

2.1.1 Proefpersonen

Tijdens de mFRT zullen tien verschillende proefpersonen worden onderzocht. Deze tien personen zijn opgedeeld in twee groepen:

- Vijf personen zonder beperkingen aan het bewegingsapparaat en zonder gezondheidsklachten.
- Vijf personen die met beperking waardoor zij rolstoel gebonden zijn.

In het verdere verloop van deze methode zal naar deze groepen worden verwezen met afkorting; zonder beperking (Z.B.) en met beperking (M.B.).

De groep Z.B. zijn zowel mannen ($n=2$) als vrouwen ($n=3$) ($46,8 \pm 8,2$ jaar). Deze groep is opgesteld uit personen welke geen beperkingen aan het bewegingsapparaat hebben en welke geen gezondheidsklachten hebben die de reach zouden kunnen beïnvloeden.

De groep M.B. zijn eveneens zowel mannen ($n=3$) als vrouwen ($n=2$) ($37,4 \pm 10,2$ jaar). De mate van beperking van deze groep is ingeperkt aan de hand van enkele criteria.

De beperking van de proefpersonen dient te worden veroorzaakt door een dwarslaesie of spina bifida vanaf de tweede lumbale wervel of daaronder. Vanaf deze wervel beschikt de persoon nog over volledige rompstabiliteit die nodig wordt geacht voor dit onderzoek (Brei & Kelly, z.d.).

Daarnaast worden proefpersonen uitgesloten wanneer zij geen volledige functionaliteit hebben van de bovenste extremiteit of problemen hebben die de reikcapaciteit kunnen beïnvloeden. Hiermee wordt voorkomen dat eventuele verschillen niet zouden kunnen worden toegeschreven aan bijvoorbeeld contracturen of bewegingsbeperkingen.

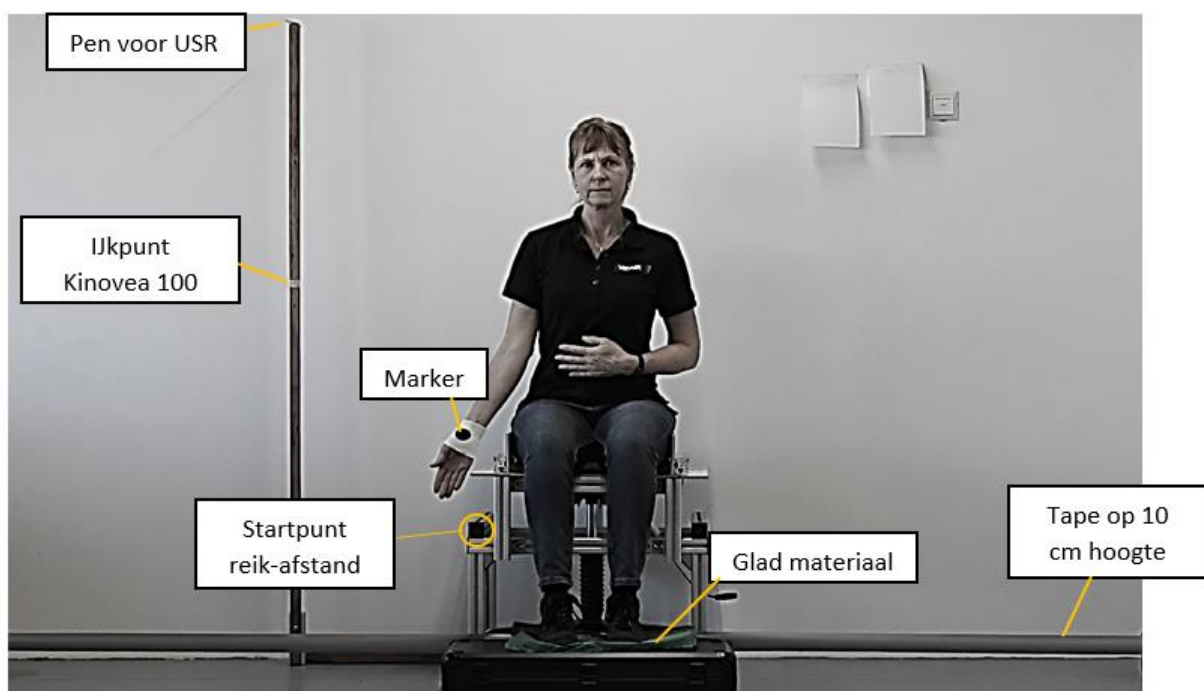
Als laatst dient de proefpersoon, mits dit van toepassing is, één jaar na het trauma te zijn. Uit onderzoek is gebleken dat op dit tijdstip neuraal herstel volledig is gestagneert (Gao et al., 2015).

Alle informatie over de proefpersonen is opgenomen in bijlage B.

2.1.2 Meetprotocol

Hieronder is een beknopte versie van het uitgevoerde meetprotocol te vinden. Een gedetailleerde uitwerking met verwijzingen is te vinden in bijlage C.

Voor de meting kan beginnen is de meetopstelling, zie figuur 6, ontwikkeld. De metingen worden uitgevoerd op een speciaal voor dit onderzoek ontworpen kruk welke voor een egale muur wordt geplaatst. Er is een houtconstructie bevestigd aan de kruk waar een pen bovenop bevestigd is. Parallel aan de voorste poten van de kruk is op 10 cm boven de grond tape gespannen. Dit zal dienen als indicatie voor de juiste hoogte, maar hier kan geen ondersteuning uit worden gehaald tijdens het reiken. De gehele meting zal worden opgenomen met behulp van een camera welke loodrecht op de kruk staat.



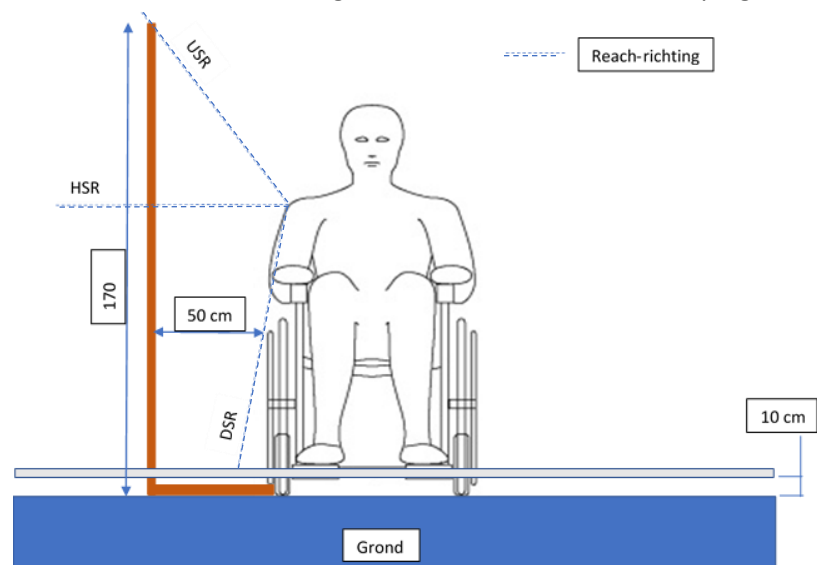
Figuur 6 Gehanteerde meetopstelling gezien door de camera

De volgorde waarop de kussens worden onderzocht zijn gerandomiseerd; dat wil zeggen dat iedere proefpersoon een andere volgorde van kussens heeft. Dit wordt gedaan om uit te kunnen sluiten dat een kussen goed of slecht scoort vanwege bijvoorbeeld vermoeidheid. Er wordt niet verder ingegaan op de verschillen die op kunnen treden wanneer deze randomisatie niet wordt toegepast.

De proefpersoon neemt plaats op het zitproduct en wordt door de onderzoeker geïnstrueerd over het correct uitvoeren van de meting. De voeten staan tijdens de metingen op een materiaal met een zeer lage wrijvings-coëfficiënt. Hierdoor kunnen de proefpersonen uit groep Z.B., net als de proefpersonen uit groep M.B., geen kracht halen uit hun benen en voeten. De hoek van de enkel, knie en heup dienen ongeveer 90 graden te zijn en de knieholte dient 5 cm vrij te liggen van de voorkant van de kruk. Als de persoon zit wordt deze voorzien van een marker op de pols. Wanneer het juiste kussen op het zitproduct is bevestigd en de andere zaken juist zijn ingesteld kan er worden gestart met de meting. De meting begint met het aannemen van de startpositie door de proefpersoon. In deze startpositie zit de proefpersoon rechtop met de rechterarm hangend naast het lichaam en de kruk. De linkerhand wordt op de buik geplaatst en verandert de rest van de meting niet van positie. Er is in dit onderzoek de aanname gemaakt dat er geen verschil zit tussen het reiken met links of rechts of dat deze verschillen zo klein zijn dat deze kunnen worden verwaarloosd. Na een teken van de onderzoeker start

de proefpersoon met de meting door met de rechterhand zo dicht als mogelijk is langs de kruk te bewegen richting de bovenkant van de tape; dit heet de Downward Side Reach (DSR). Wanneer de bovenkant van de tape is bereikt, word er in laterale richting over de bovenkant van de tape gereikt

totdat de proefpersoon aangeeft niet verder te kunnen. Deze houding dient op dat moment vijf seconden te worden vastgehouden alvorens terug wordt gekeerd naar de startpositie. Dit wordt gedaan om er zeker van te zijn dat de persoon zijn maximale reach uitvoert en niet een hoge waarde registreert uit een snelle krachtsinspanning. Vanuit de startpositie wordt vervolgens de Horizontal Side Reach (HSR) uitgevoerd waarbij de proefpersoon met zijn arm parallel aan de grond zover als mogelijk horizontaal reikt. Ook



Figuur 7 Uitwerking meetopstelling DSR, HSR, USB met reikpunten

deze houding wordt voor vijf seconden vastgehouden alvorens er wordt teruggekeerd naar de startpositie. Als laatst richt de proefpersoon zijn hand richting de pen en reikt zover als mogelijk is richting of voorbij de pen (Upward Side Reach; USB). Deze richtingen zijn uitgewerkt in figuur 7. Op het moment dat ook deze houding 5 seconden is vastgehouden kan worden teruggekeerd naar de startpositie. Het uitvoeren van een DSR, HSR en USB is één cyclus. Per kussen worden twee cycli achter elkaar uitgevoerd zodat een gemiddelde kan worden genomen van beide metingen. Na twee cycli wordt de meting gestopt.

2.1.3 Bewerking videobeelden & statistische analyse

Als alle videobeelden zijn verzameld wordt ieder document eerst verdeeld in de twee beelden; elk met één volledige cyclus. Deze cycli worden geüpload in het computerprogramma Kinovea, wat geschikt is voor het bewerken en analyseren van video's. Door middel van een vaste afstandsmaat in het kader, in dit geval de tape op 100 cm hoogte vanaf de grond, kunnen andere afstanden door Kinovea worden berekend. Als eerst wordt de vaste afstandsmaat aangegeven, daarna speelt de video af tot het moment van maximale DSR. Om de data van alle kussens met elkaar te kunnen vergelijken, wordt er bij iedereen elke meting de maximale afstand bepaald vanuit hetzelfde punt, zie figuur 6. De volledige bewerking is terug te vinden in bijlage I. Deze afstanden worden na de maximale DSR ook bepaald voor de maximale HSR en USB.

Deze gegevens worden eerst verzameld in een Excel-werkmap en vervolgens ingevoerd in SPSS. Om te kunnen onderzoeken of er significante verschillen zijn, moet een keuze worden gemaakt in welke statistische toets hiervoor moet worden gebruikt. Om dit te kunnen bepalen is het van belang na te gaan of de data normaal verdeeld is, op basis daarvan wordt gekozen voor een passende verwerking. Als de data normaal verdeeld is, worden significante verschillen gezocht met behulp van de ANOVA repeated measurements toets. Wanneer de data niet normaal verdeeld is worden deze verschillen onderzocht met behulp van een Friedman-toets.

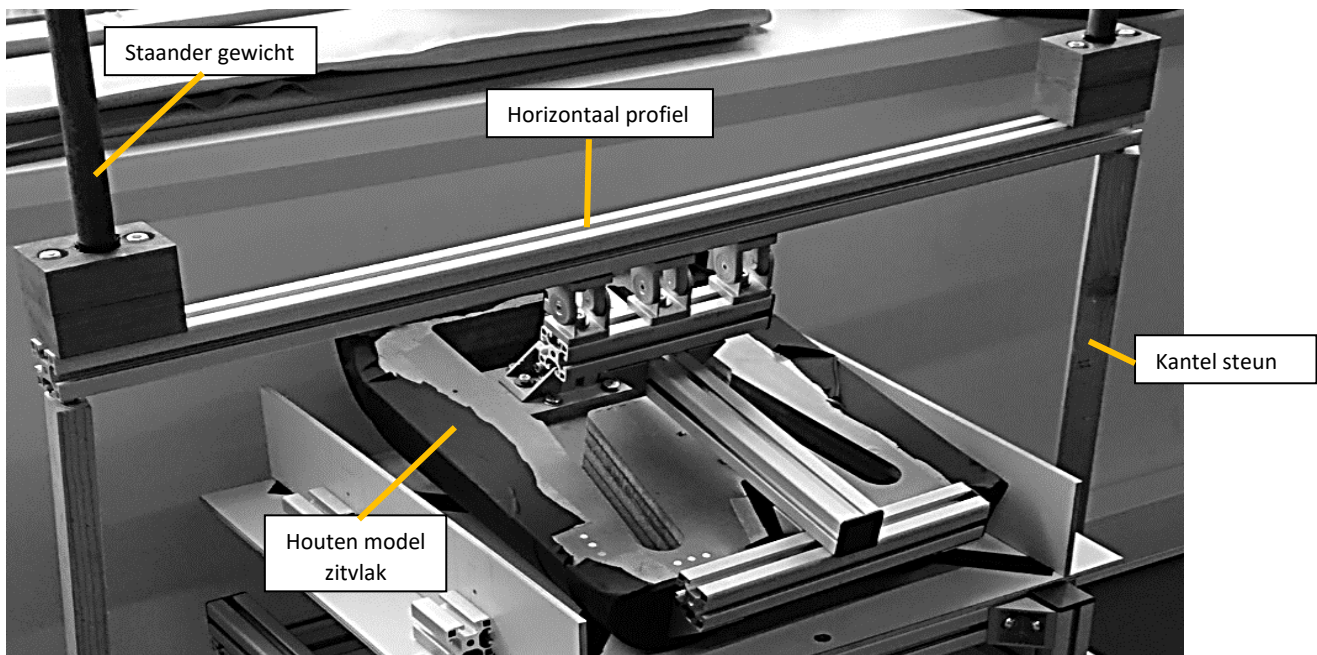
2.2 De modelstudie

Het is interessant om te onderzoeken of de data die wordt verkregen uit het onderzoek met proefpersonen kan worden nagebootst aan de hand van onderzoek met een fysiek model. Op deze manier kan onderzoek sneller en veiliger worden uitgevoerd.

2.2.1 Het model

In de modelstudie is vanzelfsprekend gebruikt gemaakt van een model. Het bedraagt hier een model van hout dat is gevormd tot een realistische representatie van een zitvlak. Hierin zijn de proximale gedeelten van de bovenbenen ook opgenomen. Op het model zijn gaten aanwezig waardoor het mogelijk is om constructies aan het geheel te bevestigen. Om de test met het model te doen, was het nodig om een dergelijke constructie te ontwerpen en te vervaardigen. Deze constructie is weergegeven in figuur 8;

verdere uitwerking van het model is terug te vinden in bijlage J.



Figuur 8 Ontworpen constructie ten behoeve van het uitvoeren van de modelstudie

2.2.2 Meetprotocol

Tijdens de meting met het model wordt de speciaal ontworpen kruk wederom ingezet om de alle tests op uit te voeren. De meting start met het neerleggen van een kussen op het zitproduct waar vervolgens het model met de constructie op wordt geplaatst. Om de test zo realistisch mogelijk te maken wordt er geacht het gewicht van het geheel, het gewicht van een volwassen persoon te laten benaderen. Het gewicht van de constructie voorafgaand aan de meting is 15 kilogram. Om het gewicht van een volwassen persoon te benaderen is er tweemaal 30 kilogram toegevoegd. Het geheel weegt hierdoor 75 kilogram. Het model wordt na het bevestigen van het gewicht in de startpositie gezet. Deze startpositie is bereikt als het horizontale profiel (zie figuur 7) precies horizontaal ligt. Dit wordt bepaald aan de hand van een TOOLCRAFT 816141 Digitale hoekmeter. Zodra het model in startpositie staat kan de meting beginnen.

De meting bestaat uit het aan één kant toevoegen van gewicht. Hiermee wordt getracht het zwaartepunt van het model te verschuiven. Wanneer het zwaartepunt zover is verschoven dat dit buiten het steunvlak van het model valt, zal het model omvallen. Iedere stap wordt een gewicht van 350 gram toegevoegd en wordt genoteerd hoeveel graden dit gewicht de hele constructie doet kantelen. Deze hoekuitslag is gedurende de meting wederom gemeten met de eerder genoemde

toolcraft digitale hoekmeter. Er wordt pas nieuw gewicht toegevoegd wanneer de constructie in balans is. Tijdens deze meting wordt de constructie in balans geacht, wanneer de waarde op de hoekmeter gedurende tien seconden niet meer verandert.

De meting wordt gestopt wanneer:

- Het kussen niet meer in staat is om een rotatie tegen te gaan en dus omvalt. Wanneer het model omvalt wordt deze uiteindelijk tegengehouden door de kantelsteun. Op het moment dat de kantelsteun de grond raakt is de hoekuitslag opgelopen naar het maximum dat gehaald kan worden: 8 graden.
- Het totaal beschikbare gewicht van 8,4 kilogram is aangebracht op het model en deze nog steeds niet omvalt. In dit geval wordt gekeken naar de hoekuitslag die op dat moment aangegeven wordt op de digitale hoekmeter.

2.2.2 Bewerking data modelstudie

De data die voortkomt uit de modelstudie wordt ingevoerd en bewerkt in Excel. Hier worden grafieken gevormd die inzichtelijk maken onder welke belasting elk kussen het omvallen niet meer tegen kan gaan.

3. Resultaten

Na de metingen met zowel de proefpersonen als het model is de data hiervan geordend en geanalyseerd. In deze resultaten zal de bespreking van deze resultaten in dezelfde volgorde worden weergegeven als in het verslag. Eerst zullen de resultaten van de metingen met de proefpersonen worden besproken; vervolgens de resultaten van de modelstudie.

3.1 Resultaten metingen proefpersonen

Alle proefpersonen hebben de opgelegde taak om te reiken in verschillende richtingen met succes volbracht. De resultaten zullen worden weergegeven en toegelicht in drie subhoofdstukken:

- De resultaten van Z.B. en M.B. in absolute verschillen (verschil in centimeters)
- De resultaten van Z.B. en M.B. in significante verschillen (p-waardes voor significantie)
- De resultaten van de modelstudie

Uit de Test of Normality in SPSS (bijlage K) is naar voor gekomen dat beide datasets als normaal verdeeld kunnen worden aangenomen. Vanwege deze aanname van normaliteit, is gekozen om met de ANOVA repeated measurements test te onderzoeken in welke parameter (DSR, HSR, USR) er significante verschillen optreden. In dit onderzoek is een standaard p-waarde aangehouden van 0,05. Dat wil zeggen dat een verschil als significant word aangenomen op het moment dat $p \leq 0,05$. De significantie van een parameter zal worden bepaald aan de hand van p-waarden van Huynh Feldt (HF) en Greenhouse Geisser (GG).

Zowel bij de groep Z.B. als bij de groep M.B. is er in de DSR geen significant verschil gevonden. Respectievelijk $p = 0,08$ (HF) 0,147 (GG) en $p = 0,230$ (HF) 0,210 (GG).

Echter, zijn in de HSR en de USR wel significante verschillen gevonden. Voor de groep Z.B. zijn de volgende waardes gevonden:

HSR: $p = 0,016$ (HF) 0,052 (GG); gemiddeld $p = 0,034$

USR: $p = 0,000$ (HF) 0,007 (GG)

Voor de groep M.B. zijn de volgende waardes uit het onderzoek naar voor gekomen:

HSR: $p = 0,002$ (HF) 0,018 (GG)

USR: $p = 0,002$ (HF) 0,016 (GG)

Deze data is terug te vinden in bijlage L.

Daarnaast is er tijdens de verwerking met significante verschillen niet gewerkt met de namen van de kussens maar met de cijfers die in hoofdstuk 2.1 aan de kussens zijn toegewezen. Om dit verduidelijken zullen hieronder de nummers met hen corresponderende kussens nogmaals worden benoemd:

- | | | |
|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| 1. Gouden Standaard | 2. Invacare matrix | 3. Roho Quadtro Select - dicht |
| 4. Roho Quadtro Select - open | 5. Vicair Adjuster O2 | 6. Vicair Vector O2 |

3.1.1 Resultaten Z.B en M.B. in absolute verschillen

In dit hoofdstuk worden de absolute verschillen tussen de kussens op het gebied van DSR, HSR en USR inzichtelijk gemaakt. De kussens worden gerangschikt van meest stabiel naar minst stabiel door middel van een puntensysteem. Het meest stabiele kussen krijgt hierbij 1 punt en het minste stabiele kussen 6 punten. Het kussen dat de laagst scoort als de scores van DSR, HSR en USR bij elkaar op worden geteld, wordt als meest stabiel beschouwd.

3.1.1.1 Resultaten absolute verschillen groep Z.B.

Tabel 1 Gemiddelde absolute verschillen tussen onderzochte kussens op het gebied van DSR, HSR en USR voor groep Z.B.

	GEMIDDELDE DSR IN CM (N=5)	GEMIDDELDE HSR IN CM (N=5)	GEMIDDELDE USR IN CM (N=5)
GOUDEN STANDAARD	36,2	97,7	127,2
INVACARE MATRIX	37	100,7	129,7
ROHO DICHT	36	100,7	128
ROHO OPEN	33,1	98,7	128,5
VICAIR ADJUSTER O2	38	103,1	132,2
VICAIR VECTOR O2	36,5	100,9	130,8

Wanneer er wordt gekeken naar de absolute verschillen tussen de kussens voor de groep Z.B., welke worden weergegeven in tabel 1, kan de conclusie worden getrokken dat de Vicair Adjuster O2 als het meest stabiel kan worden beschouwd. Op zowel de DSR, HSR en USR scoort dit kussen gemiddeld het hoogst (zie cursieve cijfers tabel 1). Aan de hand van deze data kunnen de kussens worden gerangschikt van meest stabiel naar minst stabiel. In het geval van de groep Z.B. ziet deze classificatie er uit als in tabel 2.

Tabel 2 Classificatie van kussens voor groep Z.B. op basis van absolute verschillen

	MINST STABIEL					MEEST STABIEL
	Gouden standaard	ROHO Open	ROHO Dicht	Invacare Matrix	Vicair Vector O2	Vicair Adjuster O2
DSR IN CM	36,2	- 3,1	- 0,2	+ 0,8	+ 0,3	+ 1,8
HSR IN CM	97,7	+ 1,0	+ 3,0	+ 3,0	+ 3,2	+ 5,4
USR IN CM	127,2	+ 1,3	+ 0,8	+ 2,5	+ 3,6	+ 4,0

3.1.1.2 Resultaten absolute verschillen groep M.B.

Tabel 3 Gemiddelde absolute verschillen tussen onderzochte kussens op het gebied van DSR, HSR en USR voor groep M.B.

	GEMIDDELDE DSR IN CM (N=5)	GEMIDDELDE HSR IN CM (N=5)	GEMIDDELDE USR IN CM (N=5)
GOUDEN STANDAARD	26,8	95,3	131,3
INVACARE MATRIX	29,3	102,2	133,1
ROHO DICHT	27,2	97,4	133,1
ROHO OPEN	25,9	99,6	133
VICAIR ADJUSTER O2	30,7	103,9	134,7
VICAIR VECTOR O2	33,3	104,3	136,5

Wanneer er wordt gekeken naar de absolute verschillen tussen de kussens voor de groep M.B., welke worden weergegeven in tabel 3, kan de conclusie worden getrokken dat de Vicair Vector O2 als het meest stabiel kan worden beschouwd. Op zowel de DSR, HSR en USR scoort dit kussen gemiddeld het hoogst (zie cursieve getallen tabel 3). Aan de hand van deze data kunnen de kussens worden gerangschikt van meest stabiel naar minst stabiel. In het geval van de groep M.B. ziet deze classificatie er uit als in tabel 4:

Tabel 4 Classificatie van kussens voor groep M.B. op basis van absolute verschillen

	MINST STABIEL						MEEST STABIEL
	Gouden standaard	ROHO Open	ROHO Dicht	Invacare Matrix	Vicair Adjuster O2	Vicair Vector O2	
DSR IN CM	26,8	-0,9	+ 0,4	+ 2,5	+ 3,9	+ 6,5	
HSR IN CM	95,3	+ 4,3	+ 2,1	+ 6,9	+ 8,5	+ 9,0	
USR IN CM	131,3	+ 1,7	+ 1,8	+ 1,8	+ 3,4	+ 5,2	

3.1.2 Resultaten significante verschillen in groep Z.B. en groep M.B.

3.1.2.1 Resultaten groep Z.B. – HSR

Tabel 5 Significantie van HSR op kussen 5 in vergelijking met de overige kussens voor groep Z.B.

	VERGELIJKEND KUSSEN	1	2	3	4	6
5	Mean Difference (cm)	5.4	2.4	2.4	4.4	2.2
	Std. Error (cm)	1.608	0.927	1.631	1.826	0.970
	Sig. / p	0.028	0.061	0.215	0.074	0.086
	Lower Bound	0.936	-0.175	-2.128	-0.670	-0.492
	Upper Bound	9.864	4.975	6.928	9.470	4.892

Tabel 6 Significantie van HSR op kussen 6 in vergelijking met de overige kussens voor groep Z.B.

VERGELIJKEND KUSSEN		1	2	3	4	5
KUSSEN						
6	<i>Mean Difference (cm)</i>	3.2	0.2	0.2	2.2	-2.2
	<i>Std. Error (cm)</i>	1.648	0.583	0.889	1.384	0.970
	<i>Sig. / p</i>	0.124	0.749	0.833	0.187	0.086
	<i>Lower Bound</i>	-1.375	-1.419	-2.268	-1.642	-4.892
	<i>Upper Bound</i>	7.775	1.819	2.668	6.042	0.492

Op het gebied van de HSR bij de groep Z.B. zijn alleen de gevonden verschillen tussen kussen 5 en kussen 1 significant verschillend $p = 0,028$ (cursief tabel 6). Kussen 5 is in vergelijking met de alle andere kussens niet significant verschillend wat de sig.-waarde/p-waarde $> 0,05$. De verschillen tussen kussen 6 in vergelijking met de andere kussens kunnen niet significant worden genoemd want voor alle kussens geldt $p > 0,05$.

3.1.2.2 Resultaten groep zonder beperking – USR

Tabel 7 Significantie van USR op kussen 5 in vergelijking met de overige kussens voor groep Z.B.

VERGELIJKEND KUSSEN		1	2	3	4	6
KUSSEN						
5	<i>Mean Difference (cm)</i>	5	2,5	4,2	3,7	1,4
	<i>Std. Error (cm)</i>	0,418	0,652	1,125	1,114	0,828
	<i>Sig. / p</i>	0,000	0,019	0,020	0,029	0,166
	<i>Lower Bound</i>	3.839	0.690	1.077	0.608	-0.898
	<i>Upper Bound</i>	6.161	4.310	7.323	6.792	3.698

Tabel 8 Significantie van USR op kussen 6 in vergelijking met de overige kussens voor groep Z.B.

VERGELIJKEND KUSSEN		1	2	3	4	5
KUSSEN						
6	<i>Mean Difference (cm)</i>	3.6	1.1	2.8	2.3	-1.4
	<i>Std. Error (cm)</i>	0.967	0.872	0.784	0.752	0.828
	<i>Sig. / p</i>	0.02	0.276	0.023	0.038	0.166
	<i>Lower Bound</i>	0.915	-1.320	0.623	0.213	-3.698
	<i>Upper Bound</i>	6.285	3.520	4.977	4.387	0.898

Op de USR bij de groep Z.B. is kussen 5 significant verschillend van kussen 1 ($p = 0,000$), kussen 2 ($p = 0,019$), kussen 3 ($p = 0,020$) en kussen 4 ($p = 0,029$). Deze waardes zijn cursief weergegeven in tabel 7. De verschillen van kussen 6 met de kussens 1, 3 en 4 kunnen significant worden genoemd want p is respectievelijk $p = 0,02$, $p = 0,023$ en $p = 0,038$; dit is cursief weergegeven in tabel 8.

3.1.2.3 Resultaten groep met beperking – HSR

Tabel 91 Significantie van HSR op kussen 5 in vergelijking met de overige kussens voor groep M.B

VERGELIJKEND KUSSEN		1	2	3	4	6
KUSSEN						
5	Mean Difference (cm)	8.6	1.7	6.5	4.3	-0.4
	Std. Error (cm)	1.946	1.715	1.072	1.384	1.382
	Sig. / p	0.012	0.378	0.004	0.036	0.787
	Lower Bound	3.198	- 3.061	3.523	0.458	- 4.237
	Upper Bound	14.002	6.461	9.477	8.142	3.437

Tabel 20 Significantie van HSR op kussen 6 in vergelijking met de overige kussens voor groep M.B

VERGELIJKEND KUSSEN		1	2	3	4	5
KUSSEN						
6	Mean Difference (cm)	9.0	2.1	6.9	4.7	0.4
	Std. Error (cm)	2.992	2.384	1.503	2.718	1.382
	Sig. / p	0.040	0.428	0.010	0.159	0.787
	Lower Bound	0.649	- 4.520	2.726	- 2.848	-3.437
	Upper Bound	17.306	8.720	11.074	12.248	4.237

De verschillen tussen kussen 5 met kussen 1 ($p = 0,012$), kussen 3 ($p = 0,004$) en kussen 4 ($p = 0,036$) kunnen significant worden genoemd. De kussens 1 en 3 zijn ook significant verschillend met kussen 6, maar met andere p-waarden namelijk: kussen 1 ($p = 0,040$) en kussen 3 ($p = 0,010$). Deze waarden zijn cursief weergegeven in tabel 9 en 10.

3.1.2.4 Resultaten groep met beperking – USR

Tabel 11 Significantie van USR op kussen 5 in vergelijking met de overige kussens voor groep M.B

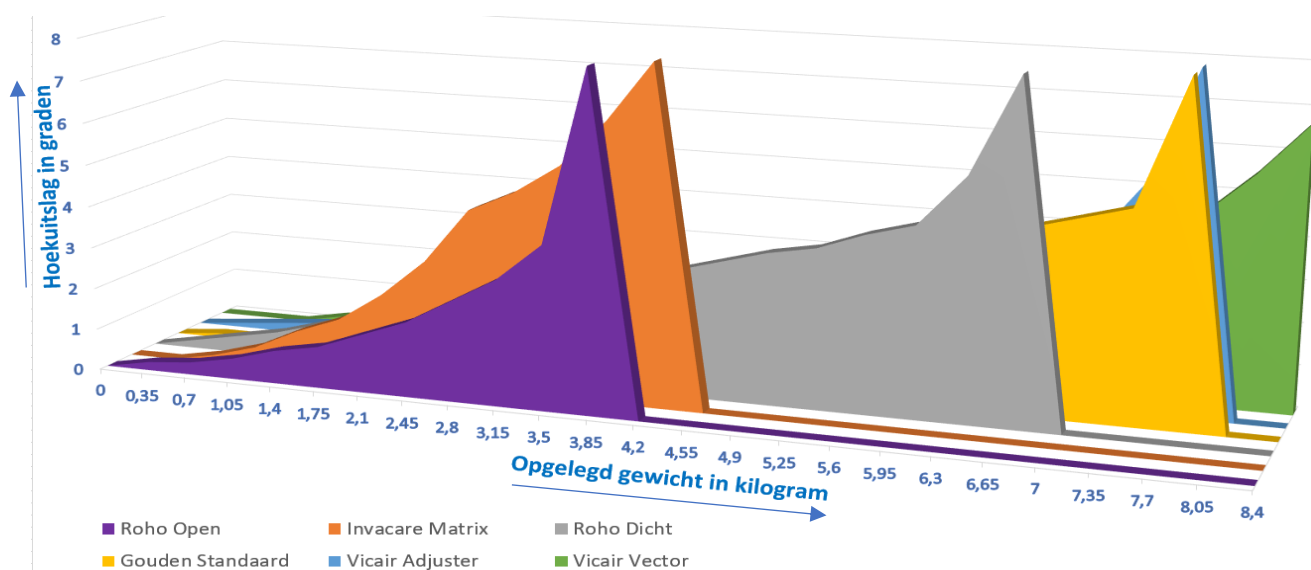
VERGELIJKEND KUSSEN		1	2	3	4	6
KUSSEN						
5	Mean Difference (cm)	3.4	1.6	1.6	1.7	- 1.8
	Std. Error (cm)	1.077	0.812	0.510	1.168	0.539
	Sig. / p	0.034	0.120	0.035	0.219	0.029
	Lower Bound	0.410	- 0.656	0.184	- 1.544	- 3.295
	Upper Bound	6.390	3.856	3.016	4.944	- 0.305

Tabel 12 Significantie van USR op kussen 6 in vergelijking met de overige kussens voor groep M.B

VERGELIJKEND KUSSEN		1	2	3	4	5
KUSSEN						
6	Mean Difference (cm)	5.2	3.4	3.4	3.5	1.8
	Std. Error (cm)	1.454	1.054	0.872	1.414	0.539
	Sig. / p	0.023	0.032	0.018	0.069	0.029
	Lower Bound	1.162	0.475	0.980	- 0.426	0.305
	Upper Bound	9.238	6.325	5.820	7.426	3.295

De upward side reach laat bij de groep M.B. significante verschillen zien. Deze significante verschillen laten zich zien tussen kussen van 5 en de kussens 1 ($p = 0,034$), kussen 3 ($p = 0,035$) en kussen 6 ($p = 0,029$). Ook de verschillen tussen kussen 6 in vergelijking met de kussens 1, 2, 3 en 6 zijn significant. De hierbij corresponderende p-waarden zijn respectievelijk $p = 0,023$, $p = 0,032$, $p = 0,018$ en $p = 0,029$. Deze waarden zijn cursief weergegeven in tabel 11 en 12.

3.2 Resultaten modelstudie



Figuur 9 Hoekuitslag (in graden) van het model op alle onderzochte kussens ten gevolge van een opgelegd gewicht (in kilogram)

Uit de resultaten van de modelstudie, zie figuur 8, blijkt dat er wel degelijk verschillen kunnen worden gevonden tussen de 6 verschillende kussens.

De kussens zijn weergegeven in verschillende banen. Het meest vooraan in baan 1 staat het kussen dat het slechtst heeft gepresteerd in deze test: de Roho Quadtro Select (O). In baan 2, 3, 4, 5 en 6 staan de overige kussens weergegeven; dit zijn respectievelijk de Invacare Matrix, Roho Quadtro Select (D), de Gouden Standaard, de Vicair Adjuster O2 en de Vicair Vector O2.

Zowel de Roho Quadtro Select (open) als de Invacare matrix kunnen een rotatie van het model als gevolg van het opgelegde gewicht bij ongeveer 4 kilo niet meer voorkomen. De Roho Quadtro Select met het ventiel dicht scoort beter dan zowel de Roho Quadtro Select met het ventiel open als de Invacare matrix. Dit kussen kan een rotatie van het model niet meer voorkomen bij een opgelegd gewicht van 6,65 kilogram. Zowel de Vicair Adjuster O2 en het standaard zitkussen komen beide tot een gewicht van 7,7 kilogram voordat het model met constructie om dreigt te vallen. De Vicair Vector O2 scoort daarentegen beduidend het beste van alle kussens. De Vicair Vector O2 heeft bij een het maximaal opgelegde gewicht van 8,4 kilogram pas een hoekuitslag bereikt van 6,7 graden.

De volledige resultaten van het gehele onderzoek zijn opgenomen in bijlage N.

4. Discussie

Het doel van dit onderzoek was het uitvoeren van een pilotmeting met betrekking tot de stabiliteit van rolstoelkussens. De resultaten van het onderzoek moeten inzicht geven over hoe de rolstoelkussens van Vicair zich verhouden ten opzichte van rolstoelkussens met een andere opbouw en vulling. In het geval van positieve resultaten, zal dit onderzoek worden gebruikt als basis voor een vervolgonderzoek. De hoofdvraag die centraal stond in dit onderzoek was:

“Hoe verhouden Vicair-rolstoelkussens zich ten opzichte van kussens met een andere vulling op het gebied van stabiliteit?”

Op basis van het verwachtingspatroon werd verwacht dat zowel de Vicair Adjuster O2 als de Vicair Vector O2 zich positief zouden verhouden op het gebied van stabiliteit in vergelijking met andere rolstoelkussens. Dat wil zeggen dat er werd verwacht dat op beide Vicair-rolstoelkussens significant verder kon worden gereikt dan op alle andere kussens. Uit de resultaten van het onderzoek komt zowel bij de groep Z.B. als bij de groep M.B. naar voor dat beide Vicair-rolstoelkussens wel degelijk het hoogste scoren op het gebied van stabiliteit. Verschillen kunnen worden gevonden in welk kussen voor welke groep het beste is; voor de groep Z.B. is de Vicair Adjuster O2 het beste rolstoelkussen, voor de groep M.B. is dit de Vicair Vector O2. Deze uitspraak kan worden gedaan op basis van de gemiddelde verschillen tussen de kussens die te zien zijn in de resultaten. Dit verschil wordt, ondanks dat hier maatregelen tegen zijn getroffen, gewijd aan het feit dat de groep Z.B. het omvallen nog enigszins kan tegengaan met kracht uit de benen. Dit komt doordat het materiaal met de lage wrijvingscoëfficiënt pas zijn werk kan doen, wanneer de kracht van de benen hier niet meer loodrecht op staat. Door vanuit de benen kracht te blijven uitoefenen die wél loodrecht op dit oppervlak staat, kan het wegglijden in eerste instantie worden voorkomen. De groep M.B. kan dit niet en zij zullen dus het hoogste scoren op het kussen dat de grootste steunvlakvergroting geeft: de Vicair Vector O2. De overige kussens scoren volledig volgens verwachting die eerder is benoemd is in hoofdstuk 1.2. Uit de resultaten komt verder naar voor dat niet ieder gevonden verschil significant is. Dit zou kunnen worden verklaard aan de hand van de groepsgrootte welke in dit onderzoek erg klein is, maar het kan ook dat de parameter niet significant verschillend is.

Het onderzoek dat bestaat uit het uitvoeren van een pilot meting geeft een goede weergave van de verwachtingen en is goed reproduceerbaar. Echter zal tijdens het uitvoeren van een vervolgonderzoek bij verschillende zaken nogmaals worden overwogen of het op dezelfde manier dient te worden uitgevoerd; deze zullen hier hieronder nader worden behandeld.

Er is tijdens de analysefase gebruik gemaakt van vereenvoudigde weergaven om de toegevoegde waarde van een rolstoelkussen aan te kunnen tonen. Het veronderstelde draaipunt blijft hierin echter niet steeds op dezelfde plek maar zal langs het oppervlak van het been en zitvlak verplaatsen. Met deze verplaatsing veranderen ook de grootte van de momentsarmen en dus ook de momenten die op het geheel spelen. Er kan worden gesteld dat de persoon niet omvalt zolang de momenten van de reactiekracht groter zijn dan die van de zwaartekracht. Hierbij moet echter wel worden vermeld dat dit geldt zolang het draaipunt mediaal ligt van het aangrijpingspunt van de reactiekracht. Op het moment dat deze punten namelijk overlappen grijpt de reactiekracht aan in het draaipunt en zal deze geen momenten uitoefenen aangezien deze geen momentsarm heeft. In het geval dat het draaipunt lateraal komt te liggen van het aangrijpingspunt van de reactiekracht, krijgt de reactiekracht een moment met dezelfde draairichting als dat van de zwaartekracht.

Het uitvoeren van de modelstudie is goed geweest om resultaten te verkrijgen over de voorspellende kwaliteiten van het geheel, maar de resultaten komen niet compleet overeen met resultaten die zijn gemeten met het gebruik van proefpersonen. Hoewel beide Vicair-rolstoelkussens tijdens de modelstudie weer als beste scoren, scoort de Invacare matrix erg slecht. Het standaard zitkussen scoort daarentegen even goed als de Vicair Adjuster O2. In de onderzoeken met proefpersonen scoort de Invacare Matrix goed en het standaard zitkussen slecht. Voor het model kan worden gebruikt om te voorspellen of een rolstoelkussen stabiel is of niet, dient eerst achterhaald te worden waar deze verschillen vandaan komen. Verklaringen voor deze verschillen zouden wellicht kunnen worden

gevonden in de plaatsing van het model op het kussen, het plaatsen van het gewicht op de constructie en eventuele speling in het model. In het geval van een vervolgonderzoek wordt aangeraden om deze factoren nader te bekijken.

Naast de modelstudie, dient ook nader te worden gekeken naar de meetopstelling en het krukontwerp. Het ontwikkelde zitproduct heeft tijdens het uitvoeren van de metingen prima voldaan aan wat ervan verwacht werd; het bieden van een zitting waarop de metingen kunnen worden uitgevoerd, waarbij een eenvoudige transfer en veiligheid van de proefpersoon gewaarborgd kunnen worden. Tevens is het zitproduct instelbaar naar de lichaamsmaten van de proefpersoon. Echter, kan dit zitproduct verder worden geoptimaliseerd. Zo bleek tijdens de metingen dat de gasveer enige stijfheid vertoonde. Dit wil zeggen dat wanneer de kruk onbelast op zijn plek stond er een minimale speling was tussen de onderkant van de poten en ondergrond. Deze speling verdween in principe vrijwel meteen op het moment dat er enige belasting op de kruk kwam. Toch is het mogelijk dat deze speling de proefpersoon een onveilig gevoel geeft tijdens het maken van de transfer. Dit dient ten alle tijden voorkomen te worden en tijdens een vervolgonderzoek dient dus een andere gasveer te worden geïnstalleerd. Naast de gasveer behoeven tevens de zijschotten een kleine moderatie. Deze zijn vervaardigd uit 7 mm dik berkenhout voorzien van een HPL toplaag; een hard materiaal van papierpulp en hars. Door deze hardheid ontstaan er scherpe randen en hoeken wanneer dit materiaal wordt gezaagd.

Het is daarom van groot belang deze randen en hoeken af te ronden, of deze op een dusdanige manier af te dekken zodat deze geen gevaar meer kunnen vormen voor de proefpersoon tijdens een vervolgonderzoek.

Naast het zitproduct behoeft de meetopstelling ook enkele verbeteringen om het geheel te kunnen optimaliseren. Zo dient er een alternatief te worden gevonden voor de tape waarlangs de proefpersonen hun vingertoppen laten geleiden tijdens de DSR. Dit dient vervangen te worden door een vaster materiaal dat niet gevoelig is voor doorhangen of enige aanraking. Tijdens de metingen kwam naar voor dat bij een lichte verschuiving van de meetopstelling, bijvoorbeeld tijdens het maken van een transfer, de tape kon gaan hangen en opnieuw strak gezet diende te worden.

In het geval van een vervolgonderzoek dient tevens een valpreventie te worden geïmplementeerd in de meetopstelling. Om de proefpersoon een veilig gevoel te kunnen geven moet aan hen de zekerheid kunnen worden gegeven dat het niet mogelijk is om, om te vallen. Deze zekerheid kan al snel worden gegeven door middel van het inzetten van een persoon die naast de proefpersoon blijft staan gedurende de meting en deze op kan vangen in het geval dat de proefpersoon omvalt. Hierbij dient echter wel in acht te worden genomen dat deze valpreventie niet interfereert met het opnemen van de video.

Als laatste kan voor een optimaal resultaat een expert worden ingezet om voorafgaand aan de meting vast te stellen welke kussenmaat optimaal is voor de proefpersoon. Door deze meting kan er, mits er ook de beschikking is over alle kussens in verschillende maten, een optimaal resultaat worden behaald.

5. Conclusie

Voorafgaand aan het onderzoek is er een hoofdvraag opgesteld waar door middel van dit onderzoek antwoord op moest worden gevonden. Deze hoofdvraag luidde:

“Hoe verhouden Vicair-rolstoelkussens zich ten opzichte van kussens met een andere vulling op het gebied van stabiliteit?”

Uit de resultaten kan de conclusie worden getrokken dat het antwoord op de hoofdvraag is dat zowel de Vicair Adjuster O2 als de Vicair Vector O2 zich positief verhouden op het gebied van stabiliteit ten opzichte van kussens met een andere vulling en opbouw.

Zowel in de groep Z.B. als in de groep M.B. komen beide rolstoelkussens van Vicair als meest stabiel naar voor. Dit geeft een goed vooruitzicht voor het uitvoeren van een vervolgstudie.

De deelvraag die opgesteld is voor dit onderzoek luidde als volgt:

“Is het mogelijk om met behulp van een fysiek model een betrouwbare voorspelling te doen over de stabiliteit van een rolstoelkussen?”

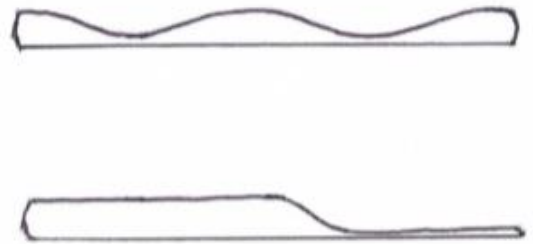
Om antwoord te kunnen geven op deze vraag dient meer onderzoek te worden verricht. Wanneer er naar de resultaten van de modelstudie wordt gekeken lijkt het geheel potentie te hebben, maar er komen nog te grote afwijkingen voor om te kunnen zeggen dat het model de uitkomst van een stabiliteitsmeting kan voorspellen.

6. Literatuurlijst

- Aissaoui, R., Boucher, C., Bourbonnais, D., Lacoste, M., Dansereau, J. (2001). Effect of Seat Cushion on Dynamic Stability in Sitting During a Reaching Task in Wheelchair Users With Paraplegia. *Arch Phys Med Rehabil*, Volume 82.
- Brei, T., Kelly, L. (z.d.). Level of SB Function. Geraadpleegd van <file:///D:/HOW-SB-LESIONS-IMPACT-DAILY-FUNCTION1.pdf>
- Chamberlain, D., Donahue, M. (2004). Use of the Modified Functional Reach Test in a Patient with Friedreich's Ataxia. *Journal of student physical therapy research*, Volume 7(2).
- DINED anthropometric database. (2017). *Dutch adults, dined 2004*. Geraadpleegd van: <https://dined.io.tudelft.nl/en/database/tool>
- Field-Fotte, E.C., Ray, S.S. (2010). Seated Reach Distance and Trunk Excursion Accurately Reflect Dynamic Postural Control in Individuals with Motor-incomplete Spinal Cord Injury. *Spinal Cord*, Volume 48(10), doi: 10.1038/sc.2010.11
- Forward and Lateral Reach. [Anthropometry of Wheeled Mobility]. (2010). Geraadpleegd van: <http://www.udeworld.com/wmdescriptionofresearch/wmforwardreach.html>
- Gao, K.L., Chan, K.M., Purves, S., Tsang, W.N. (2015). Reliability of dynamic sitting balance tests and their correlations with functional mobility for wheelchair users with chronic spinal cord injury. *Journal of Orthopaedic Translation*, Volume 3(1), 44-49.
- Karimi, T.M., Solomonidis, S. (2011). The relationship between parameters of static and dynamic stability tests. *Journal of Research in Medical Sciences*, Volume 16(4).
- Kozey, J.W., Das, B. (2004). Determination of the normal and maximum reach measures of adult wheelchair users. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Volume 33(3).

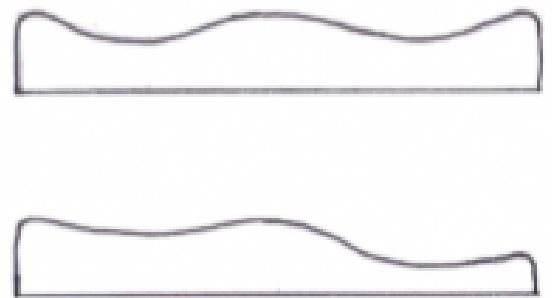
Bijlage A. Kussens onder belasting

Zes onderzochte kussens en hun verwachte gedragingen onder invloed van belasting. Op de bovenste lijn is te zien hoe het kussen er uitziet wanneer er vanaf de achterkant wordt gekeken en het kussen wordt belast door een rechtop zittende persoon. Op de lijn daaronder wordt het kussen van de achterkant bekeken maar dit maal met een belasting die wordt veroorzaakt door een reikend persoon.



Standaard zitkussen

Het standaard zitkussen zal onder invloed van een rechtop zittende persoon indeuken op de plaatsen waar de druk het grootst is: onder de benen en het zitvlak (bovenste lijn). Aangezien het kussen niet erg dik is, zal op deze punten het kussen al oncomfortabel zitten. Wanneer de persoon naar de zijkant gaat reiken, zal het kussen onder invloed van deze druk compleet inzakken en geen enkele ondersteuning meer bieden (onderste lijn).



Invacare Matrix

De Invacare Matrix zal door de vulling van polyurethaanschuim onder belasting van een rechtop zittende persoon eveneens indeuken, maar een stuk minder vanwege de betere ondersteunende eigenschappen van het schuim in vergelijking met het standaard zitkussen (bovenste lijn). Wanneer de persoon naar de zijkant reikt, zal het schuim onder invloed van deze druk verder indeuken. Het schuim blijft daarentegen wel aanwezig onder het drukpunt, waardoor er steun uit kan worden blijven gehaald (onderste lijn).



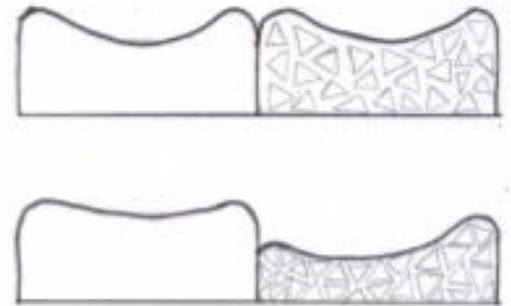
Roho Quadtro Select (ventiel dicht)

Onder invloed van de belasting die een rechtop zittend persoon veroorzaakt, stroomt de lucht uit de Roho Quadtro Select weg bij het punt waar de druk hoog is en gaat het naar een punt waar de druk lager is (bovenste lijn). Op het moment dat deze persoon gaat reiken naar de zijkant zal de lucht hetzelfde doen; het stroomt weg van waar de druk het hoogst is. Dit heeft tot gevolg dat er nauwelijks ondersteuning kan worden gehaald uit het kussen. Met het ventiel dicht, wordt het weglopen van deze lucht nog enigszins beperkt doordat de lucht aangezien de lucht niet naar de andere kant van het kussen kan lopen, maar zich enkel kan verplaatsen binnen het compartiment (onderste lijn).



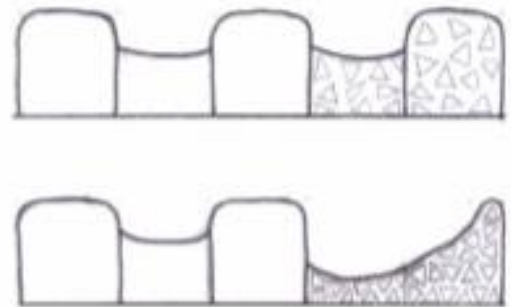
Roho Quadtro Select (ventiel open)

Net als bij de Roho Quadtro Select (D), zal onder invloed van de belasting die een rechtop zittend persoon veroorzaakt, de lucht wegstromen bij het punt waar de druk hoog is en naar punt met lagere druk gaan (bovenste lijn). Wanneer de persoon echt gaat reiken op dit kussen, kan de lucht door het hele kussen wegstromen. Doordat deze lucht compleet weg kan stromen geeft het kussen op het kussen juist op het moment van belasting de minste ondersteuning (onderste lijn). Het zou zelfs mogelijk kunnen zijn dat de lucht die onder de kant waarin gereikt wordt wegstroomt, er aan de andere kant bijkomt. Dit zou een kantel-effect veroorzaken wat precies het tegenovergestelde is van wat er getracht wordt te bereiken.



Vicair Adjuster O2

De Vicair Adjuster O2 is gevuld met Smartcells die zijn geplaatst in verschillende compartimenten. Wanneer het kussen wordt belast door een persoon die rechtop zit, zullen deze cellen zich hierop aanpassen en deels in een patroon gaan liggen (bovenste lijn). Op het moment dat er gereikt wordt, verdwijnt alle lucht die zich tussen de cellen bevindt en gaan de cellen geordend tegen en op elkaar liggen. Door middel van het compartiment waar de cellen in zijn gestopt, kunnen er geen cellen weg en blijft de ondersteuning gewaarborgd (onderste lijn).



Vicair Vector O2

In de Vicair Vector O2 gebeurt in principe hetzelfde als de Vicair Adjuster O2. Door de belasting van een rechtop zittend persoon zullen deze cellen zich hierop aanpassen en deels in een patroon gaan liggen (bovenste lijn). Het grote verschil is de opbouw van het kussen en de plaatsing van de verschillende compartimenten. De Vicair Vector O2 heeft aan beide zijanten een opstaand compartiment dat hoger ligt dan het vlak waar op gezeten wordt. Op het moment van naar de zijkant reiken gaan de cellen zich zetten in een patroon. Door de aanwezigheid van dit compartiment aan de zijkant is er veel ondersteuning waarvan wordt verwacht dat dit de stabiliteit erg verhoogt.

Bijlage B. Informatie & Randomisatie proefpersonen

Onderstaande tabel geeft informatie over het geslacht, de leeftijd en de (eventuele) aandoening van de proefpersonen. De groep zonder beperking (Z.B.) zijn hebben allen zoals de naam aangeeft geen aandoening, daarom is een diagnose niet van toepassing.

Proefpersoon	Groep	Geslacht M/V	Leeftijd In jaren	Diagnose
1	Z.B.	V	52	N.V.T.
2	Z.B.	V	54	
3	Z.B.	V	47	
4	Z.B.	M	50	
5	Z.B.	M	31	
6	M.B.	M	32	Spina Bifida L4 – L5
7	M.B.	M	52	Spina Bifida L4 – L5 Transtibiale amputatie van linkerbeen
8	M.B.	V	27	Spina Bifida L4 – L5
9	M.B.	V	29	Ehlers Danlos Syndroom met zenuwschade vanaf L4
10	M.B.	M	47	Spina Bifida L1 – L5

Gemiddelde leeftijd ($\pm$ Standaarddeviatie) = 42 jaar ($\pm$ 10,4 jaar)

Om eventueel gevonden verschillen toe te kunnen wijzen aan het kussen waar op gezeten wordt en niet aan bijvoorbeeld vermoeidheid van de proefpersoon, zijn de kussen gerandomiseerd. Dit wil zeggen dat iedere proefpersoon de meting uitvoert op ieder kussen, maar allen in een verschillende volgorde. Deze randomisatie is voor beide groepen, Z.B. en M.B., hieronder weergegeven.

Randomisatie groep Z.B.

Proefpersoon	Kussen 1	Kussen 2	Kussen 3	Kussen 4	Kussen 5	Kussen 6
1	SZ	Roho (O)	Roho (D)	Invacare	Adjuster	Vector
2	Adjuster	SZ	Vector	Roho (O)	Invacare	Roho (D)
3	Roho (O)	Vector	SZ	Adjuster	Roho (D)	Invacare
4	Roho (D)	Invacare	Adjuster	SZ	Roho (O)	Vector
5	Invacare	Adjuster	Vector	Roho (D)	SZ	Roho (O)

Randomisatie groep M.B.

Proefpersoon	Kussen 1	Kussen 2	Kussen 3	Kussen 4	Kussen 5	Kussen 6
6	Vector	Adjuster	Invacare	Roho (D)	Roho (O)	SZ
7	Roho (D)	Invacare	Roho (O)	Vector	SZ	Adjuster
8	Invacare	Roho (D)	Adjuster	SZ	Vector	Roho (O)
9	Vector	Roho (O)	SZ	Adjuster	Invacare	Roho (D)
10	Roho (O)	SZ	Roho (D)	Vector	Adjuster	Invacare

SZ = Standaard zitkussen; Gouden standaard
 Invacare = Invacare Matrix
 Roho (D) = ROHO Quadro Select (ventiel dicht)
 Roho (O) = ROHO Quadro Select (ventiel open)
 Adjuster = Vicair Adjuster
 Vector = Vicair Vector

Bijlage C. Gedetailleerd meetprotocol

Voor de meting kan beginnen is de meetopstelling in gereedheid gebracht. De metingen worden uitgevoerd op een speciaal ontworpen kruk; de eisen en wensen die hieraan zijn gesteld zijn opgenomen in bijlage D. Deze kruk wordt met de voorkant van de voorste poten op 60 cm afstand van een muur geplaatst. Deze muur dient egaal te zijn en goed contrast te bieden met de marker; deze marker wordt later toegelicht. In dit onderzoek is gekozen voor een witte muur om goed te contrasteren met de zwarte marker.

Aan de achterpoot aan de rechterkant van de kruk, gezien vanaf de kruk, is een houten constructie bevestigd. Deze constructie bestaat uit twee delen; deel een steekt 50 cm naar buiten en loopt parallel over aan grond. Deel twee steekt vanuit het uiteinde van deel een loodrecht omhoog en heeft een lengte van 170 cm gezien vanaf de grond. Bovenop deel twee is een pen bevestigd welke richting de camera is gericht. Op deel twee is tevens op 100 cm hoogte een stuk tape bevestigd.

Parallel aan de voorste poten van de kruk is over een breedte van 300 cm tape gespannen met het midden van de kruk op 150 cm. Deze afstanden en verdere uitwerking van het zitproduct zijn visueel gemaakt in bijlage E.

De bovenkant van de tape is geplaatst op 10 cm boven de grond en loopt dus evenwijdig aan het grondoppervlak.

De gehele meting zal worden opgenomen met behulp van een camera. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van Nikon Coolpix P900. Deze stond, in standby-stand, met de voorkant van de lens op 860 cm afstand loodrecht op de muur. De voorkant van de lens stond hiermee automatisch op 800 cm van de voorkant van de kruk. Het midden van de lens van de camera stond op een hoogte van 60 cm bevestigd op een statief. De camera is, nadat deze goed gepositioneerd is, ingezoomd tot het geheel van de proefpersoon en opstelling goed beeldvullend is. Hierbij is 26 keer optisch ingezoomd om de perspective error zo laag mogelijk, en de resolutie zo hoog mogelijk te houden. De lens stak in deze situatie 2 cm uit het toestel; een verdere berekening hiervan is opgenomen in bijlage F.

De volgorde waarop de kussens worden onderzocht zijn gerandomiseerd; ieder proefpersoon heeft een andere volgorde van kussens. Deze randomisatie is uitgewerkt in bijlage B.

De meting start met het bevestigen van het juiste kussen op de kruk. Zowel het zitvlak van de kruk als ieder kussen is voorzien van klittenband om wegglijden van het kussen tijdens de meting te voorkomen. De zijschotten dienen ook afgesteld te worden op de breedte van het kussen.

Alvorens de proefpersoon plaatsneemt wordt een mondelinge uitleg gegeven over wat er wordt verwacht van de persoon. Na de uitleg mag de proefpersoon plaatsnemen op de kruk. De voeten staan tijdens de metingen op een materiaal met een zeer lage wrijvingscoëfficiënt. Hierdoor kunnen de proefpersonen uit groep Z.B., net als de proefpersonen uit groep M.B., geen kracht halen uit hun benen en voeten. Belangrijk is om de houding van de proefpersoon te controleren alvorens de camera gestart wordt. De hoek van de enkel, knie en heup dienen ongeveer 90 graden te zijn en de knieholte dient 5 cm vrij te liggen van de voorkant van de kruk. Als de proefpersoon zit, wordt deze voorzien van een marker welke bestaat uit een stuk compressieverband met een zwarte stip erop met een diameter van 3 cm. Deze marker wordt over de pols geplaatst op een dusdanige manier dat de zwarte stip op de processus styloideus ulnae ligt. Uit onderzoek is gebleken dat dit beter is dan de derde metacarpaal, aangezien dit een prominent uitsteeksel is dat niet wordt beïnvloed door de hoek van de pols (Gao et al., 2015). Als dit geheel is gerealiseerd kan er gestart worden met de meting. Een overzicht van de richtingen waar naar wordt gereikt en de redenering hiervoor is terug te vinden in bijlage G.

De meting begint met het aannemen van de startpositie door de proefpersoon. In deze startpositie zit de proefpersoon rechtop met de rechterarm hangend naast het lichaam en de kruk. De handpalm wijst in deze situatie en gedurende de rest van de meting richting de camera. De linkerhand wordt op de buik geplaatst en verandert de rest van de meting niet van positie. Op deze manier kan er geen kracht worden gehaald uit deze hand, ook kan niet worden gecorrigeerd om balans te behouden.

Op het moment dat de video wordt gestart, wordt er een takeshot in beeld gebracht met daarop de naam van het kussen zodat hier later tijdens de dataverwerking geen verwarring in kan ontstaan. Na een teken van de onderzoeker start de proefpersoon met de meting door met de rechterhand zo dicht als mogelijk is langs de kruk te bewegen richting de bovenkant van de tape; dit heet de Downward Side Reach (DSR). Het is hierbij toegestaan de romp naar voor te bewegen alvorens naar de zijkant te bewegen. Wanneer de bovenkant van de tape is bereikt, wordt er in laterale richting over de bovenkant van de tape gereikt totdat de proefpersoon aangeeft niet verder te kunnen. Wanneer de bovenkant van de tape niet wordt bereikt door de proefpersoon, telt de afstand waarbij de afstand tot de tape het kleinst is. Deze houding dient op dat moment vijf seconden te worden vastgehouden alvorens terug wordt gekeerd naar de startpositie.

Vanuit de startpositie wordt vervolgens de arm gestrekt tot deze horizontaal staat. Als de arm horizontaal staat wordt er, zover als mogelijk is, zuiver naar de zijkant gereikt; Horizontal Side Reach (HSR). Het is hierbij belangrijk dat de arm parallel blijft aan de grond. Op het moment van maximale reikwijdte wordt wederom een sein gegeven door de proefpersoon aan de onderzoeker. Deze houding wordt voor vijf seconden vastgehouden alvorens er terug rechtop kan worden gezeten, met de arm nog steeds horizontaal. Als laatste richt de proefpersoon zijn hand richting de pen. Vanuit deze positie wordt er gereikt in de richting van de pen; Upward Side Reach (USR). In het geval dat de pen niet wordt gehaald, wordt de kleinste afstand tot de pen gebruikt als maximale reikwijdte. Mocht de proefpersoon verder kunnen reiken dan de pen, dan beweegt de hand over de pen tot het maximaal haalbare punt. De pen is op een dusdanige manier bevestigd dat hier geen ondersteuning uitgehaald kan worden.

Op het moment dat deze laatste houding vijf seconden is vastgehouden wordt er teruggekeerd naar de startpositie. Deze cyclus wordt per kussen tweemaal uitgevoerd zodat er twee metingen per persoon per kussen ontstaan. Na het uitvoeren van de iedere tweede cyclus stopt de camera met filmen en is de meting voor dat kussen afgerond. Het volledige protocol is in afbeeldingen terug te vinden in bijlage H.

Bijlage D. Eisen en wensen kruk-ontwerp

Het ontwikkelde zitproduct is speciaal ontworpen zodat het aan enkele eisen voldoet waar geen enkel product op de hedendaagse markt aan voldoet. Er zijn voor het ontwerp drie kenmerken erg van belang:

- De instelbaarheid van de hoogte van het zitvlak
- De diepte van het zitvlak
- De breedte van het zitvlak

Deze punten zullen hieronder behandeld worden.

Uit de data over antropometrie (DINED anthropometric database, 2004) zijn onderstaande berekeningen opgesteld. Iedere berekening is opgebouwd op dezelfde manier:

$$\text{Gemiddelde} \pm (\text{standaard deviatie} \times z - \text{waarde}) = \text{lengtemaat P5 of P95}$$

Instelbaarheid hoogte

De hoogte van het zitvlak moet instelbaar worden gemaakt aangezien niet iedere persoon dezelfde lengte heeft. De hoogte van het zitvlak is echter niet afhankelijk van de lichaamslengte van een persoon, maar wordt bepaald door de hoogte van de knieholte wanneer er wordt gezeten met de knieën in een hoek van 90 graden. Aangezien vrouwen gemiddeld kleiner zijn dan mannen, wordt voor de berekening van de laagste zithoogte de data gebruikt van vrouwen tussen de 20 en 60 jaar oud (Dutch adults, 2004). Er wordt vanuit gegaan dat 95% op de kruk plaats moet kunnen nemen in de correcte houding, daarom wordt de P5 van deze groep berekend.

$$436 - (26 \times 1,65) = 393 \text{ mm}$$

Op dezelfde manier is de hoogste zithoogte berekend, maar nu met mannen tussen de 20 en 60 jaar oud. Met deze berekening is rekening gehouden dat 95% van de mannen plaats moet kunnen nemen in de correcte houding, daarom wordt P95 van deze groep berekend.

$$491 + (32 \times 1,65) = 544 \text{ mm}$$

Deze getallen worden op tientallen afgerond. De zithoogte moet dus kunnen variëren tussen 390 en 540 mm.

Diepte zitvlak

De diepte van het zitvlak moet niet instelbaar zijn, maar moet wel groot genoeg zijn om elke persoon op een juiste manier te kunnen ondersteunen. De bil-tot-knieholte-lengte speelt hierin de leidende rol. Om 95% te kunnen ondersteunen op de kruk, is voor deze berekening gebruik gemaakt van mannen tussen de 20 en 60 jaar oud.

$$515 + (28 \times 1,65) = 561 \text{ mm}$$

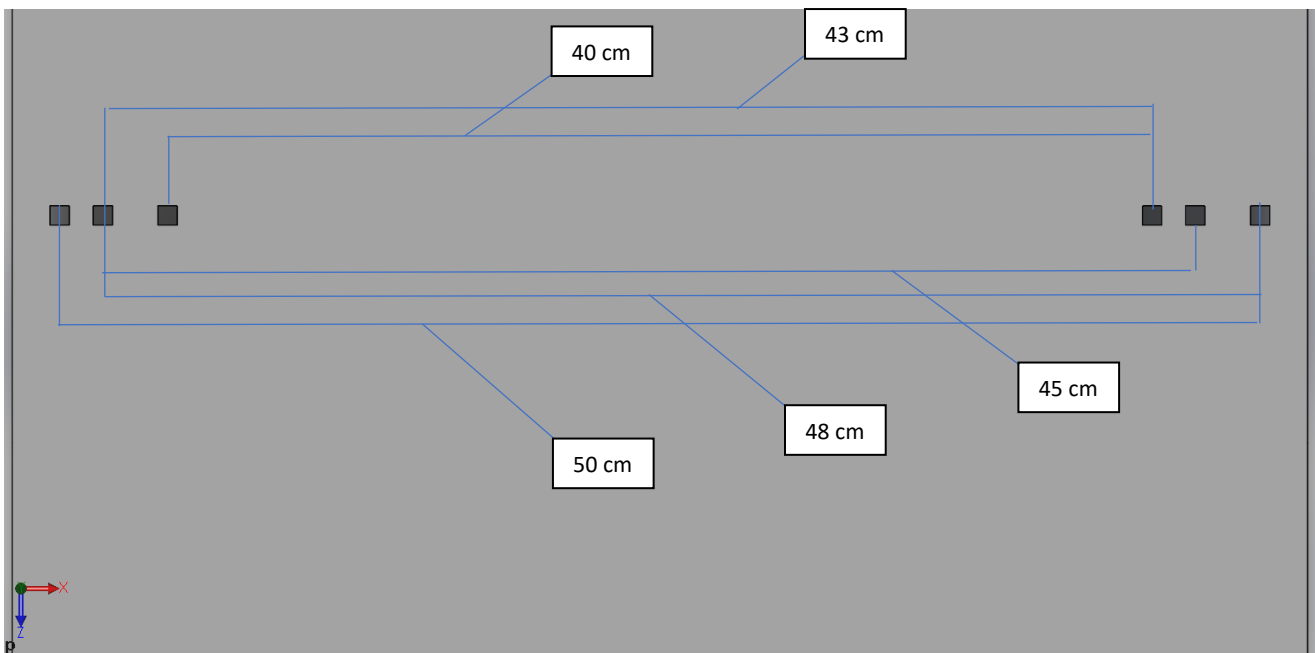
Dit getal wordt afgerond op tientallen. De diepte van het zitvlak zou in theorie dus 560 mm moeten zijn. Echter wordt er in dit ontwerp, evenals bij rolstoelen, een vrijheid van de knieholte ten opzichte van de rand van de kruk toegepast. Deze vrijheid is vastgesteld op 50 mm, het zitvlak dient dus 510 mm diep te zijn.

Breedte zitvlak

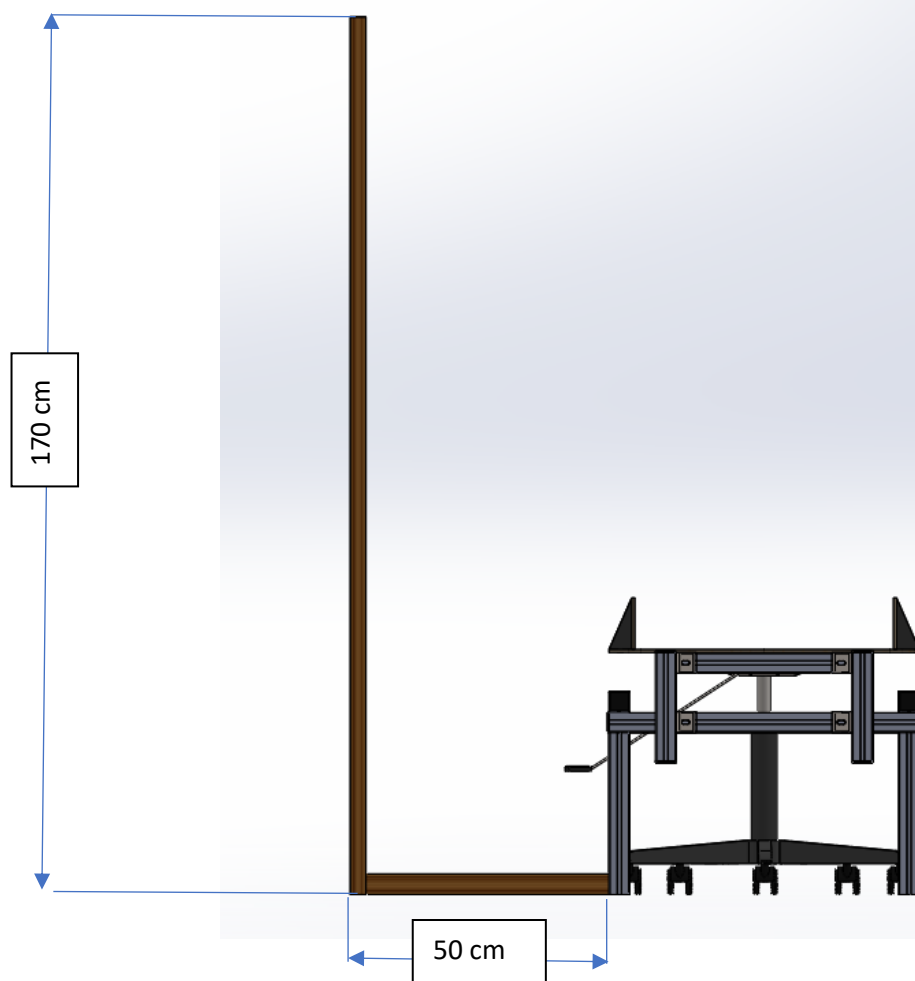
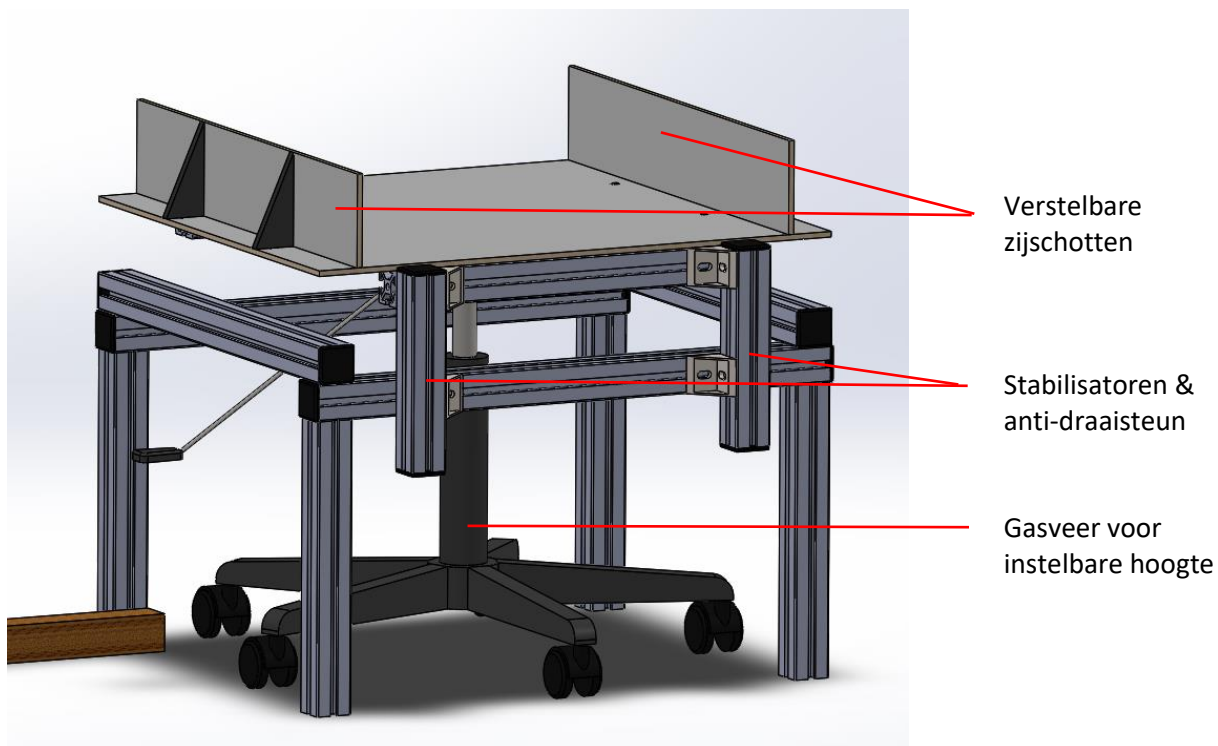
De breedte van het zitvlak is van belang voor het goed kunnen laten zitten van de proefpersonen. Deze is afhankelijk van de heupbreedte van de persoon. Echter zitten de proefpersonen tijdens dit onderzoek op verschillende kussens. De heupbreedte van de persoon is hiermee niet meer belangrijk aangezien het kussen hier al op wordt aangepast. De breedte van het zitvlak moet worden aangepast naar de maat van het kussen. In overleg met de opdrachtgever is besloten, omdat er enorm veel verschillende maten zijn, het geheel te beperken.

De verschillende maten die het zitvlak voor dit onderzoek moet kunnen aannemen zijn 40 – 43 – 45 – 48 en 50 cm. Om dit te realiseren zijn geen berekeningen met antropometrische data nodig, maar dient er wel een probleem te worden opgelost. Om de breedte instelbaar te maken worden er twee zijschotten aangebracht die het kussen aan twee kanten inperken. Echter, wanneer er slechts één schot kan transleren en de andere vast blijft staan, schuift het zwaartepunt van een persoon tussen minimale en maximale breedte 10 cm uit het midden. Door beide schotten te verplaatsen wordt getracht het zwaartepunt zoveel mogelijk boven het midden van de kruk te houden. Door de manier waarop de gaten nu zijn geplaatst ligt het zwaartepunt van de persoon altijd maximaal maar 15 mm uit het midden. De invloed hiervan wordt verwacht zo nihil te zijn, dat dit te verwaarlozen is.

De plaatsing van deze gaten op specifieke afstanden van elkaar zijn in onderstaande afbeelding weergegeven.



Bijlage E. Uitwerking kruk-ontwerp



Bijlage F. Camera specificaties

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van een Nikon Coolpix P900 camera. Deze camera heeft een maximale optische zoom van 83 keer. Bekend is de afstand die de lens tijdens de meting uit de camera stak; 20 mm. Daarnaast is er bekend dat de sensor met een bepaalde factor vermenigvuldigd dient te worden om te worden terug gerekend naar fullframe.

Deze factor kan worden verkregen door de grootte van het objectief te delen door de brandpuntsafstand van de camera. De maximale grootte van het objectief is 2000 mm en de maximale brandpuntsafstand is 357 mm.

De factor die hieruit naar voor komt is: $\frac{2000}{357} = 5,6$

Wanneer de 20 mm van de lens vermenigvuldigd wordt met de deze factor is de afstand van de lens ten opzichte van de sensor (de brandpuntsafstand) bekend:

$$20 \times 5,6 = 112 \text{ mm}$$

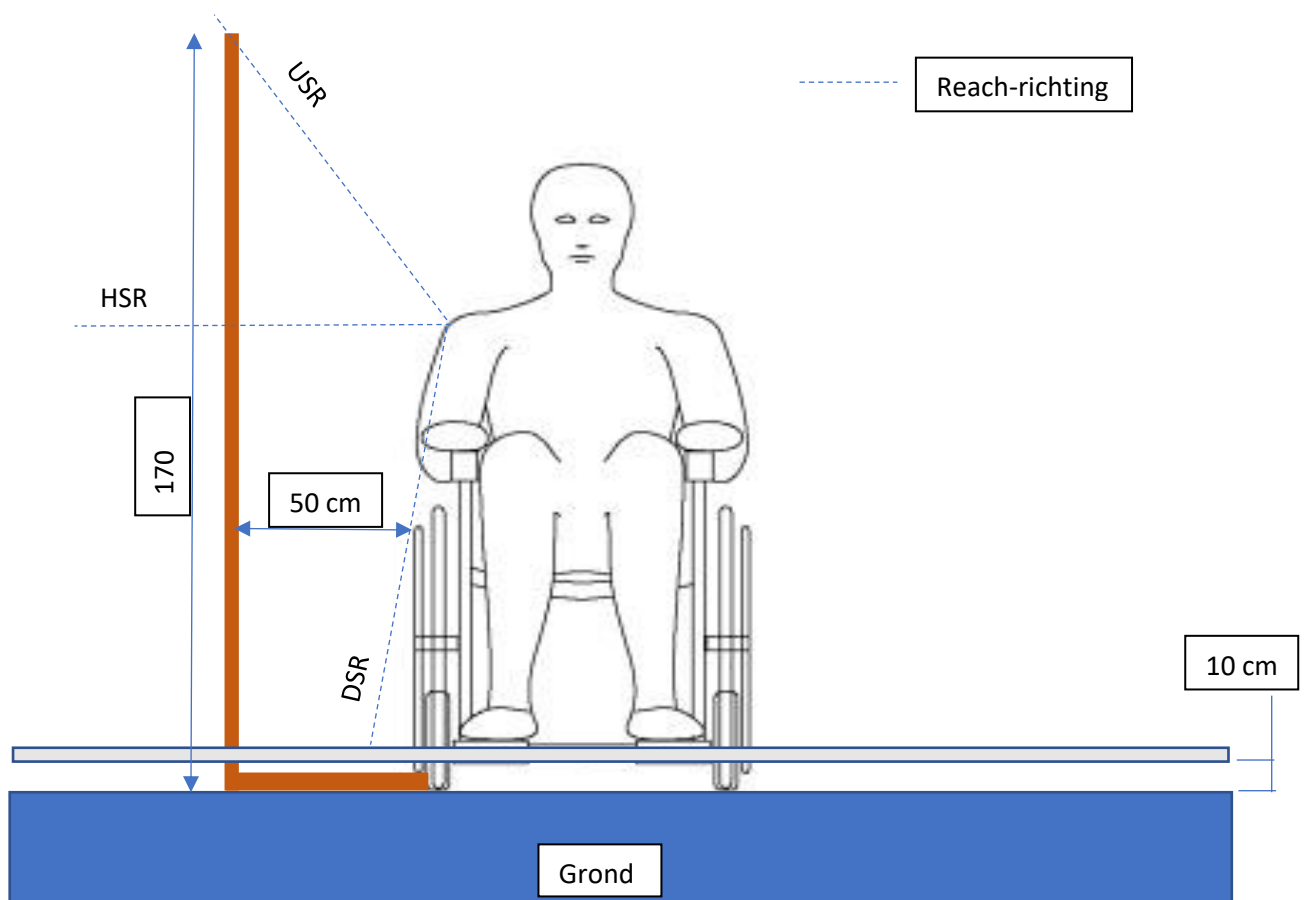
Van de camera is bekend dat de brandpuntsafstand kan variëren van 4,3 tot 357 millimeter. Dit komt overeen met de optische zoom van de camera;

- De brandpuntsafstand is 4,3 mm als camera 0 keer is ingezoomd.
- De brandpuntsafstand is 357 als de camera 83 keer is ingezoomd.

Met deze gegevens kan de optische zoom die is gebruikt tijdens de metingen van het onderzoek worden berekend:

$$\frac{112 \times 83}{357} = 26 \text{ keer optisch ingezoomd}$$

Bijlage G. Uitwerking reachtest



Tijdens de reachtest word er in drie richtingen bereikt:

- Naar de zijkant omlaag; Downward Side Reach (DSR)
- Naar de zijkant horizontaal; Horizontal Side Reach (HSR)
- Naar de zijkant omhoog; Upward Side Reach (USR)

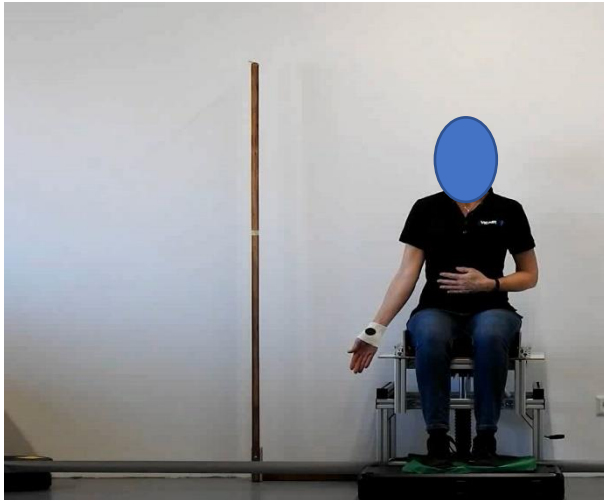
Bij de DSR is 10 centimeter boven de grond een stuk tape bevestigd. Hier dient de proefpersoon met zijn vingers overheen te reiken. Met deze tape is het duidelijk zichtbaar of de proefpersoon laag genoeg blijft. Bovendien kan de proefpersoon geen ondersteuning halen uit de tape; iets wat met reiken over de vloer bijvoorbeeld wel het geval zou zijn.

De HSR is opgenomen in dit onderzoek omdat op deze manier de grootste reach kan worden gehaald die voor een persoon mogelijk is. De overbrugde horizontale afstand is namelijk het grootst wanneer de arm horizontaal staat.

De USR is gebaseerd op maatvoering die is opgesteld door de American National Standards Institute (ANSI) (Forward and Lateral Reach, 2010). Volgens de ANSI-standaard moet een persoon in een rolstoel in staat zijn om een punt te bereiken dat zich 20 cm aan de zijkant van de rolstoel en 140 cm vanaf de grond bevindt. Voor dit onderzoek is op basis van dit punt een nieuw punt aangehouden wat 30 cm verder naar de zijkant, en 30 cm hoger ligt. Het nieuwe punt, waar de pen zich bevindt en waar de proefpersonen heen moeten reiken, bevindt zich dan op 50 cm aan de zijkant van de rolstoel en op 170 cm hoogte vanaf de grond.

Bijlage H. Visualisatie meetprotocol

Visualisatie meetprotocol



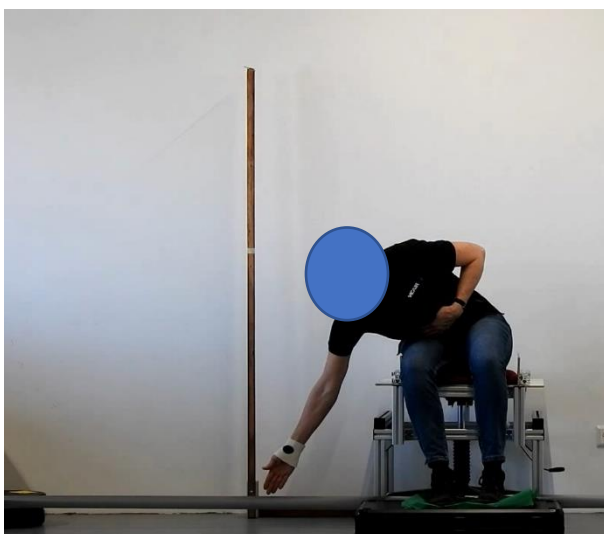
De proefpersoon hiernaast is weergegeven aan het begin van de meting.

De persoon zit in de startpositie met de rechterarm afhangend langs het lichaam met de handpalm richting de camera.

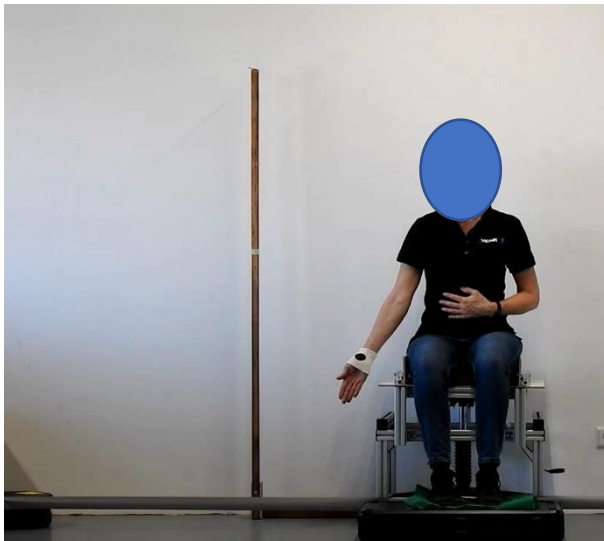
De linkerhand is op de buik geplaatst zodat hier geen steun uitgehaald kan worden of mee kan worden gecorrigeerd.



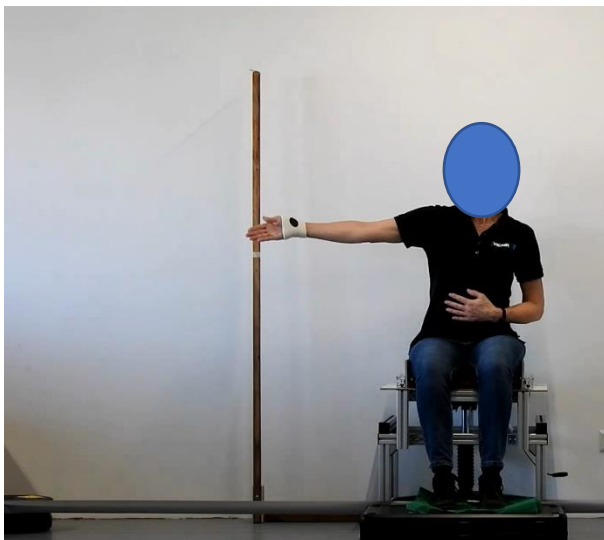
De rechterarm word zo dicht mogelijk langs de kruk af naar beneden bewogen tot de vingers de bovenrand van de tape aanraken.



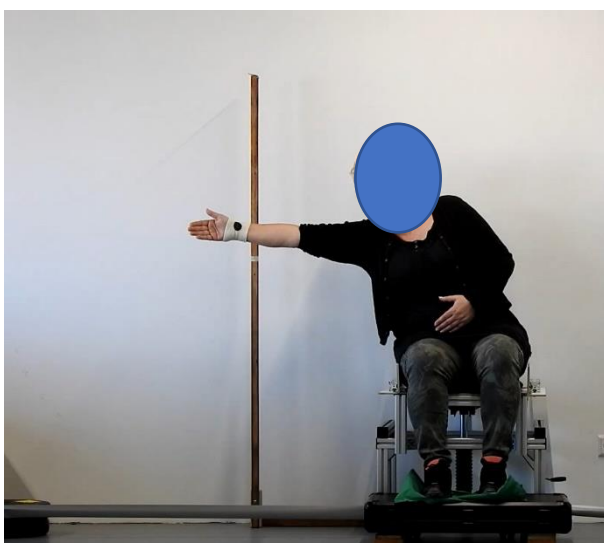
De vingertoppen worden, mits deze bij de vorige stap de bovenrand van de tape hebben gehaald, langs deze rand verder bewogen tot de persoon aangeeft niet verder te kunnen.



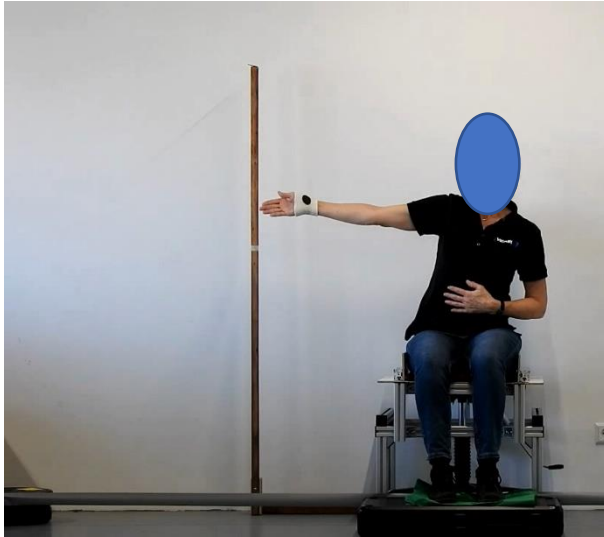
De persoon keert vervolgens na de DSR terug naar de startpositie.



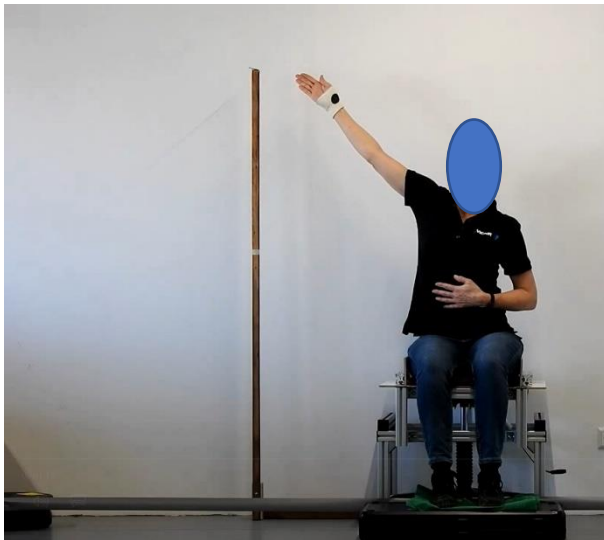
De persoon heft de arm tot deze horizontaal is en parallel loopt aan de grond.



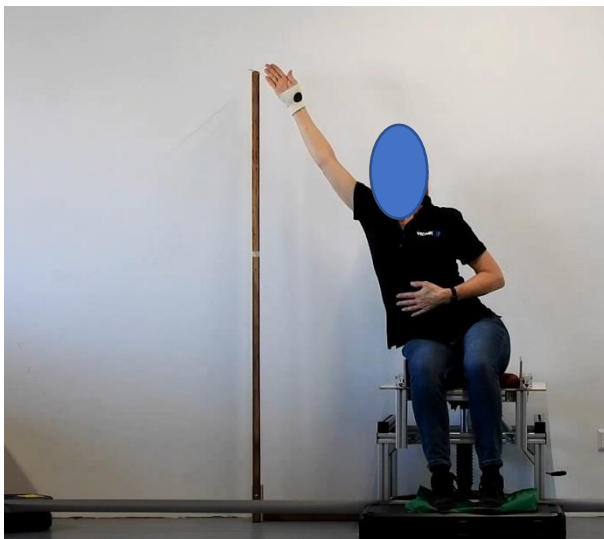
De persoon reikt zover als mogelijk is naar de zijkant terwijl de arm horizontaal blijft over het traject.



De persoon keer na de HSR terug naar de positie waarin deze was vertrokken voor het reiken.



De persoon strekt zijn arm vanuit de vorige positie nog verder omhoog tot de vingers wijzen naar de pen op de bovenkant van de houten constructie.



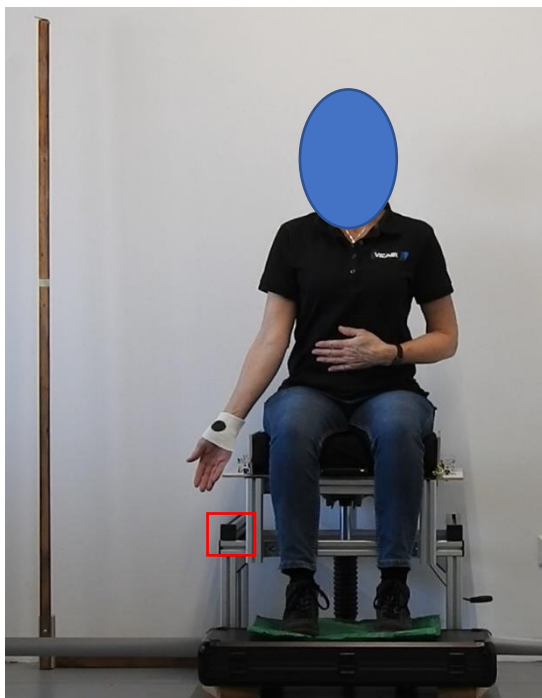
Vanuit de positie waarin de vingers naar de pen wijzen, word er zover mogelijk gereikt in de richting van de pen.
Als het de proefpersoon lukt om verder te reiken dan de pen, dan gaat de hand boven de pen door tot deze niet verder kan.

Na deze actie word teruggekeerd naar de startpositie zoals die op de eerste afbeelding van deze bijlage is weergegeven.

Bijlage I. Dataverwerking in Kinovea

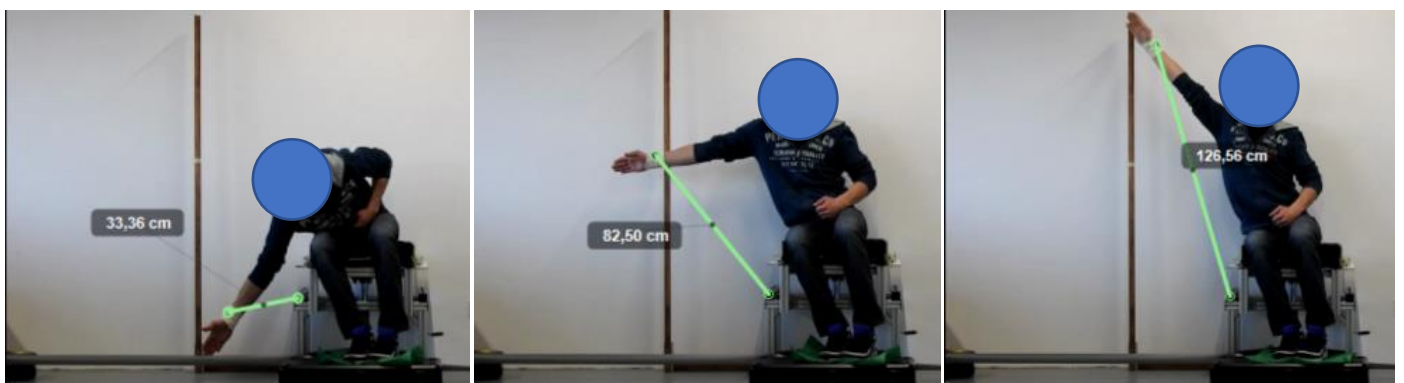
In Kinovea worden alle opgenomen beelden geüpload en verwerkt. Als eerst word aan het begin van de video, wanneer de proefpersoon de startpositie heeft aangenomen, een vaste afstandsmaat aangegeven.

In dit geval is er gekozen om aan de houten staander op 100 cm hoogte een herkenningspunt te bevestigen.

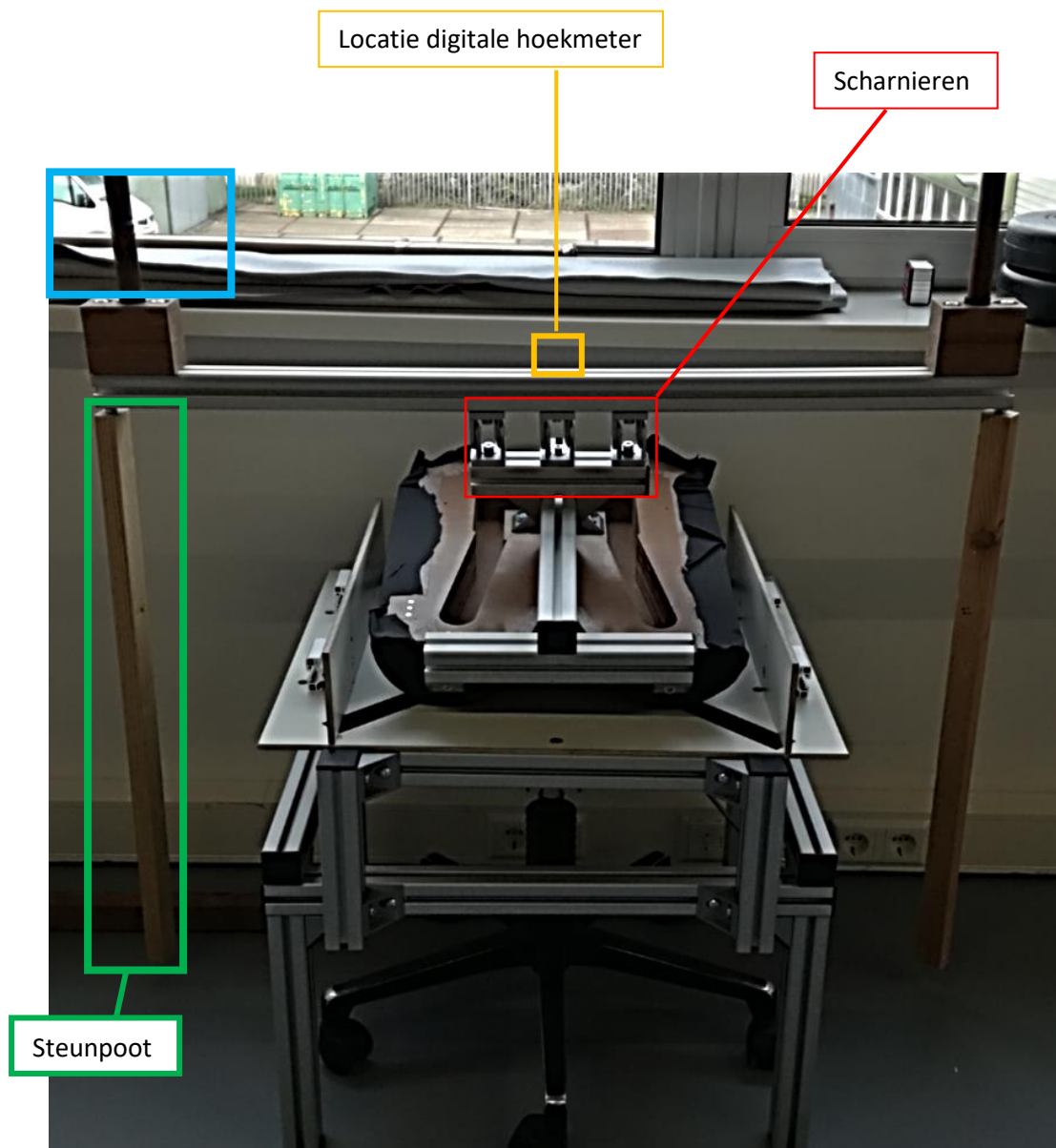


Op het moment dat deze afstandsmaat is aangegeven kunnen de DSR, HSR en USR eenvoudig worden bepaald. Om deze lengtes te kunnen vergelijken is gekozen deze afstand voor iedereen, op elk kussen, in hetzelfde punt te laten beginnen. Er word zo steeds vanuit hetzelfde punt gemeten; dit punt is in nevenstaande afbeelding aangegeven.

In onderstaande afbeelding is weergegeven hoe respectievelijk DSR, HSR en USR worden gemeten met behulp van Kinovea.



Bijlage J. Model + Constructie



Hierboven is een schematische weergave van het model op de kruk met de complete constructie. Het blauwe vierkant geeft aan waar de extra belasting wordt geplaatst nadat hier aan iedere kant 30 kilo is toegevoegd. Hier wordt iedere stap 350 gram toegevoegd tot de digitale hoekmeter 8 graden heeft bereikt; in dat geval is het model omgevallen en staat de steunpoot onder het gewicht op de grond. Met behulp van de scharnieren is het mogelijk om de hoek aan te passen van de horizontale ligger wanneer er wordt gekeken vanuit het sagittale vlak. Dit is geïmplementeerd in het model omdat niet ieder kussen hetzelfde is opgebouwd. Dit betekent dat het model op verschillende kussens een andere hoek aan kan nemen omdat de opbouw tussen kussens steeds verandert. Om hiervoor te corrigeren en te zorgen dat het gewicht steeds hetzelfde geplaatst kan worden zijn de scharnieren toegevoegd.

Bijlage K. Test of Normality

Voor de data kan worden geanalyseerd met een statistische toets, is het van belang om de aanname van normaliteit te toetsen.

Met andere woorden:

Er wordt getest of het verschil tussen gemiddelden van verschillende groepen normaal verdeeld is.

De Test of Normality geeft van ieder kussen, onder elke parameter, een p-waarde aan. Wanneer deze waarde lager is dan 0,05 betekent dit dat de nulhypothese wordt weerlegd. Alle waarden boven de 0,05 betekenen dus dat de nulhypothese kan worden aangenomen. Als er voor normaliteit wordt getest met behulp van Shapiro-Wilk, houdt de nulhypothese een normale verdeling in. Er is gekozen voor het gebruik van de Shapiro-Wilk omdat over het algemeen wordt aangenomen dat deze beter is voor kleinere samples. Er word dus in de rechterkolom gezocht naar $p > 0,05$.

Groep Z.B.

Tests of Normality							
	Kussen	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
DSR	1,00	,209	5	,200 [*]	,958	5	,792
	2,00	,284	5	,200 [*]	,838	5	,159
	3,00	,264	5	,200 [*]	,853	5	,205
	4,00	,245	5	,200 [*]	,862	5	,237
	5,00	,191	5	,200 [*]	,938	5	,650
	6,00	,255	5	,200 [*]	,921	5	,536
HSR	1,00	,198	5	,200 [*]	,979	5	,930
	2,00	,131	5	,200 [*]	,993	5	,989
	3,00	,231	5	,200 [*]	,936	5	,635
	4,00	,340	5	,060	,851	5	,197
	5,00	,180	5	,200 [*]	,982	5	,947
	6,00	,167	5	,200 [*]	,964	5	,836
USR	1,00	,418	5	,005	,634	5	,002
	2,00	,270	5	,200 [*]	,856	5	,215
	3,00	,209	5	,200 [*]	,901	5	,417
	4,00	,246	5	,200 [*]	,901	5	,413
	5,00	,371	5	,023	,784	5	,060
	6,00	,228	5	,200 [*]	,889	5	,351

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Iedere parameter (DSR, HSR, USR) is getest voor alle zes de kussens, er ontstaan dus uitkomsten voor 18 variabelen.

Alleen de variabele USR van kussen 1, aangegeven met de pijl, is niet normaal verdeeld:

USR 1 = 0,634, $p < 0,05$

Dit is echter geen probleem aangezien dit kan worden geweten aan een outlier in deze dataset die een grote invloed heeft vanwege het kleine aantal samples.

Voor de groep Z.B. kan de aanname van normaliteit worden bevestigd.

Groep M.B.

Tests of Normality							
	Kussen	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
DSR	1,00	,309	5	,134	,889	5	,351
	2,00	,311	5	,129	,879	5	,307
	3,00	,261	5	,200 [*]	,930	5	,593
	4,00	,243	5	,200 [*]	,856	5	,214
	5,00	,299	5	,164	,813	5	,102
	6,00	,185	5	,200 [*]	,922	5	,544
HSR	1,00	,344	5	,054	,806	5	,091
	2,00	,213	5	,200 [*]	,874	5	,283
	3,00	,230	5	,200 [*]	,954	5	,769
	4,00	,299	5	,163	,872	5	,274
	5,00	,129	5	,200 [*]	,996	5	,996
	6,00	,309	5	,134	,853	5	,203
USR	1,00	,203	5	,200 [*]	,929	5	,593
	2,00	,200	5	,200 [*]	,947	5	,719
	3,00	,125	5	,200 [*]	,997	5	,998
	4,00	,220	5	,200 [*]	,867	5	,255
	5,00	,132	5	,200 [*]	,992	5	,987
	6,00	,170	5	,200 [*]	,963	5	,831

*. This is a lower bound of the true significance.

De aanname van normaliteit kan worden bevestigd aan de hand van bovenstaande tabel, aangezien elke variabelen een p-waarde heeft die hoger is dan 0,05.

Bijlage L. Test of Within-Subjects Effects

In de Test of Within-Subject Effects wordt onderzocht of er binnen een parameter (DSR, HSR, USR) verschillen zijn tussen de verschillende kussens. Dit wordt onderzocht aan de hand van twee correcties:

- Greenhouse-Geisser (GG)
- Huynh-Feldt (HF)

Voor deze correcties geldt het volgende, als:

- Beide correcties = $p > 0,05$, betekent dit dat er geen significante verschillen zijn.
- Beide correcties = $p < 0,05$, betekent dit dat er wel significante verschillen zijn.
- Een van beide = $p > 0,05$ en de ander = $p < 0,05$ wordt een gemiddelde genomen; als het gemiddelde = $p > 0,05$ zijn er geen significante verschillen. Als het gemiddelde = $p < 0,05$ zijn er wel significante verschillen.

Groep Z.B.

Tests of Within-Subjects Effects^a

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Kussen	Sphericity Assumed	67,967	5	13,593	2,411	,073
	Greenhouse-Geisser	67,967	2,128	31,938	2,411	,147
	Huynh-Feldt	67,967	4,616	14,725	2,411	,080
	Lower-bound	67,967	1,000	67,967	2,411	,195
Error(Kussen)	Sphericity Assumed	112,783	20	5,639		
	Greenhouse-Geisser	112,783	8,512	13,249		
	Huynh-Feldt	112,783	18,463	6,109		
	Lower-bound	112,783	4,000	28,196		

a. Maat = DSR

Verschillen in DSR zijn *niet* significant. Beide p-waarden zijn namelijk hoger dan 0,05; 0,147 (GG) en 0,080 (HF).

Tests of Within-Subjects Effects^a

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Kussen	Sphericity Assumed	89,200	5	17,840	3,699	,016
	Greenhouse-Geisser	89,200	2,644	33,737	3,699	,052
	Huynh-Feldt	89,200	5,000	17,840	3,699	,016
	Lower-bound	89,200	1,000	89,200	3,699	,127
Error(Kussen)	Sphericity Assumed	96,467	20	4,823		
	Greenhouse-Geisser	96,467	10,576	9,121		
	Huynh-Feldt	96,467	20,000	4,823		
	Lower-bound	96,467	4,000	24,117		

a. Maat = HSR

Verschillen in HSR zijn *wel* significant. Omdat GG niet significant is ($0,052 > 0,05$) en HF wel significant is ($0,016 < 0,05$) wordt het gemiddelde van beide waarden genomen. $((0,052+0,016)/2) = 0,034$. Aangezien $0,034 < 0,05$ mag HSR als significant worden aangenomen.

Tests of Within-Subjects Effects^a

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Kussen	Sphericity Assumed	87,500	5	17,500	8,678	,000
	Greenhouse-Geisser	87,500	2,267	38,592	8,678	,007
	Huynh-Feldt	87,500	5,000	17,500	8,678	,000
	Lower-bound	87,500	1,000	87,500	8,678	,042
Error(Kussen)	Sphericity Assumed	40,333	20	2,017		
	Greenhouse-Geisser	40,333	9,069	4,447		
	Huynh-Feldt	40,333	20,000	2,017		
	Lower-bound	40,333	4,000	10,083		

a. Maat = USR

Verschillen in USR zijn *wel* significant. Beide p-waarden zijn namelijk lager dan 0,05; $p = 0,007$ (GG) en $p = 0,000$ (HF).

Groep M.B.

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Maat	Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
DSR	kussen	Sphericity Assumed	195,267	5	39,053	1,871	,145	,319
		Greenhouse-Geisser	195,267	1,501	130,101	1,871	,230	,319
		Huynh-Feldt	195,267	2,203	88,655	1,871	,210	,319
		Lower-bound	195,267	1,000	195,267	1,871	,243	,319
	Error(kussen)	Sphericity Assumed	417,400	20	20,870			
		Greenhouse-Geisser	417,400	6,004	69,526			
		Huynh-Feldt	417,400	8,810	47,377			
		Lower-bound	417,400	4,000	104,350			

De verschillen in DSR zijn *niet* significant. Zowel de waarde van GG $p = 0,230$, als de waarde van HF $p = 0,210$, zijn hoger dan 0,05. Dit betekent dat er geen significante verschillen zijn in de DSR.

HSR	kussen	Sphericity Assumed	331,675	5	66,335	6,903	,001	,633
		Greenhouse-Geisser	331,675	2,023	163,982	6,903	,018	,633
		Huynh-Feldt	331,675	4,103	80,837	6,903	,002	,633
		Lower-bound	331,675	1,000	331,675	6,903	,058	,633
	Error(kussen)	Sphericity Assumed	192,200	20	9,610			
		Greenhouse-Geisser	192,200	8,091	23,756			
		Huynh-Feldt	192,200	16,412	11,711			
		Lower-bound	192,200	4,000	48,050			

De verschillen in HSR zijn *wel* significant. $P = 0,018$ (GG) en $p = 0,002$ (HF) zijn beide onder de 0,05 en kunnen dus als significant worden beschouwd.

USR	kussen	Sphericity Assumed	78,842	5	15,768	5,919	,002	,597
		Greenhouse-Geisser	78,842	2,550	30,914	5,919	,016	,597
		Huynh-Feldt	78,842	5,000	15,768	5,919	,002	,597
		Lower-bound	78,842	1,000	78,842	5,919	,072	,597
	Error(kussen)	Sphericity Assumed	53,283	20	2,664			
		Greenhouse-Geisser	53,283	10,202	5,223			
		Huynh-Feldt	53,283	20,000	2,664			
		Lower-bound	53,283	4,000	13,321			

De verschillen in USR zijn *wel* significant want ook bij de USR zijn beide waarden lager dan de gestelde grens van 0,05; $p = 0,016$ (GG) en $p = 0,002$ (HF).

Samenvattend

Wanneer er wordt gekeken naar de resultaten van de Test Within Subjects kan worden gesteld dat er voor beide groepen het volgende geldt:

- Voor beide groepen zijn er in de parameter DSR geen significante verschillen gevonden.
- Voor beide groepen zijn er in de parameters HSR en USR wel significante verschillen gevonden.

Deze uitspraken kunnen worden gedaan door middel van de getallen die uit de test zijn naar voren zijn gekomen. De desbetreffende getallen zijn hieronder nogmaals gebundeld overzichtelijk weergegeven in een tabel.

	Groep Z.B.			Groep M.B.		
	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
P - Greenhouse Geisser	0,147	0,052	0,007	0,230	0,018	0,016
P - Huynh Feldt	0,08	0,016	0,000	0,210	0,002	0,002
P - Gemiddelde	-	0,034	-	-	-	-
Significant?	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja

Bijlage M. Volledige data onderzoek

Alle verzamelde gegevens van DSR, HSR en USR zijn in centimeters.

Data groep Z.B.

Proefpersoon 1

Vrouw	Leeftijd	52															
			Trial 1			Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen					
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR			
Gouden Standaard		40	110	131		39	109	128	39,5	109,5	129,5	100	100	100			
			Trial 1			Trial 2											
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR			
Invacare Matrix		42	105	128		42	112	130	42	108,5	129	106,329	99,0868	99,6139			
			Trial 1			Trial 2											
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR			
Roho Dicht		41	107	127		45	109	127	43	108	127	108,861	98,6301	98,0695			
			Trial 1			Trial 2											
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR			
Roho Open		38	105	129		39	109	127	38,5	107	128	97,4684	97,7169	98,8417			
			Trial 1			Trial 2											
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR			
Vicair Adjuster		42	113	135		46	109	132	44	111	133,5	111,392	101,37	103,089			
			Trial 1			Trial 2											
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR			
Vicair Vector		41	103	128		43	111	131	42	107	129,5	106,329	97,7169	100			

Proefpersoon 2

Vrouw	Leeftijd	54												
			Trial 1			Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen		
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
Gouden Standaard		23	93	121		19	95	118	21	94	119,5	100	100	100
			Trial 1			Trial 2								
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
Invacare Matrix		21	96	121		22	98	121	21,5	97	121	102,381	103,191	101,255
			Trial 1			Trial 2								
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
Roho Dicht		23	98	121		19	99	121	21	98,5	121	100	104,787	101,255
			Trial 1			Trial 2								
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
Roho Open		25	99	124		18	100	121	21,5	99,5	122,5	102,381	105,851	102,51
			Trial 1			Trial 2								
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
Vicair Adjuster		14	100	124		16	104	125	15	102	124,5	71,4286	108,511	104,184
			Trial 1			Trial 2								
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
Vicair Vector		19	97	124		20	101	126	19,5	99	125	92,8571	105,319	104,603

Proefpersoon 3

Vrouw	Leeftijd	47														
			Trial 1				Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen			
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	
Gouden Standaard			46	103	128		51	103	130	48,5	103	129	100	100	100	
			Trial 1				Trial 2									
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	
Invacare Matrix			44	104	133		45	104	131	44,5	104	132	91,7526	100,971	102,326	
			Trial 1				Trial 2									
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	
Roho Dicht			43	101	130		44	105	132	43,5	103	131	89,6907	100	101,55	
			Trial 1				Trial 2									
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	
Roho Open			35	101	131		44	101	131	39,5	101	131	81,4433	98,0583	101,55	
			Trial 1				Trial 2									
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	
Vicair Adjuster			46	106	135		45	105	133	45,5	105,5	134	93,8144	102,427	103,876	
			Trial 1				Trial 2									
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	
Vicair Vector			44	103	134		47	106	134	45,5	104,5	134	93,8144	101,456	103,876	

Proefpersoon 4

Man	Leeftijd	50															
			Trial 1				Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen				
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR
Gouden Standaard			41	96	128		37	95	129		39	95,5	128,5		100	100	100
			Trial 1				Trial 2										
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR
Invacare Matrix			45	101	132		51	108	135		45	101	132		115,385	105,759	102,724
			Trial 1				Trial 2										
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR
Roho Dicht			40	104	132		47	106	132		40	104	132		102,564	108,901	102,724
			Trial 1				Trial 2										
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR
Roho Open			33	97	133		39	104	131		36	100,5	132		92,3077	105,236	102,724
			Trial 1				Trial 2										
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR
Vicair Adjuster			37	98	133		39	103	133		38	100,5	133		97,4359	105,236	103,502
			Trial 1				Trial 2										
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR
Vicair Vector			35	100	130		36	103	134		35,5	101,5	132		91,0256	106,283	102,724
			Tijdens de meting staat één van de voeten niet op de gladde ondergrond.														
			Deze meting is hierdoor niet meegenomen in de berekening, het gemiddelde van trial 1 & 2 is nu alleen de waarden van trial 1														

Proefpersoon 5

Man	Leeftijd	31 jaar															
			Trial 1				Trial 2				Gemiddelde Trial 1 & 2				Procentuele verschillen		
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR
Gouden Standaard			35	84	129		31	89	130		33	86,5	129,5		100	100	100
			Trial 1				Trial 2				Gemiddelde Trial 1 & 2				Procentuele verschillen		
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR
Invacare Matrix			35	91	134		31	95	135		33	93	134,5		100	107,514	103,861
			Trial 1				Trial 2				Gemiddelde Trial 1 & 2				Procentuele verschillen		
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR
Roho Dicht			34	89	129		31	91	129		32,5	90	129		98,4848	104,046	99,6139
			Trial 1				Trial 2				Gemiddelde Trial 1 & 2				Procentuele verschillen		
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR
Roho Open			33	83	127		29	88	131		31	85,5	129		93,9394	98,8439	99,6139
			Trial 1				Trial 2				Gemiddelde Trial 1 & 2				Procentuele verschillen		
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR
Vicair Adjuster			36	96	137		35	97	135		35,5	96,5	136		107,576	111,561	105,019
			Trial 1				Trial 2				Gemiddelde Trial 1 & 2				Procentuele verschillen		
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR
Vicair Vector			37	94	134		37	91	133		37	92,5	133,5		112,121	106,936	103,089

Data groep M.B.

Alle verzamelde gegevens van DSR, HSR en USR zijn in centimeters.

Proefpersoon 6

Man	Leeftijd	32	Aandoening			Spina Bifida L4 - L5										
			Trial 1			Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen				
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR		
Gouden Standaard			30	91	130	27	89	132	28,5	90	131	100	100	100		
			Trial 1			Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen				
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR		
Invacare Matrix			33	94	134	29	102	134	31	98	134	108,772	108,889	102,29		
			Trial 1			Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen				
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR		
Roho Dicht			33	101	134	27	93	133	30	97	133,5	105,263	107,778	101,908		
			Trial 1			Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen				
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR		
Roho Open			32	94	131	26	97	132	29	95,5	131,5	101,754	106,111	100,382		
			Trial 1			Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen				
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR		
Vicair Adjuster			35	102	135	35	100	135	35	101	135	122,807	112,222	103,053		
			Trial 1			Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen				
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR		
Vicair Vector			34	104	139	36	101	136	35	102,5	137,5	122,807	113,889	104,962		

Proefpersoon 7

Man	Leeftijd	52	Aandoening			Spina Bifida L4 - L5	&	Transtibiale amputatie links								
			Trial 1				Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen			
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
Gouden Standaard			37	101	143		37	103	143		37	102	143	100	100	100
			Trial 1				Trial 2									
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
Invacare Matrix			35	103	141		40	110	140		37,5	106,5	140,5	101,351	104,412	98,2517
			Trial 1				Trial 2									
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
Roho Dicht			33	93	142		34	103	141		33,5	98	141,5	90,5405	96,0784	98,951
			Trial 1				Trial 2									
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
Roho Open			37	102	140		36	103	141		36,5	102,5	140,5	98,6486	100,49	98,2517
			Trial 1				Trial 2									
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
Vicair Adjuster			35	106	144		39	107	145		37	106,5	144,5	100	104,412	101,049
			Trial 1				Trial 2									
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
Vicair Vector			39	107	145		43	110	146		41	108,5	145,5	110,811	106,373	101,748
Rode cijfers geven een verschil aan dat groter is dan 10 cm																

Proefpersoon 8

Vrouw	Leeftijd	27	Aandoening			Spina Bifida L4 - L5											
			Trial 1				Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen				
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR
Gouden Standaard			12	89	123		13	88	124		12,5	88,5	123,5		100	100	100
			Trial 1				Trial 2										
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR
Invacare Matrix			14	92	127		20	103	129		17	97,5	128		136	110,169	103,644
			Trial 1				Trial 2										
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR
Roho Dicht			21	93	130		25	100	129		23	96,5	129,5		184	109,04	104,858
			Trial 1				Trial 2										
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR
Roho Open			14	90	126		15	101	129		14,5	95,5	127,5		116	107,91	103,239
			Trial 1				Trial 2										
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR
Vicair Adjuster			13	104	131		21	103	129		17	103,5	130		136	116,949	105,263
			Trial 1				Trial 2										
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR
Vicair Vector			27	105	132		32	109	131		29,5	107	131,5		236	120,904	106,478
Rode cijfers geven een verschil aan dat groter is dan 10 cm																	

Proefpersoon 9

Vrouw	Leeftijd	29	Aandoening : Ehlers Danlos Syndroom met zenuw schade vanaf L4													
			Trial 1			Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen				
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR		
Gouden Standaard		29	106	135		29	106	134	29	106	134,5	100	100	100		
			Trial 1			Trial 2										
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR		
Invacare Matrix		28	108	137		31	108	137	29,5	108	137	101,724	101,887	101,859		
			Trial 1			Trial 2										
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR		
Roho Dicht		29	102	136		30	103	137	29,5	102,5	136,5	101,724	96,6981	101,487		
			Trial 1			Trial 2										
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR		
Roho Open		33	112	139		35	112	137	34	112	138	117,241	105,66	102,602		
			Trial 1			Trial 2										
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR		
Vicair Adjuster		35	111	140		36	112	138	35,5	111,5	139	122,414	105,189	103,346		
			Trial 1			Trial 2										
			DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR		
Vicair Vector		39	107	142		46	107	143	42,5	107	142,5	146,552	100,943	105,948		

Proefpersoon 10

Man	47	Spina bifida L1 - L5														
			Trial 1				Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen			
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
Gouden Standaard			20	86	124		34	94	125		27	90	124,5	100	100	100
			Trial 1				Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen			
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
Invacare Matrix			31	99	125		32	103	127		31,5	101	126	116,667	112,222	101,205
			Trial 1				Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen			
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
Roho Dicht			18	91	123		22	95	126		20	93	124,5	74,0741	103,333	100
			Trial 1				Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen			
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
Roho Open			15	87	128		16	98	127		15,5	92,5	127,5	57,4074	102,778	102,41
			Trial 1				Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen			
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
Vicair Adjuster			25	95	125		33	99	125		29	97	125	107,407	107,778	100,402
			Trial 1				Trial 2			Gemiddelde Trial 1 & 2			Procentuele verschillen			
			DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR		DSR	HSR	USR	DSR	HSR	USR
Vicair Vector			13	94	126		24	99	125		18,5	96,5	125,5	68,5185	107,222	100,803
Rode cijfers geven een verschil aan dat groter is dan 10 cm																

Data model

	Standaard zitkussen	Invacare Matrix	Roho Quadtro Select (open)	Roho Quadtro Select (dicht)	Vicair Adjuster O2	Vicair Vector O2
Belasting in kg						
0	0	0	0	0	0	0
0,35	0,1	0	0,2	0,2	0,1	0
0,7	0,1	0,2	0,3	0,4	0,2	0
1,05	0,2	0,5	0,5	0,6	0,3	0,2
1,4	0,2	1,0	0,8	0,9	0,3	0,3
1,75	0,5	1,4	1,0	1,1	0,4	0,4
2,1	0,5	2,1	1,4	1,3	0,5	0,5
2,45	0,7	3,0	1,8	1,4	0,7	0,7
2,8	1,4	4,3	2,4	1,7	0,8	0,9
3,15	1,9	4,8	3,0	2,0	0,9	1,0
3,5	2,1	5,5	3,9	2,4	1,1	1,1
3,85	2,2	6,6	8,0	2,7	1,3	1,3
4,2	2,4	8,0		3,0	1,5	1,6
4,55	2,6			3,3	1,7	1,8
4,9	2,8			3,6	2,0	2,0
5,25	3,1			3,8	2,2	2,3
5,6	3,5			4,2	2,4	2,6
5,95	3,8			4,5	2,8	2,8
6,3	4,2			5,7	3,0	3,1
6,65	4,4			8,0	3,3	3,3
7	4,7				3,9	3,6
7,35	5,0				5,3	4,1
7,7	8,0				8,0	4,5
8,05						5,5
8,4						6,7

Bovenstaande tabel geeft de data weer van de modelstudie die is verricht op alle verschillende kussens. Uit de tabel kan worden opgemaakt welke hoekverdraaiing (in graden) het model ondergaat ten gevolge van een opgelegde belasting (in kilogram).

Bijlage N. Projectplan Afstuderen

Naam: Niels Vreede
Studentnummer: 13099221
E-mail: n.vreede@hotmail.com

Studievoortgang

Behaalde studiepunten in de modules 9 t/m 11 (*max 36*): 36

Minor: Orthopedie / revalidatie afgerond (j/n) Ja

Stage 2 afgerond (j/n): Ja

Totaal aantal behaalde vrije STPs: 9

Openstaande toetsen (+ module): n.v.t.

Datum:

1. Onderwerp (voorlopige titel)

Werkveld: Bedrijfsleven

Beroepsrol: Onderzoeker

Extern project (J/N): Ja

Indien Extern:

.. **naam Opdrachtgever/bedrijf/ECBT:** Vicair

.. **contactpersoon (naam en mailadres):** Tim Helming - thelming@gmail.com
t.helming@vicair.com

2. Inleiding

- **De aanleiding tot het onderzoek (WAAROM is de onderzoeksvraag relevant?)**

Vicair is een bedrijf dat zich heeft gespecialiseerd in het ontwerpen en vervaardigen van rolstoelkussens. Zij hebben met de ontwikkeling van het Vicair-kussen, gebaseerd op smartcells in verschillende compartimenten, een prijswinnend ontwerp in de markt gezet. Met behulp van deze techniek treden er minimale schuifkrachten op tussen de gebruiker en het kussen en wordt er een optimale drukverdeling gecreëerd.

Om deze ontwikkeling nog meer te ondersteunen, is het van belang om te onderzoeken hoe het Vicair-kussen zich manifesteert in de markt ten opzichte van concurrerende rolstoelkussens. Op die manier kan worden vastgesteld of het Vicair-kussen wel degelijk een verschil kan bewerkstelligen op het gebied van drukverdeling en schuifkrachten.

- **De probleemstelling (WELK probleem ligt er aan ten grondslag?; WAARVOOR ga je een oplossing bieden?).**

Door middel van dit onderzoek wordt getracht een aantoonbaar resultaat te ontwikkelen over hoe het Vicair-kussen zich verhoudt ten opzichte van concurrerende kussenproducenten. Met behulp van dit resultaat is het gemakkelijker om te onderbouwen waarom een klant juist een Vicair-kussen zou moeten aanschaffen in plaats van een ander kussen. Tot op heden is het mogelijk om de revolutionaire techniek uit te leggen, maar kan dit niet worden toegelicht met behulp van ondersteunend onderzoek. Er wordt door middel van dit onderzoek gestreeft naar een situatie waarin de verschillen met andere kussens wel aantoonbare ondersteuning kan bieden.

- **Het doel/vraagstelling van het onderzoek (WAT wil je bereiken; WAAR wil je een antwoord op?).**

Het doel van het onderzoek is om erachter te komen hoe het Vicair-rolstoelkussen zich verhoudt in vergelijking met de (twee of drie) grootste concurrerende merken op het gebied van drukverdeling en optredende schuifkrachten. Door middel van onderzoek naar de reach (rijkwijde) en inspanningsmogelijkheden van verschillende rolstoelgebruikers, tijdens het gebruik van verschillende rolstoelkussens, wordt getracht antwoord te kunnen geven op de vraag of het Vicair-kussen zich daadwerkelijk onderscheidt van de rest.

- **Specifieke hypothese (WAT verwacht je als uitkomst?; op basis van onderbouwing/bestaande kennis)**

Er wordt verwacht dat het Vicair-kussen zich op het gebied van drukverdeling en schuifkrachten op een positieve manier onderscheidt van concurrerende kussens. Uit onderzoek is reeds naar voor gekomen dat kussens op basis van lucht een betere drukverdeling creëren dan kussens op basis van foam of vloeistof. Daarnaast laten kussens op basis van lucht de laagste waardes zien op het gebied van schuifkrachten in vergelijking met kussens op basis van andere materialen.

Door middel van de opbouw van het Vicair-kussen, gebruik makend van honderden cellen in verschillende compartimenten, kan het zich nogmaals onderscheiden van andere rolstoelkussens die ook op basis van lucht zijn. De cellen bieden een constante goede ondersteuning en een kleine kans op defecten. In vergelijking met kussens op luchtbasis die gebruik maken van een luchtpomp-systeem, geeft dit een betrouwbaarder en beter kussen.

- **WELK relevant ander onderzoek is er op dit gebied reeds verricht (literatuur studie)?**

Er is op het gebied van drukverdeling in rolstoelkussens al veel onderzoek verricht en gedocumenteerd in literatuur. Er is met name veel gefocust op de verschillen in druk bij het gebruik van verschillende materialen om op te zitten (schuim, lucht, vloeistof). Daarnaast is er onderzoek verricht naar schuifkrachten tussen de rolstoelgebruiker en het kussen waar zij op zitten. Hierin zijn vele kussens, gemaakt van verschillende ondersteunende materialen, onderzocht waarin een grote verscheidenheid aan krachten naar voor komt.

Betreffende het meten van inspanning van rolstoelgebruikers is er ook veel relevant onderzoek gedaan en kan er een duidelijk beeld worden gecreëerd aan welke eisen een dergelijk onderzoek moet voldoen en welke outputparameters kunnen worden gehanteerd om een betrouwbare conclusie te kunnen vormen. Over de inspanning van rolstoelgebruikers tijdens het zitten op verschillende kussens is tot op heden weinig bekend.

De reeds onderzochte literatuur is terug te vinden bij punt 4. Voorlopige Literatuurlijst.

- **WELKE instanties (bedrijven, personen) kunnen wellicht nuttige contacten zijn betrokken bij het formuleren van de probleemstelling**

Het bedrijf Vicair zal bij de uitvoering van dit onderzoek een zeer nuttig contact zijn omdat zij de beschikking hebben over veel van de gevraagde criteria die zijn opgesteld. Zo beschikt Vicair over een grote database van rolstoelgebonden personen die kan worden geraadpleegd bij het werven van proefpersonen. Daarnaast heeft Vicair de beschikking over hun eigen Vicair-kussens, maar ook de kussens van de concurrent die ter beschikking staan bij het uitvoeren van verschillende tests.

Om inspanningstesten uit te kunnen voeren vanuit een rolstoel dient er beschikt te worden over een loopband die ook geschikt is voor rolstoelgebonden personen.

Hiervoor zijn grote revalidatiecentra of ziekenhuizen belangrijke contacten.

Als laatste kunnen verschillende docenten van de opleiding Bewegingstechnologie handige contacten zijn tijdens dit onderzoek. Aan hen kan hulp worden gevraagd bij het definiëren van bepaalde begrippen en het voldoende diepgang geven aan het afstudeeronderzoek.

3. Methode

In geval van een experimenteel onderzoek (Formuleer deelvragen per onderdeel):

- **Beschrijf de opzet en het meetprotocol. Met welke uitkomstparameters denk je de onderzoeksvraag te gaan beantwoorden.**

Hoe kan reach worden gedefinieerd? Hoe kan reach worden gemeten? Wat wordt als gouden standaard gebruikt? Welke reachtests worden standaard gebruikt? Welke van deze tests zijn ook in dit onderzoek klinisch uitvoerbaar en relevant?

Reachtests worden uitgevoerd vanuit een rolstoel waar steeds een ander kussen op geplaatst wordt. Vanuit de rolstoel zullen de proefpersonen zover als mogelijk is naar punten moeten rijden. Deze handelingen zullen worden gefilmd en vervolgens kan de reach, met een bekende afstandsmaat, worden berekend. Er kan worden gekeken of het mogelijk is om een drukmat te integreren in de meetopstelling zodat er ook kan worden gekeken naar de drukverdeling over het kussen.

Welke inspanningstests zijn vaker gebruikt voor rolstoelen? Welke parameters zijn hiervoor van belang? Hoe wordt de gouden standaard bepaald? Hoe worden de tests gerandomiseerd?

Inspanningstests zullen worden uitgevoerd vanuit een rolstoel op een loopband (die geschikt is voor rolstoelen). Tijdens de tests zal iedere proefpersoon met alle kussens eenmaal rijden. Gedurende deze tests zullen fysiologische parameters als VO₂ opname, CO₂ afgifte en hartritme worden gemonitord. Daarnaast zal aan het kussen steeds een iShear bevestigd zijn. Dit apparaat is in staat de shear force (schuifkracht) te meten waardoor deze ook later in kaart kan worden gebracht.

- **Beschrijf de aard en omvang van de onderzoekspopulatie.**

De onderzoekspopulatie van dit onderzoek zal bestaan uit plusminus 10 ervaren rolstoelgebruikers. Zij dienen minimaal één jaar ervaring te hebben met hun rolstoel en dienen te beschikken over een volledige functionaliteit van de bovenste extremiteit. Daarnaast dient de onderzoekspopulatie geen beperkingen te hebben aan de onderste extremiteit die de reikwaliteit kunnen beïnvloeden. Als laatste mogen de proefpersonen geen longaandoeningen (obstructief, restrictief, ventilatoir of perfusie) hebben.

- **Beschrijf de wijze van Data verwerking**

Data over de reach zal worden opgenomen met behulp van een camera en worden verwerkt en bewerkt in Kinovea. Eventuele overige data betreffende de reach zal, evenals de data uit de inspanningstests, worden verzameld in SPSS voor verdere statistische verwerking.

- **Welke statische verwerkingen zijn relevant.**

Doordat er wordt gekeken naar de verschillen in onafhankelijke waarnemingen bij meer dan twee groepen op interval/ratio niveau zal de ANOVA (groepen) test het meest relevant zijn om te gebruiken. Wellicht is het verder ook interessant om te onderzoeken of er een correlatie bestaat betreffende de rechte tussen verschillende proefpersonen. Hiervoor zou de Pearson Productmoment Correlatie een relevante toets zijn.

4. Voorlopige literatuurlijst

1. Kozey, J.W. (2003). *Determination of the normal and maximum reach measures of adult wheelchair users*. Geraadpleegd op 04-10-2017 van, http://easy.squareis.com/https/ac.els-cdn.com/S0169814103001422/1-s2.0-S0169814103001422-main.pdf?_tid=7b5db40e-acfb-11e7-ac46-00000aacb360&acdnt=1507558356_25ff3489b202d12aebf5571efa0b51ee&_x=0400
2. Aissaoui, R., Boucher, C., Bourbonnais, D., Lacoste, M., Dansereau, J. (2001). *Effect of Seat Cushion on Dynamic Stability in Sitting During a Reaching Task in Wheelchair Users With Paraplegia*. Geraadpleegd op 04-10-2017 van, https://portal.squareis.com/search/getFileUrl?url=%2Fhttp%2Fwww.sciencedirect.com%26amp%3B_x%3D0400
3. Curtis, K.A., Kindlin, C.M., Reich, K.M., White, D.E. (1995). *Functional Reach in Wheelchair Users: The Effects of Trunk and Lower Extremity Stabilization*. Geraadpleegd op 04-10-2017 van, [http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(95\)80662-8/pdf](http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(95)80662-8/pdf)
4. Woude, L.H.V. van der., Veeger H.E.J., Dallmeijer, A.J., Janssen, T.W.J., Rozendaal, L.A. (2001). *Biomechanics and Physiology in Active Manual Wheelchair Propulsion*. Geraadpleegd op 05-10-2017 van, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350453301000832>
5. Lenton, J. (2012). *Efficiency of Hand-rim Propulsion: Synchronous vs. Asynchronous Push Strategies*. Geraadpleegd op 05-10-2017 van, http://www.rug.nl/staff/l.h.v.van.der.woude/john_lenton_phd_thesis_2012_readingcommittee.pdf
6. Beekman, C.E., Miller-Porter, L., Schonberger, M. (1999). *Energy Cost of Propulsion in Standard and Ultralight Wheelchairs in People With Spinal Cord Injuries*. Geraadpleegd op 05-10-2017 van, <https://academic.oup.com/ptj/article/79/2/146/2837037>
7. Takechi, H., Tokuhiko, A. (1998). *Evaluation of Wheelchair Cushions by Means of Pressure Distribution Mapping*. Geraadpleegd op 09-10-2017 van, <http://europepmc.org/abstract/med/9810434>
8. Akins, J.S., Karg, P.E., Brienza, D.M. (2011). *Interface Shear and Pressure Characteristics of Wheelchair Seat Cushions*. Geraadpleegd op 09-10-2017 van, <https://www.rehab.research.va.gov/jour/11/483/page225.html>

5. Planning

Week	Werkzaamheden
1	Literatuuronderzoek: Antwoord vinden op deelvragen Reach
2	Literatuuronderzoek: Antwoord vinden op deelvragen Inspanning
3	Opstellen meetprotocol Reach + regelen/maken benodigdheden en apparatuur
4	Opstellen meetprotocol Inspanning + regelen apparatuur en meetlocatie
5	Benaderen proefpersonen (ongeveer) 10 + starten met metingen Reach
6	(Afronden metingen Reach +) Verwerken data Reach + conclusies trekken
7	Starten met metingen Inspanning
8	(Afronden metingen Inspanning +) Verwerken data Inspanning + conclusies trekken
9	Uitloopweek metingen en dataverwerking
10	Inleveren 0-versie scriptie
11	Verwerken feedback 0-versie in definitieve versie scriptie
12	Inleveren scriptie
13	Afronding afstudeerperiode bij Vicair – Voorbereiding eindgesprek en verdediging
14	Eindgesprek

6. Persoonlijke leerdoelen afstudeerfase (minimaal 3)

1. Testen en Onderzoeken (B3): Tijdens stage 1 & 2 zijn de opdrachten sterk gekaderd door de stageadressen waardoor je als student voornamelijk alleen de opdracht uitvoerde en geen onderzoek opzette. Gedurende het afstuderen wordt (in de orientatiefase) van je verlangd dat een compleet onderzoek wordt opgezet en dat dit (in de uitvoeringsfase) tot uitvoering word gebracht.

Aan het eind van het afstudeerproject kan aan de hand van het plan van aanpak, het eindverslag en prototype worden getoetst of het onderzoek uitgevoerd is zoals het van te voren was opgezet.

2. Zelfstandig (P12): Tijdens de schoolcarrière tot op heden werd weinig echte zelfstandigheid verwacht. Door middel van projecten met groepen en altijd mogelijkheden om samen te werken heb ik er als student nooit volledig allen voor gestaan. Tijdens deze afstudeerfase is het aan mij om het hele proces vooraf uit te werken, plannen, uitvoeren, feedback te verwerken en af te ronden. Ik hoop tijdens deze periode te leren waar in deze punten mijn zwakte ligt zodat ik hier aan kan blijven werken zodat ik in de toekomst met vertrouwen volledige onderzoeken zelfstandig kan uitvoeren.

3. Bewegingsanalyse (B1): Tijdens de afstudeerfase wil ik beter leren inschatten wat er tijdens een onderzoek gebaseerd op bewegingsanalyse van belang is. Door goed te kunnen vastleggen welke parameters van belang zijn, welke technieken gebruikt kunnen worden om deze parameters vast te stellen, welke analyses er op deze parameters moeten worden uitgevoerd om het vastgestelde doel te kunnen realiseren en een onderbouwd antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag kan er tijd worden bespaard, efficiënter worden gewerkt en kan ik me meer ontwikkelen als bewegingstechnoloog.

Bijlage O. Evaluatie persoonlijke leerdoelen

Competentie 1 Testen en Onderzoeken (B3)
Leerdoel: Ik wil door middel van het compleet doorlopen van een afstudeeronderzoek beter leren om een onderzoek op te zetten, uit te voeren en evalueren. Tijdens stages zijn opdrachten sterk gekaderd en word een vooraf opgesteld onderzoek uitgevoerd. Voor dit onderzoek wil ik alle stappen van A tot Z doorlopen.
Acties: Om dit doel te bereiken dient er uitgestippeld te worden hoe het onderzoek aangepakt gaat worden. Er moet een duidelijk plan liggen wat er gedaan gaat worden en vooral waarom het op deze specifieke manier aangepakt gaat worden.
Evaluatie: Het uiteindelijke onderzoek is, desalniettemin met tegenslagen, een groot leermoment geweest en succesvol afgerond. Er is vooraf een duidelijk plan opgesteld over het wat en waarom; door aan aanpassing aan de opdracht kon dit plan echter niet volledig worden nageleefd. Hieruit is echter wel naar voor gekomen dat ik in staat om een vooraf uitgestippeld plan te transformeren naar een ander plan conform nieuwe richtlijnen. De uitvoering en evaluatie van het project zijn eveneens goed doorlopen.
Competentie 2 Zelfstandig (P12)
Leerdoel: Tijdens mijn schoolcarrière is tot aan het afstuderen weinig echte zelfstandigheid van mij verwacht. Door middel van projecten met groepen en altijd de mogelijkheden om samen te werken heb ik er als student nooit volledig allen voor gestaan. Tijdens deze afstudeerfase is het aan mij om het hele proces vooraf uit te werken, plannen, uitvoeren, feedback te verwerken en af te ronden. Ik hoop tijdens deze periode te leren waar in deze punten mijn zwakte ligt zodat ik hier aan kan blijven werken zodat ik in de toekomst met vertrouwen volledige onderzoeken zelfstandig kan uitvoeren.
Acties: Het zelfstandig uitvoeren van een compleet afstudeeronderzoek. Hierbij is het doel om zelfstandig te werken niet te kunnen vertrouwen op kennis en kunde van anderen. Dit betekent overigens niet dat er niet om hulp gevraagd kan worden; twee weten meer dan een en de expertise van iemand uit het werkveld kan het project diepgang geven en mijn communicatieve vaardigheden verbeteren.
Evaluatie: Voor de opstart van het project waren enkele problemen waardoor het moeilijk was om zelfstandig van start te gaan. Toen deze problemen echter waren opgelost is er snel zelfstandig te werk gegaan. Een groot voordeel van de uitvoeringsfase van het onderzoek is dat er vanuit huis werd gewerkt in verband met de reistijd. Dit heeft veel discipline gevraagd maar het is een hele goede manier geweest om te werken aan mijn zelfstandigheid. Invloeden en hulp van buiten waren er op deze manier niet waardoor alles uit mezelf heeft moeten komen.
Competentie 3 Bewegingsanalyse (B1)
Leerdoel: Tijdens de afstudeerfase wil ik beter leren inschatten wat er tijdens een onderzoek gebaseerd op bewegingsanalyse van belang is. Door goed te kunnen vastleggen welke parameters van belang zijn, welke technieken gebruikt kunnen worden om deze parameters vast te stellen en welke analyses er op deze parameters moeten worden uitgevoerd om het vastgestelde doel te kunnen realiseren en een onderbouwd antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag kan er tijd worden bespaard, efficiënter worden gewerkt en kan ik me meer ontwikkelen als bewegingstechnoloog.
Acties: Bij het uitvoeren van het onderzoek planmatig te werk gaan en uitwerken wat ik te weten wil komen en op welke manier ik aan deze informatie kan komen. Door daarnaast stil te staan waarom ik op een bepaalde manier tot informatie kom en niet gebruik van een andere methode kan deze competentie meer diepgang worden gegeven aangezien het belangrijk is waarom je iets uitvoert en niet wat je uitvoert.
Evaluatie: Er is sterk aan deze competentie gewerkt tijdens het uitvoeren van het onderzoek met het uitwerken welke eigenschappen van belang zijn bij de stabiliteit van een kussen. Het van te voren uitdenken welke factoren van belang zijn bij het behouden van balans en wat deze factoren voor gevolgen hebben in verschillende situaties onder invloed van krachten is een klassieke bewegingsanalyse. Mijns inziens is deze goed doorlopen en blijkt dat mijn kwaliteiten op dit gebied beter zijn dan op voorhand gedacht werd.