

6 juni 2017
Definitieve versie

Onderzoek naar de betrouwbaarheid en validiteit van de Artec Eva 3D-scanner

Afstudeeronderzoek Fontys Sporthogeschool -
Sportkunde Wellness



INNOSPORTLAB
DE TONGELREEP

Student: Fenna van Burg - 2410494
Begeleidend docent: Martin van Dijk

Contactgegevens

Student

Naam: Fenna van Burg

Studentnummer: 2410494

E-mail: f.vanburg@student.fontys.nl

Opleiding

Opleiding: Sportkunde Wellness jaar 4

Opleidingsinstituut: Fontys Sporthogeschool

Adres: Theo Koomenlaan 3, 5644 HZ Eindhoven

Begeleidend docent: Martin van Dijk

Werkplek

Werkplek: InnoSportLab de Tongelreep

Adres: Antoon Coolenlaan 1, 5644 RX Eindhoven

Werkplekbegeleider: Carlo van der Heijden

Samenvatting

InnoSportLab de Tongelreep voert meerdere keren per jaar antropometriemetingen uit bij verschillende zwemmers. Hierbij worden lichaamsmaten, waarvan aangenomen wordt dat ze mogelijk een verband kunnen hebben met het succes van een zwemmer, opgemeten. De resultaten van deze antropometriemetingen worden opgeslagen, zodat er in de toekomst verbanden tussen lichaamsmaten en het succes van een zwemmer gevonden kunnen worden. Dit is waardevol voor de talentdetectie binnen de zwemsport. Hedendaags worden deze antropometriemetingen uitgevoerd met een antropometrieset, echter wil het InnoSportLab hier de Artec Eva 3D-scanner voor inzetten. Voordeel hiervan is dat alle lichamen opgeslagen kunnen worden in een database, waardoor alle lichaamsmaten (dus óók niet-opgemeten lichaamsmaten) eenvoudig teruggehaald kunnen worden van jaren terug. Daarnaast kan men met de 3D-scanner ook inhoud en doorsneden bepalen. Voordat zij de 3D-scanner hiervoor in gaan zetten willen zij weten of de metingen met behulp van de 3D-scanner valide en betrouwbaar genoeg zijn.

Om de betrouwbaarheid van de 3D-scanner te bepalen zijn er acht lichaamsmaten bepaald door drie verschillende onderzoekers, op zowel een pop als zes echte proefpersonen. Vervolgens is er gekeken naar de standaardafwijkingen van de metingen binnen één persoon en tussen verschillende personen. Validiteit van de 3D-scanner werd bepaald door resultaten van dit onderzoek te vergelijken met de resultaten uit het onderzoek van Maarten Hendrickx, waarbij dezelfde lichaamsmaten werden bepaald op dezelfde proefpersonen met de antropometrieset.

Allereerst volgt uit de resultaten dat het bepalen van de lichaamsmaten op echte personen een grotere fout oplevert dan het bepalen van de lichaamsmaten op de pop. Het is lastig om op echte personen de exacte meetpunten in Artec Studio 11 te bepalen. De betrouwbaarheid van de metingen op de pop is daarom ook hoger dan op echte personen. De standaardafwijkingen binnen de metingen zijn namelijk voor het grootste deel te wijten aan het bepalen van de lichaamsmaten in Artec Studio in plaats van aan de scan zelf. Verder zijn er geen significante verschillen te zien in intra- en inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid.

Hetgeen het meeste opvalt, kijkend naar de resultaten van de metingen op echte personen, zijn de grote verschillen in de betrouwbaarheid en validiteit tussen de omtrekmaten en de andere lichaamsmaten. Dit heeft te maken met het feit dat er meerdere scans gemaakt moesten worden om de omtrekmaten te bepalen.

Verder zien we in de resultaten terug dat de 3D-scanner een hoge overeenkomst vertoont ($ICC > 0,75$) met metingen uitgevoerd met de antropometrieset, met uitzondering van de omtrekmaten.

Uit het onderzoek kan geconcludeerd worden dat de Artec Eva 3D-scanner in staat is om herhaaldelijk een realistisch beeld weer te geven van het te scannen object (of persoon), onafhankelijk van de persoon die de scan maakt. Ook kunnen er lineaire lichaamsmaten bepaald worden in deze scan, waarbij er rekening gehouden wordt dat dit een kleine daling in nauwkeurigheid met zich mee brengt. Van echte personen kunnen er niet meerdere scans in elkaar geplakt worden, dit heeft namelijk een enorme invloed op de betrouwbaarheid en validiteit van de 3D-scanner. Dat betekent dat het InnoSportLab de 3D-scanner nog niet in kan zetten om volledige lichamen te scannen.

Voorwoord

Dit praktijkonderzoek is uitgevoerd ter afronding van mijn studie; Sportkunde Wellness aan de Fontys Sporthogeschool te Eindhoven. InnoSportLab de Tongelreep heeft mij de kans gegeven om onderzoek te doen naar de betrouwbaarheid en validiteit van de Artec Eva 3D-scanner. Vanaf september 2016 tot en met juni 2017 heb ik bij het InnoSportLab met veel plezier aan zowel mijn praktijkonderzoek als stageopdrachten gewerkt. Hierbij wil ik InnoSportLab de Tongelreep bedanken voor de fijne en leerzame periode.

Om de betrouwbaarheid en validiteit van de 3D-scanner te bepalen, waren uiteraard ook verschillende proefpersonen en onderzoekers nodig. Bij deze wil ik hen ook hartelijk bedanken voor hun bijdrage aan mijn onderzoek.

Tot slot wil ik mijn stagebegeleider (Carlo van der Heijden) en begeleider vanuit school (Martin van Dijk) bedanken. Bij hen kon ik altijd terecht met vragen of voor feedback.

Dankzij deze samenwerkingen is dit het eindresultaat geworden. Veel leesplezier!

Inhoud

Contactgegevens	2
Samenvatting	3
Voorwoord	4
Probleemstelling	7
Aanleiding	7
Probleemstelling	8
Doelstelling	8
Onderzoeksvragen	8
Literatuuronderzoek	9
Talentdetectie	9
Talentdetectie in de zwemsport	9
Talentdetectie door middel van antropometriemetingen	10
Validiteit en betrouwbaarheid	10
Antropometriemetingen door middel van een antropometrieset	11
Artec Eva 3D-scanner	12
Antropometriemetingen door middel van 3D-scanners	12
Antropometriemetingen door middel van de Artec Eva 3D-scanner	12
Bijkomende voordelen van antropometriemetingen door middel van de Artec Eva 3D-scanner	13
Methode	15
Type onderzoek	15
Plaats, tijd en situatie	15
Deelnemers	15
Proefpersonen	15
Onderzoekers	15
Meetinstrumenten	15
Methode	16
Meetprotocol	16
Houdingen	16
Welke lichaamsmaten werden gemeten op de proefpersonen?	17
Welke lichaamsmaten werden gemeten op de pop?	17
Kwantitatieve metingen	18
Pilotstudie	18
Betrouwbaarheid op een pop	19
Betrouwbaarheid op echte personen	19
Validiteit	20
Betrouwbaarheid en validiteit van het onderzoek	20

Analysemethode	20
Ethiek	21
Resultaten	22
Pilotstudie	22
Betrouwbaarheid op pop	22
Betrouwbaarheid op echte personen	24
Validiteit	26
Discussie	28
Omtrekmaten vs. overige lichaamsmaten	28
Resultaten uit de pilotstudies	28
Betrouwbaarheid pop vs. betrouwbaarheid echte personen	29
Validiteit 3D-scanner	29
Missende waarden	30
Vorbereidingsfase	30
Conclusie en aanbevelingen	31
Conclusie	31
In hoeverre is de Artec Eva 3D-scanner betrouwbaar in de vorm van intra- en inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid?	31
In hoeverre is de Artec Eva 3D-scanner valide?	31
Zit er verschil in betrouwbaarheid tussen het meten van een pop en echte mensen met behulp van de Artec Eva 3D-scanner?	31
Algemene conclusie	31
Aanbevelingen	32
Hoe kan InnoSportLab de Tongelreep de 3D-scanner op dit moment inzetten?	32
Hoe kan InnoSportLab de Tongelreep de betrouwbaarheid en validiteit verhogen?	32
Vervolgonderzoeken	32
Literatuurlijst	33
Bijlagen	35
Bijlage 1: operationalisatieschema	35
Bijlage 2: Begeleidende brief en toestemmingsverklaring	38
Bijlage 3: Meetprotocol antropometriemetingen	39
Bijlage 4: Meetprotocol Artec Eva 3D-scanner	43
Bijlage 5 Complete dataset	44

Probleemstelling

Aanleiding

InnoSportLab de Tongelreep is één van de zes InnoSportLab's in Nederland. Al deze labs houden zich bezig met het samenbrengen van sport, wetenschap en het bedrijfsleven. Zij initiëren, faciliteren en realiseren de ontwikkeling van innovatieve producten en diensten voor Nederlandse sporters. Hierdoor worden de sporters in staat gesteld om vooruitgang en hoogwaardige sportprestaties neer te zetten (InnoSportLab de Tongelreep, z.d.). InnoSportLab de Tongelreep richt zich op de zwemsport.

Eén aspect van deze innovatieve producten en diensten die InnoSportLab de Tongelreep organiseert is de meetstraat. Hierbij worden twee keer per jaar verschillende zwem-specifieke testen afgenomen bij zwemmers van het Nederlandse team en van de Regionale trainingscentra. Daarnaast worden er dan ook antropometriemetingen uitgevoerd. Hierbij worden verschillende lichaamsmaten, waarvan aangenomen wordt dat ze mogelijk een verband kunnen hebben met het succes van een zwemmer, opgemeten. De resultaten van deze antropometriemetingen worden opgeslagen, zodat er in de toekomst mogelijke verbanden tussen lichaamsmaten en het succes van een zwemmer gevonden kunnen worden. Deze antropometriemetingen worden hedendaags uitgevoerd met behulp van een antropometrieset. Echter heeft het InnoSportLab ook een 3D-scanner in bezit, welke zij graag willen gaan inzetten bij het uitvoeren van deze antropometriemetingen. De reden hiervoor is als volgt: indien de metingen met de 3D-scanner uitgevoerd worden, dan kunnen alle lichamen van de zwemmers (dus óók niet-opgemeten lichaamsmaten) opgeslagen worden in een grote database. Op deze manier kunnen alle lichaamsmaten eenvoudig teruggehaald worden van jaren terug. Indien blijkt dat een niet-opgemeten lichaamsmaat toch een sterke relatie heeft of zou kunnen hebben met het succes van een zwemmer, dan kan dit alsnog heel eenvoudig onderzocht worden aan de hand van deze opgeslagen data. Verder wordt er verwacht dat er met de 3D-scanner een minder groot verschil zal zijn tussen verschillende personen die de metingen uitvoeren. Daarnaast is het bijkomend voordeel ten opzichte van de huidige methode (antropometrieset) ook dat er inhoud en doorsneden gemeten kunnen worden met de 3D-scanner. Een zeer belangrijke doorsnede-maat bij het zwemmen is het frontaal oppervlak. Dit heeft te maken met het feit dat deze maat sterk samenhangt met de weerstand die de zwemmer ondervindt.

Het frontaal oppervlak hangt deels samen met het soort zwembroek/badpak van de zwemmer/zwemster. Om deze reden zou het InnoSportLab de 3D-scanner ook willen inzetten bij zwembroek/badpak testen. Hierbij kan er getest worden welk badpak/zwembroek per individu een zo klein en gunstig mogelijk (afhankelijk van de vorm) frontaal oppervlak geeft. Hoogstwaarschijnlijk zal dit bijdragen aan de prestaties van de zwemmers. Bijkomend voordeel ligt daarnaast nog op commercieel gebied, om badpak/zwembroek producenten te bereiken.

Hoe strakker het badpak, hoe kleiner het frontaal oppervlak lijkt een logisch verband, echter kan het zijn dat bepaalde bewegingen niet meer zo efficiënt uitgevoerd kunnen worden door de strakheid van het pak. Hier dient wel rekening mee gehouden te worden. De meting van het frontaal oppervlak door middel van de 3D-scanner dient gezien te worden als eerste indicatie van het frontaal oppervlak en als aanvulling op een serie bestaande weerstandstesten.

Probleemstelling

Momenteel wordt de 3D-scanner nog niet gebruikt. Het bleek erg lastig te zijn om uit te vogelen hoe men de 3D-scanner kan gebruiken. Vorig jaar hebben 2 studenten hiervoor een handleiding ontwikkeld. Er kunnen volledige personen gescand worden met de 3D-scanner, echter heb je hier meerdere scans voor nodig die aan elkaar geplakt moeten worden met het bijbehorende programma. Afgevraagd wordt of dit ten koste gaat van de validiteit/betrouwbaarheid van de scans. Daarnaast wordt er afgevraagd of het bewegen van de mensen invloed heeft op de validiteit/betrouwbaarheid van de scans, gezien het feit mensen nooit geheel stil kunnen staan.

Doelstelling

Uiteindelijke doelstelling voor het InnoSportLab is om te weten te komen of de metingen met behulp van de 3D-scanner valide en betrouwbaar genoeg zijn om deze in te gaan zetten voor verschillende doeleinden. Dit wordt onderzocht door metingen met de 3D-scanner uit te voeren en te vergelijken met metingen die uitgevoerd zijn met de antropometrieset. Ook zal de 3D-scanner meerdere keren getest worden door verschillende onderzoekers om de intra- en inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid van de scanner te achterhalen. Tot slot wordt er gekeken naar het verschil in betrouwbaarheid tussen het scannen van een pop en echte mensen.

Onderzoeksvragen

Aan de hand van voorgaande informatie is de volgende hoofdvraag bepaald:

- In hoeverre zijn de antropometriemetingen met behulp van de Artec Eva 3D-scanner betrouwbaar en valide?

Hierbij behoren de volgende deelvragen:

- In hoeverre is de Artec Eva 3D-scanner betrouwbaar in de vorm van intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid?
- In hoeverre is de Artec Eva 3D-scanner betrouwbaar in de vorm van inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid?
- Zit er verschil in betrouwbaarheid tussen het scannen van een pop en echte mensen met behulp van de Artec Eva 3D-scanner?

Literatuuronderzoek

Talentedetectie

Twee vrienden doen allebei aan atletiek, waarbij exact dezelfde training wordt uitgevoerd. Ook hun algehele activiteiten- en voedingspatroon is hetzelfde. Toch loopt de één het hele seizoen al minimaal 3 seconde harder op de 800 meter dan zijn vriend. Waarom presteert de ene persoon beter dan de ander onder exact dezelfde leercondities? De verklaring hiervoor is talent (Matser & Smit, 2014). Enerzijds bestaat talent uit aanleg; het deel dat grotendeels door de natuur mee wordt gegeven (aangeboren geschiktheid). Anderzijds bestaat talent uit belastbaarheid; het deel dat vervormbaar is door training, competitie en omgeving (Bosch & Cocq, 2006).

Talentedetectie is het systematisch en gestructureerd opsporen van sportief talent bij jongeren vanaf de schoolrijpe leeftijd. Dit is een ingewikkeld proces waarbij er veel gemeten en geëvalueerd moet worden. Talentedetectie geeft een goed beeld over de potentie van de sporter om op hoog niveau te presteren, echter geeft dit geen garantie. Hier dient men rekening te houden met meerdere factoren, bijvoorbeeld de motivatie, omgeving en ontwikkeling van het kind (Bosch & Cocq, 2006).

Talentedetectie in de zwemsport

Een belangrijk onderdeel in de ontwikkeling van talentdetectie in de zwemsport is volgens Maike Koch de meetstraat (persoonlijke mededeling, 24 november 2016). Maike Koch is bewegingswetenschapster en verantwoordelijk voor het project talentidentificatie vanuit InnoSportLab de Tongelreep. De meetstraat is een samenwerking tussen InnoSportLab de Tongelreep en de Koninklijke Nederlandse Zwembond (KNZB). Tijdens de meetstraat worden twee keer per jaar verschillende zwem-specifieke testen afgenomen bij zwemmers van het Nederlandse team en van de Regionale trainingscentra. Ook worden er dan antropometriemetingen uitgevoerd. Het uiteindelijke doel hiervan is om in de toekomst mogelijke nieuwe verbanden tussen lichaamsmaten of bepaalde kwaliteiten en het succes van een zwemmer gevonden kunnen worden. Ook kan de ontwikkeling van de zwemmers goed in kaart worden gebracht door middel van deze methode (persoonlijke mededeling, 24 november 2016). Samengevat staan de volgende twee vragen in de meetstraat centraal:

- Welke fysieke kenmerken zorgen ervoor dat een zwemmer een grote potentie heeft om uiteindelijk succesvol te worden in de zwemsport?
- Hoe groot is de progressie (of stilstand/verslechtering) op bepaalde onderdelen van de zwemmers en hoe kunnen we onze trainingen hier specifiek op aanpassen?

De eerste meetstraat werd georganiseerd in juli 2013, dit betekent dat er nu bijna 4 jaar gegevens worden verzameld. Deze periode is nog te kort om bovenbeschreven verbanden op te sporen. Hiervoor zou je de zwemmers graag langer willen volgen, afhankelijk van het verband waar je naar op zoek bent. Daarnaast heeft Maike Koch aangegeven dat de onderzoekspopulatie momenteel eigenlijk nog te klein is (persoonlijke mededeling, 24 november 2016). Het is de bedoeling dat de meetstraat in de toekomst verandering zal brengen op het gebied van talentdetectie in de zwemsport. Nu wordt de talentdetectie vooral uitgevoerd op basis van tijden die de zwemmers gezwommen hebben, echter zou er graag op meerdere, wetenschappelijk onderbouwde, factoren een selectie gemaakt worden aldus Maike Koch.

Deze factoren zouden uiteen kunnen lopen van bepaalde lichaamsmaten tot de resultaten van bepaalde zwem-specifieke testen, zoals bijvoorbeeld de spronghoogte (persoonlijke mededeling, 24 november 2016).

Talentdetectie door middel van antropometriemetingen

Antropometrie is de meest gangbare methode om verschillende maten en verhoudingen van het menselijk lichaam vast te stellen (WHO expert committee, 1995). Antropometrie kan opgedeeld worden in statische en dynamische antropometrie. Statische antropometrie meet maten en verhoudingen van een niet-bewegend lichaam. Terwijl dynamische antropometrie verschillende maten en verhoudingen meet van een functionerend, ofwel bewegend, lichaam (Geentjes, z.d.). Bij InnoSportLab de Tongelreep worden alleen antropometriemetingen van statische aard uitgevoerd.

Antropometriemetingen worden al sinds lange tijd voor verschillende doeleinden uitgevoerd. Zo zijn antropometrische gegevens bijvoorbeeld van uiterst belang voor het ontwerpen van voorwerpen, voertuigen, werkplekken, etc. (Geentjes, z.d.). Op het gebied van sport worden antropometriemetingen (evenals krachtmetingen en lichaamssamenstellingen) enerzijds gebruikt om de effecten van training in kaart te kunnen brengen. Anderzijds worden deze resultaten gebruikt om verbanden te achterhalen tussen bepaalde kenmerken van een sporter en het bijbehorende niveau (Zampagni et al., 2008). Laatstgenoemde reden zal centraal staan in dit onderzoek, omdat InnoSportLab de Tongelreep de 3D-scanner in eerste instantie voor dit doeleinde wil gaan inzetten. Veel studies hebben onderzoek uitgevoerd naar antropometrie- en krachtmetingen om prestaties van zwemmers te verklaren. Zo is er op het gebied van antropometrie reeds aangetoond dat er een verband bestaat tussen armlengte, frontale handgrootte, lichaamsvorm, lichaamslengte en de zwemprestatie (Zampagni et al., 2008).

Validiteit en betrouwbaarheid

Bij antropometriemetingen is het van belang dat de metingen betrouwbaar en valide zijn. Betrouwbaarheid geeft de stabiliteit van een onderzoeksresultaat aan, terwijl de validiteit zich bezig houdt met het feit of het meetinstrument daadwerkelijk meet wat het zou moeten meten (Broekhuizen & Berg-Minnaard, 2013).

Betrouwbaarheid kan opgedeeld worden in 3 componenten (Middel, 2004):

- Betrouwbaarheid in de vorm van stabiliteit, hierbij moet de geobserveerde waarde gelijk zijn aan de waarde indien deze op een ander moment nogmaals gemeten wordt door dezelfde onderzoeker onder identieke omstandigheden. Dit wordt ook wel de intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid genoemd (Broekhuizen & Berg-Minnaard, 2013).
- Betrouwbaarheid in de vorm van gelijkheid, hierbij moet de geobserveerde waarde gelijk zijn aan de waarde indien deze nogmaals wordt gemeten door een andere onderzoeker onder identieke omstandigheden. Dit wordt ook wel de inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid genoemd (Broekhuizen & Berg-Minnaard, 2013).

- Betrouwbaarheid in de vorm van interne consistentie. Deze vorm van betrouwbaarheid is enkel van toepassing indien er gebruikt gemaakt wordt van een vragenlijst met meerdere vragen om één kenmerk te bestuderen. Als iedere vraag bijdraagt aan het te meten kenmerk én als deze onderling voldoende samenhangen, mag het meetinstrument intern consistent genoemd worden (Middel, 2004).

In dit onderzoek zal er aandacht zijn voor de eerste twee genoemde aspecten van betrouwbaarheid.

Antropometriemetingen door middel van een antropometrieset

Hedendaags worden de antropometriemetingen door InnoSportLab de Tongelreep uitgevoerd met behulp van een antropometrieset. Deze set bestaat uit verschillende meetinstrumenten. De meetinstrumenten staan in de figuren 1, 2, 3, en 4 (Molenbroek, Naagen, Vliet, Mennen & Beenker, 2011, p. 7-8) hieronder weergegeven:



Figuur 1: Caliper



Figuur 2: Antropometer

Met de antropometer en de caliper worden lengtematen opgemeten. De caliper is een kleine antropometer, welke gebruikt wordt indien je kleinere lengtematen op moet meten, zoals een handlengte en handbreedte (Molenbroek et al, 2011).



Figuur 3: Meetlint



Figuur 4: Goniometer

Met het meetlint worden verschillende omtrekmaten bepaald. De Goniometer wordt gebruikt om de flexie van gewrichten te meten in graden (Molenbroek et al, 2011). Deze methode om lichaamsmaten en –verhoudingen te bepalen met behulp van de antropometrieset is goedkoop en daarnaast ook non-invasief (WHO expert committee, 1995). Dit betekent dat het een methode is waarbij men niet in het lichaam van de te meten persoon hoeft te komen.

Voor de antropometriemetingen met de antropometrieset heeft InnoSportLab de Tongelreep een protocol opgesteld, waarin vermeld staat welke houding de persoon aan dient te nemen tijdens de meting en met welk meetinstrument dit gemeten dient te worden. Dit protocol is weergegeven in bijlage 3.

Artec Eva 3D-scanner

InnoSportLab de Tongelreep heeft de Artec Eva 3D-scanner (Artec Europe Sarl, Luxemburg) in haar bezit. Artec 3D (z.d.) geeft aan dat de Artec Eva 3D-scanner geschikt is om een nauwkeurige, snelle scan te maken van middelgrote objecten. De 3D-scanner doet dit door middel van een videocamera die de omgeving in 3D-beeld vastlegt tot 16 frames per seconde. Deze frames worden door het programma automatisch uitgelijnd, waardoor het scannen heel erg eenvoudig is en snel verloopt (4C, z.d.). De scanner wordt ondersteund door Artec Studio 11. Dit is de software voor het scannen en het bewerken van de scans. Ook kunnen er lichaamsmaten in dit programma bepaald worden.

Antropometriemetingen door middel van 3D-scanners

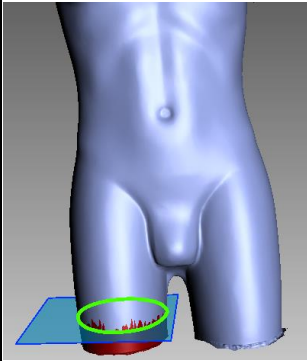
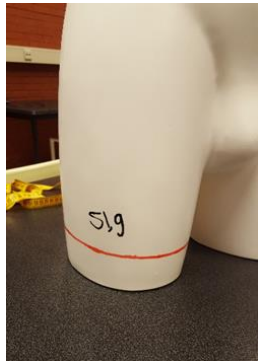
Tegenwoordig worden 3D-scanners steeds vaker ingezet voor antropometrische doeleinden, echter is gebleken dat de resultaten niet altijd overeen komen met de resultaten die verkregen zijn door middel van traditionele meettechnieken. Uit onderzoek van Kouchi et al. (2012), waarin hij met verschillende 3D-bodyscanners een diameter van een bal heeft gemeten, is gebleken dat de resultaten verkregen met de Caliper niet geheel overeen kwamen met de resultaten die verkregen zijn met de bodyscanners. De diameter van de bal was gemeten met drie verschillende antropometriesets, waarbij de waarde elke keer 120.0 mm was. Deze waarde zit dicht bij de werkelijke diameter van de bal dan de resultaten die verkregen zijn met één van de bodyscanners (Kouchi et al., 2012). Ontbrekende bij dit onderzoek is de manier waarop de werkelijke diameter bepaald is.

Antropometriemetingen door middel van de Artec Eva 3D-scanner

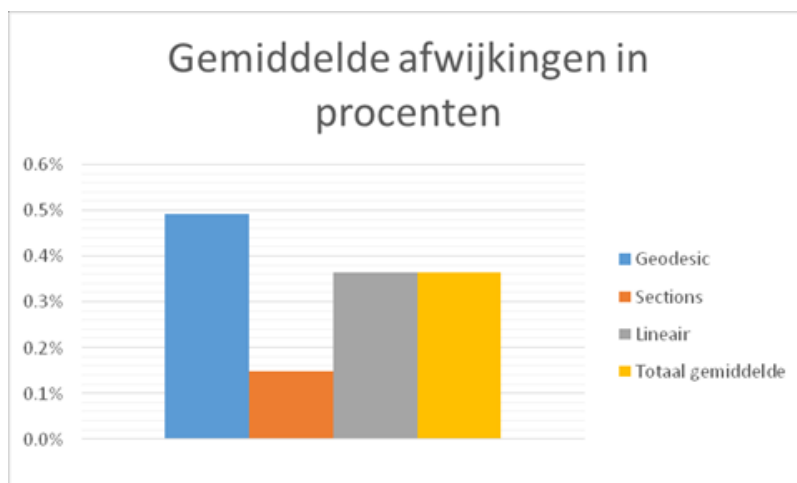
InnoSportLab heeft de Artec Eva 3D-scanner (Artec Europe Sarl, Luxemburg) in haar bezit. Zij willen deze gaan inzetten voor antropometriemetingen, indien dit praktisch haalbaar blijkt te zijn. Daarnaast moest de 3D-scanner ook in bepaalde mate valide en betrouwbaar zijn. De specificaties van de Artec Eva 3D-scanner geven aan dat het apparaat een afwijking van maximaal 0,03% over 100 cm heeft en een afwijking van maximaal 0,1 mm bij het selecteren van één bepaald punt op een voorwerp (Artec 3D, 2016). Ook beschikt de Artec 3D-scanner over geavanceerde tools om bewegingen van het te scannen object te compenseren (4C, z.d.). Door middel van deze tools zou de 3D-scanner geschikt moeten zijn om mensen mee te scannen. Echter wordt er bij het InnoSportLab afgevraagd of de kleine beweging die mensen maken ten koste gaat van de nauwkeurig en betrouwbaarheid van de scan.

Vorig jaar hebben twee 3e-jaars stagiaires van de Fontys Sporthogeschool een klein onderzoek naar de validiteit van de Artec Eva 3D-scanner uitgevoerd. Zij hebben verschillende maten op een pop gemeten met zowel de 3D-scanner als een meetlint. Eén voorbeeldmeting op de pop is hieronder weergegeven in tabel 1 (Alphen & Raaij, 2016).

Tabel 1: Validiteit Artec Eva 3D-scanner

Lichaamsmaat	Meting Artec Eva 3D-scanner in Artec Studio 9 (cm)	Meting meetlint (cm)
Bovenbeenomtrek (sections)	51,879 	51,9 

De studenten hebben op deze manier meerdere maten gemeten. Deze metingen zijn opgedeeld in 3 categorieën; Geodesic, Sections en Lineair. De gemiddelde afwijkingen in procenten per categorie zijn vervolgens bepaald en hieronder in figuur 5 weergegeven.



Figuur 5: Gemiddelde afwijkingen 3D-scanner vs. meetlint (op de pop)

Uit dit onderzoek valt te concluderen dat de Artec Eva 3D-scanner de grootste afwijking ten opzichte van een meting met een meetlint heeft in de categorie Geodesic, namelijk 0,5% (Alphen & Raaij, 2016). Deze categorie wordt niet gebruikt bij de antropometriemetingen bij InnoSportLab en zal ook niet terug komen in dit onderzoek. De categorieën Sections en Lineair zullen wel terug komen in dit onderzoek.

Bijkomende voordelen van antropometriemetingen door middel van de Artec Eva 3D-scanner

Zoals beschreven in de aanleiding zijn er verschillende redenen voor InnoSportLab de Tongelreep om de Artec Eva 3D-scanner in te gaan schakelen voor antropometriemetingen. Onder andere werd aangegeven dat het frontaal oppervlak een zeer belangrijke doorsnede-maat is bij het zwemmen. De reden hiervoor is als volgt:

$$\text{Luchtweerstand } F_{w,l} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_w \cdot A \cdot v^2$$

$F_{w,l}$ = luchtwrijving (N)

ρ = luchtdichtheid (kg/m³)

C_w = weerstandscoefficient

A = oppervlak (m²)

v = snelheid (m/s)

Zoals in bovenstaande formule (Verkerk, 2004) te zien is, hangt het frontaal oppervlak (A) namelijk samen met de weerstand, een bepalende factor in het zwemmen (Karpovich, 1933). Met behulp van de 3D-scanner kan het frontaal oppervlak van de zwemmer gemeten worden.

Voordat de 3D-scanner ingezet kan worden voor verschillende doeleinden is het van belang dat de betrouwbaarheid en validiteit van de 3D-scanner onderzocht gaat worden. In dit onderzoek staat de volgende vraag centraal: In hoeverre zijn de antropometrie metingen met behulp van de 3D-scanner betrouwbaar en valide?

Methode

Type onderzoek

InnoSportLab heeft nog geen kennis over de betrouwbaarheid en validiteit van de Artec Eva 3D-scanner, waardoor er sprake is van een verkennend onderzoek bestaande uit kwantitatieve metingen. De methode van het onderzoek is mede tot stand gekomen, middels het operationalisatieschema. Deze is weergegeven in bijlage 1.

Plaats, tijd en situatie

De metingen met de 3D-scanner hebben plaatsgevonden in Zwemcentrum de Tongelreep te Eindhoven over een periode van vier dagen. Eén dag was er vrijgemaakt voor het meerdere malen scannen van een pop door verschillende onderzoekers. Op de overige drie dagen werden de echte proefpersonen gescand. Elk dagdeel (ochtend/middag) werd één proefpersoon meerdere malen gescand door verschillende onderzoekers. Op de dagen hierna vond het proces plaats van het bewerken van de scans en het bepalen van de lichaamsmaten.

Deelnemers

Proefpersonen

De populatie van het onderzoek bestond uit alle stagiaires die in de periode van het onderzoek stage liepen bij InnoSportLab de Tongelreep. Allereerst werd er bij alle stagiaires nagegaan wie er in de periode van het onderzoek beschikbaar was om als proefpersoon mee te werken aan het onderzoek. Vervolgens werden hieruit zes proefpersonen willekeurig geselecteerd, door middel van een loting op www.naamloten.nl. Uit praktische overwegingen is er voor zes proefpersonen gekozen.

Proefpersonen aan dit onderzoek waren zes stagiaires, waarvan drie mannen en drie vrouwen. Er waren geen inclusie- of exclusiecriteria aan de deelnemers verbonden.

Onderzoekers

Om de inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid van de 3D-scanner te bepalen waren meerdere onderzoekers nodig. In totaal hebben drie verschillende onderzoekers met een gemiddelde leeftijd van 22,3 ($\pm 1,5$) in jaren de proefpersonen gescand. De onderzoekers werden bepaald aan de hand van beschikbaarheid en de ervaring die zij hadden met het gebruik van de 3D-scanner. Er was één persoon aanwezig die veel ervaring had met het gebruik van de 3D-scanner. Daarnaast werden er twee stagiaires via een willekeurige steekproef geselecteerd.

Meetinstrumenten

De antropometriemetingen werden uitgevoerd met zowel de antropometrieset (in het onderzoek van Maarten Hendrickx) als de 3D-scanner. De antropometrieset bevat een antropometer (DKSH GPM Swiss made 0-2100mm) waarmee lengtes van verschillende lichaamsdelen bepaald kunnen worden. Daarnaast bevat de set ook een Spreading Caliper (DKSH GPM Swiss made), hiermee kunnen lengtes en breedtes van de voet/hand bepaald worden. Tot slot bevat de set een meetlint (Seca circumference measuring tape 1 mm) om verschillende omtrekmaten te kunnen bepalen.

De 3D-scanner (Artec Eva) wordt ondersteund met het volgende programma: Artec Studio 11. In dit programma kan de scan gemaakt en bewerkt worden. Daarnaast is het ook mogelijk om verschillende lichaamsmaten van de 3D-scan in dit programma te bepalen. Deze lichaamsmaten worden opgedeeld in 3 meetcategorieën, namelijk:

- Lineair measures → Rechte lijn van punt A naar punt B
- Geodesic measures → Lijn over de oppervlakte van punt A naar punt B
- Sections → Omtrekmaten

Methode

Meetprotocol

Allereerst werden de geselecteerde deelnemers via de mail op de hoogte gebracht van hun deelname aan het onderzoek. Hierna werd er nog een mail verzonden met alle praktische informatie over het onderzoek. Hierin stond hoe laat zij, op welke locatie verwacht werden en wat zij mee moesten nemen. Bijgevoegd was ook een tijdsplanning van het onderzoek, zodat de deelnemers wisten wat ze te wachten stond.

Op de meetdagen zelf werden de proefpersonen allereerst welkom geheten en werd ze gevraagd om een toestemmingsverklaring te ondertekenen, deze is weergegeven in bijlage 2. Vervolgens werd hun leeftijd, gewicht en lengte genoteerd, waarna de metingen konden beginnen. De metingen met de antropometrieset werden uitgevoerd bij het onderzoek van Maarten Hendrickx, door middel van het protocol dat ook gebruikt wordt bij de meetstraat. Dit protocol is weergegeven in bijlage 3. Voor de antropometriemetingen met behulp van de 3D-scanner bestond nog geen protocol. Hiervoor was een protocol opgesteld, welke te vinden is in bijlage 4. Achteraf was er voor de proefpersonen nog de mogelijkheid om vragen te stellen en om hun resultaten in te zien. Tot slot werden de deelnemers hartelijk bedankt voor hun medewerking.

Houdingen

Met de 3D-scanner werden er drie scans gemaakt om alle lichaamsmaten te kunnen bepalen. De verschillende houdingen die de proefpersonen aan dienden te nemen staan hieronder in tabel 2 weergegeven.

Tabel 2: Houdingen tijdens het 3D-scannen

Houding 1	Houding 2	Houding 3
		

Eisen: • Staand • Voeten op schouderbreedte • Voeten naar voren gericht • Handen en armen naar boven gericht, steunend boven het hoofd.	Eisen: • Zittend • Knieën, heupen en ellebogen in een hoek van 90° • Rechte pols • Handpalmen naar binnen gericht • Vingers tegen elkaar (behalve de duim)	Eisen: • Handpalm naar boven gericht • Vingers tegen elkaar (behalve de duim) • Hand plat op de tafel
--	--	---

Welke lichaamsmaten werden gemeten op de proefpersonen?

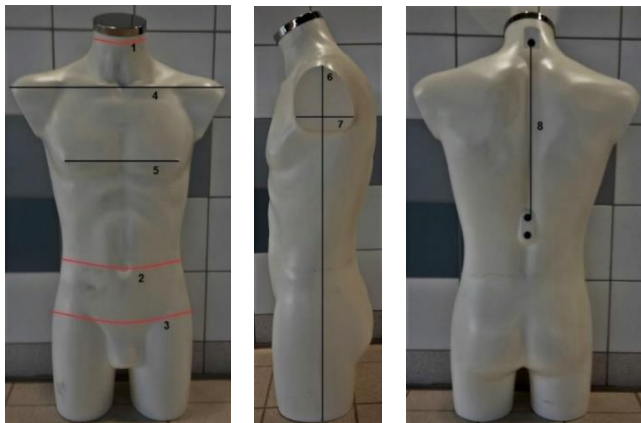
In tabel 3 is weergegeven welke lichaamsmaten opgemeten werden. Ook is weergegeven welk instrument van de antropometrieset daarbij gebruikt werd en welke meetcategorie van de 3D-scanner toegepast werd. Tot slot is de houding weergegeven, welke de proefpersoon aan diende te nemen tijdens de meting met de 3D-scanner.

Tabel 3: Overzicht lichaamsmaat en bijbehorend meetinstrument, meetcategorie en houding

Lichaamsmaat	Instrument antropometrieset	Meetcategorie 3D-scanner	Houding
Tailleomtrek	Meetlint	Sections	1
Heupomtrek	Meetlint	Sections	1
Bovenarmlengte	Antropometer	Lineair measures	2
Onderarmlengte	Antropometer	Lineair measures	2
Bovenbeenlengte	Antropometer	Lineair measures	2
Onderbeenlengte	Antropometer	Lineair measures	2
Handbreedte	Spreading caliper	Lineair measures	3
Handlengte	Spreading caliper	Lineair measures	3

Welke lichaamsmaten werden gemeten op de pop?

In onderstaande afbeeldingen is weergegeven welke lichaamsmaten bepaald werden op de pop. Ook op de pop werden 8 lichaamsmaten gemeten, waarbij er net als op de echte proefpersonen gebruik werd gemaakt van de categorieën; Sections en Lineair measures.

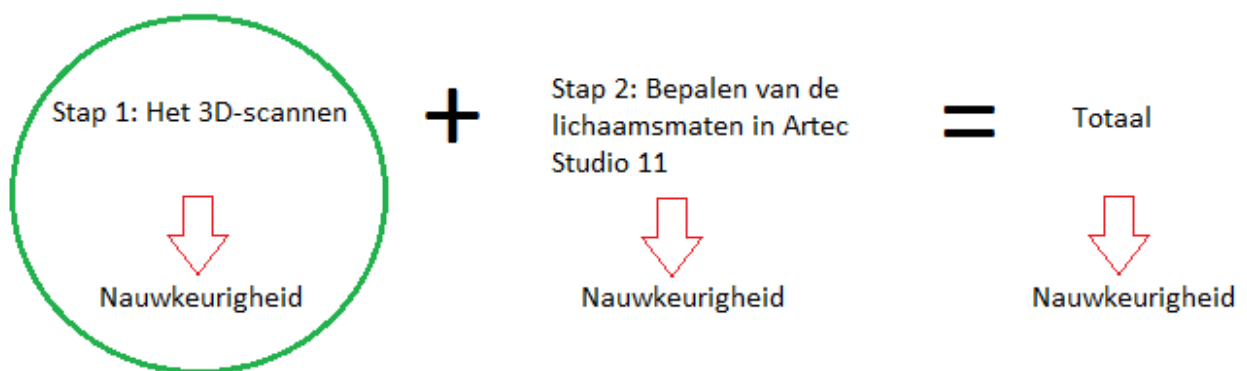


- 1) Nekomtrek (bovenkant nek)
- 2) Tailleomtrek (navelhoogte)
- 3) Heupomtrek (optisch breedste punt vanaf de voorkant)
- 4) Schouderbreedte (optisch breedste punt vanaf de voorkant)
- 5) Afstand tussen tepels
- 6) Afstand bovenarm tot onderkant van de pop (linkerzijde)
- 7) Bovenarmbreedte (optisch breedste punt van de linkerzijde)
- 8) Afstand bovenrug (van zwarte punt tot zwarte punt)

Kwantitatieve metingen

Het onderzoek bestond uit kwantitatieve metingen. De metingen die uitgevoerd werden staan hieronder per categorie gedetailleerd beschreven.

Pilotstudie



Figuur 6: Overzicht 3D-scannen

Het scannen met de 3D-scanner bestaat uit twee stappen, zoals weergegeven in figuur 6. Allereerst het 3D-scannen zelf (stap 1), en vervolgens het bepalen van de lichaamsmaten in Artec Studio 11 (stap 2). Beide stappen brengen een bepaalde nauwkeurigheid teweeg, waardoor de totale nauwkeurigheid ontstaat. Beide stappen kunnen tijdens het onderzoek niet los van elkaar bepaald worden, waardoor er alleen een beeld gevormd wordt van de totale nauwkeurigheid. Echter focus in dit onderzoek ligt op de nauwkeurigheid van de 3D-scanner zelf (stap 1). Dit is de reden dat er alvorens een pilotstudie is uitgevoerd. In deze pilotstudie is de nauwkeurigheid van het bepalen van de lichaamsmaten in Artec Studio 11 bepaald (stap 2).

Tijdens de pilotstudie heeft één onderzoeker één bepaalde scan vijf maal, verspreid over verschillende dagen, geanalyseerd in Artec Studio 11 om de lichaamsmaten te bepalen. De gevonden relatieve standaardafwijkingen (ten opzichte van het gemiddelde) van de bepaalde lichaamsmaten werden gezien als toegestane afwijking, aangezien dit niks te maken heeft met de betrouwbaarheid en validiteit van de 3D-scanner zelf (stap 1). Deze waarden zeggen alleen iets over de nauwkeurigheid van stap 2.

De pilotstudie werd zowel op de pop als op een echt persoon uitgevoerd. De totale relatieve standaardafwijkingen zullen vergeleken worden met de relatieve standaardafwijkingen uit stap 2, om uiteindelijk iets over de nauwkeurigheid van het 3D-scannen (stap 1) te kunnen zeggen.

Betrouwbaarheid op een pop

Allereerst werd de betrouwbaarheid van de 3D-scanner bepaald door middel van het scannen van een pop. Hieronder staan de stappen beschreven die hiervoor uitgevoerd dienden te worden. Daarnaast is een schema toegevoegd, welke hier een korte weergave van weergeeft (tabel 4).

- Eerdergenoemde lichaamsmaten werden door één onderzoeker drie maal op een pop gemeten. Hiermee kon de intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid van de 3D-scanner bepaald worden.
- Hierna werden bovengenoemde lichaamsmaten van de pop door drie verschillende onderzoekers bepaald. Hiermee kon de inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid van de 3D-scanner bepaald worden.

Tabel 4: Overzicht metingen op de pop

	Onderzoeker 1	Onderzoeker 2	Onderzoeker 3	
Lichaamsmaat 1 van de pop	XXX	X	X	Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid
Lichaamsmaat 2 van de pop	XXX	X	X	Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid
Lichaamsmaat 3 van de pop	XXX	X	X	Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid
Lichaamsmaat 4 van de pop	XXX	X	X	Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid
Lichaamsmaat 5 van de pop	XXX	X	X	Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid
Lichaamsmaat 6 van de pop	XXX	X	X	Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid
Lichaamsmaat 7 van de pop	XXX	X	X	Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid
Lichaamsmaat 8 van de pop	XXX	X	X	Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid
Intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid per lichaamsmaat (totaal 8x)				

Betrouwbaarheid op echte personen

Vervolgens werden de betrouwbaarheidswaarden van de 3D-scanner bepaald als het gaat om het scannen van echte personen. Hieronder staan de stappen beschreven die hiervoor uitgevoerd dienden te worden. Daarnaast is een schema toegevoegd, welke hier een korte weergave van weergeeft (tabel 5).

- Bij zes proefpersonen werden eerder benoemde lichaamsmaten drie maal bepaald met behulp van de 3D-scanner door één onderzoeker. Hiermee kon de intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid bepaald worden.
- Hierna werden bovengenoemde lichaamsmaten van de proefpersonen door drie verschillende onderzoekers bepaald. Hiermee kon de inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid van de 3D-scanner bepaald worden.

Tabel 5: Overzicht metingen op echte personen

	Onderzoeker 1	Onderzoeker 2	Onderzoeker 3	
Lichaamsmaat 1 proefpersoon 1	XXX	X	X	Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid
Lichaamsmaat 2 proefpersoon 1	XXX	X	X	Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid
Lichaamsmaat 3 proefpersoon 1	XXX	X	X	Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid
Lichaamsmaat 4 proefpersoon 1	XXX	X	X	Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid
Lichaamsmaat 5 proefpersoon 1	XXX	X	X	Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid
Lichaamsmaat 6 proefpersoon 1	XXX	X	X	Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid
Lichaamsmaat 7 proefpersoon 1	XXX	X	X	Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid
Lichaamsmaat 8 proefpersoon 1	XXX	X	X	Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid
Intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid per lichaamsmaat (totaal 8x)				

Validiteit

Tot slot werd de validiteit van de 3D-scanner bepaald. Alle lichaamsmaten die gemeten werden om de betrouwbaarheid van de 3D-scanner te bepalen werden zowel met de 3D-scanner als met de antropometrieset bepaald. Deze resultaten werden met elkaar vergeleken, waarbij de resultaten verkregen met de antropometrieset als gouden standaard gehanteerd werden.

Betrouwbaarheid en validiteit van het onderzoek

Om de betrouwbaarheid en validiteit van het onderzoek zo hoog mogelijk te houden, is er rekening gehouden met de volgende punten:

- De verschillende onderzoekers hadden een verschil in ervaringsniveau met het werken van de 3D-scanner, echter beschikten zij allen over de basiskennis welke nodig is om met de 3D-scanner te werken. Hierdoor kun je op een juiste manier de inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid bepalen.
- De verschillende scans bij één proefpersoon vonden achter elkaar plaats, maar de analyses in Artec Studio 11 werden op een ander moment uitgevoerd. Hierdoor bleven de lichaamsmaten van de persoon hetzelfde, terwijl de waarden van de analyses niet onthouden konden worden.
- Drie verschillende onderzoekers scanden de proefpersoon om de inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid te bepalen, terwijl de lichaamsmaten door één onderzoeker geanalyseerd werden in Artec Studio 11. Hierdoor hield je deze factor constant.

Analysemethode

De intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid werd als volgt bepaald: de relatieve standaardafwijkingen die volgden uit de pilotstudie werden vergeleken met de totale relatieve standaardafwijkingen binnen één onderzoeker bij zowel het scannen op een pop als op echte mensen. De inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid werd op dezelfde manier bepaald, echter werden de relatieve standaardafwijkingen uit de pilotstudie nu vergeleken met de totale relatieve standaardafwijkingen tussen de verschillende onderzoeker bij zowel het scannen op een pop als op echte personen.

Wanneer de totale relatieve standaardafwijkingen zich onder of rond de relatieve standaardafwijkingen uit de pilotstudie bevonden (stap 2), dan werd er van uitgegaan dat het 3D-scannen zelf (stap 1) geen onnauwkeurigheid met zich mee bracht.

De validiteit werd bepaald door de metingen met de 3D-scanner in SPSS te vergelijken met de metingen uitgevoerd met de antropometrieset. In SPSS werd de intraclass correlatie coëfficiënt (ICC) bepaald. Met deze waarde kun je de overeenstemming tussen beide meetinstrumenten bepalen. De ICC kan een waarde aannemen tussen 0 en 1. Hoe lager de ICC, hoe slechter de overeenstemming tussen de beoordelingen is. Een ICC hoger dan 0,75 wordt gezien als voldoende (Wrobel & Armstrong, 2008).

Ethiek

Met de volgende ethische dilemma's is tijdens het onderzoek rekening gehouden:

- Anonimiteit; namen van de proefpersonen werden niet gepubliceerd.
- Oppassen met gevoelige resultaten; de antropometriemetingen vonden plaats in een aparte ruimte, zodat de proefpersonen in badkleding niet door omstanders gezien konden worden. Ook de resultaten van de metingen bleven op deze manier onbekend voor omstanders.
- Alle proefpersonen verklaarden vooraf schriftelijk dat ze voldoende geïnformeerd waren over doel en procedure van het onderzoek en gaven toestemming voor het gebruiken van de data.

Resultaten

In bijlage 5 is alle verzamelde data weergegeven.

Pilotstudie

In tabel 6 zijn de resultaten weergegeven van de pilotstudie op de pop. Hierbij zijn er van één scan vijf maal dezelfde lichaamsmaten bepaald door één onderzoeker. In de tabel is de gemiddelde waarde van de metingen weergegeven, met de bijbehorende standaardafwijking (in millimeters) en relatieve standaardafwijking (in procenten ten opzichte van het gemiddelde). In tabel 7 zijn de resultaten weergegeven van de pilotstudie op een echt persoon.

Tabel 6: Pilotstudie op pop

Lichaamsmaat pop	Gemiddelde waarde (mm)	Standaardafwijking pilotstudie (mm)	Relatieve standaardafwijking pilotstudie (%)
Nekomtrek	352,70	0,13	0,04
Tailleomtrek	782,00	0,32	0,04
Heupomtrek	981,68	2,39	0,24
Schouderbreedte	490,89	0,32	0,07
Afstand tussen tepels	242,89	0,78	0,32
Afstand bovenarm tot onderkant van de pop	756,31	1,00	0,13
Bovenarmbreedte	109,51	0,40	0,36
Afstand bovenrug	366,43	0,40	0,11

Tabel 7: Pilotstudie op echt persoon

Lichaamsmaat	Gemiddelde waarde (mm)	Standaardafwijking pilotstudie (mm)	Relatieve standaardafwijking pilotstudie (%)
Tailleomtrek	739,75	2,09	0,28
Heupomtrek	1091,91	9,66	0,88
Bovenarmlengte	330,82	1,31	0,39
Onderarmlengte	413,42	3,52	0,85
Bovenbeenlengte	561,11	5,27	0,94
Onderbeenlengte	441,03	2,66	0,60
Handbreedte	68,13	0,91	1,34
Handlengte	160,33	1,01	0,63

Betrouwbaarheid op pop

In tabel 8 zijn de resultaten weergegeven van het onderzoek naar de intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid op de pop. De gemiddelde waarde van de bepaalde lichaamsmaten (door één onderzoeker) zijn weergegeven, met de bijbehorende standaardafwijking (in millimeters) en relatieve standaardafwijking (ten opzichte van het gemiddelde).

Tabel 8: Intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid op pop

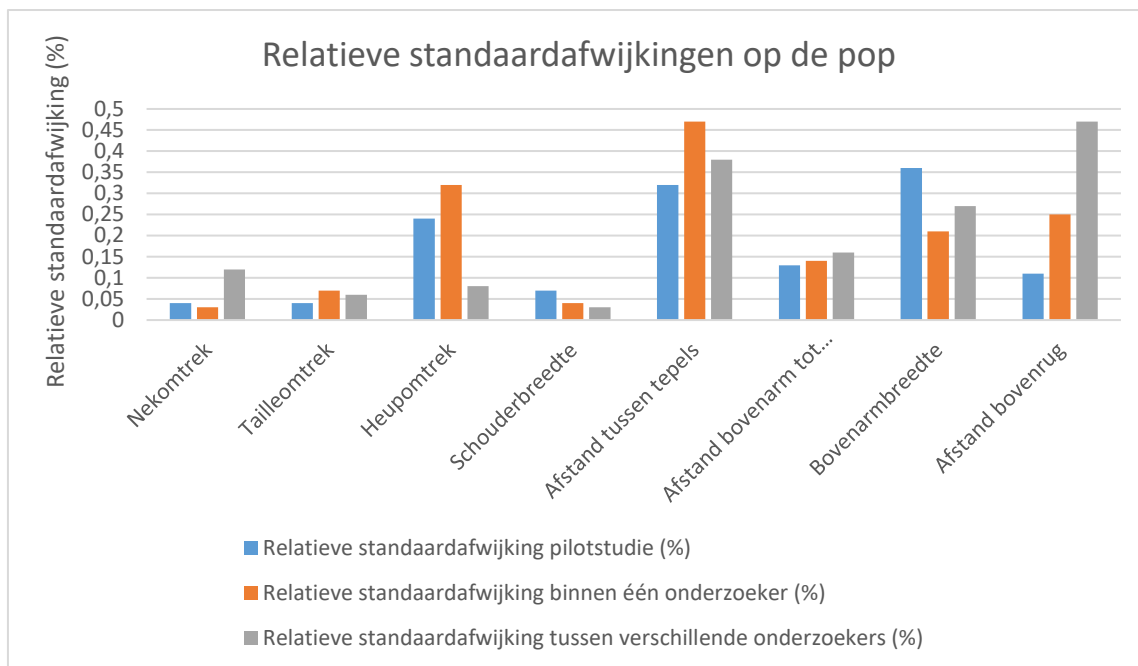
Lichaamsmaat pop	Gemiddelde waarde van één onderzoeker (mm)	Standaardafwijking binnen één onderzoeker (mm)	Relatieve standaardafwijking binnen één onderzoeker (%)
Nekomtrek	352,77	0,11	0,03
Tailleomtrek	782,08	0,52	0,07
Heupomtrek	974,53	3,12	0,32
Schouderbreedte	490,73	0,22	0,04
Afstand tussen tepels	243,71	1,15	0,47
Afstand bovenarm tot onderkant van de pop	754,53	1,08	0,14
Bovenarmbreedte	109,80	0,23	0,21
Afstand bovenrug	365,37	0,91	0,25

In tabel 9 zijn de resultaten weergegeven van het onderzoek naar de inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid op de pop. De gemiddelde waarde van de bepaalde lichaamsmaten (door verschillende onderzoekers) zijn weergegeven, met de bijbehorende standaardafwijking (in millimeters) en relatieve standaardafwijking (ten opzichte van het gemiddelde).

Tabel 9: Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid op pop

Lichaamsmaat pop	Gemiddelde waarde van de verschillende onderzoekers (mm)	Standaardafwijking tussen verschillende onderzoekers (mm)	Relatieve standaardafwijking tussen verschillende onderzoekers (%)
Nekomtrek	353,19	0,42	0,12
Tailleomtrek	781,67	0,45	0,06
Heupomtrek	972,80	0,77	0,08
Schouderbreedte	490,75	0,16	0,03
Afstand tussen tepels	242,86	0,93	0,38
Afstand bovenarm tot onderkant van de pop	755,84	1,25	0,16
Bovenarmbreedte	109,58	0,29	0,27
Afstand bovenrug	365,39	1,71	0,47

In figuur 7 zijn bovenstaande resultaten overzichtelijk weergegeven in een grafiek. Per lichaamsmaat is de relatieve standaardafwijking uit de pilotstudie neergezet naast de relatieve standaardafwijking binnen één onderzoeker (intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid) en de relatieve standaardafwijking tussen verschillende onderzoekers (inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid).



Figuur 7: Relatieve standaardafwijkingen op de pop

Betrouwbaarheid op echte personen

In tabel 10 zijn de resultaten weergegeven van het onderzoek naar de intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid op echte personen. Over de zes proefpersonen is per lichaamsmaat de gemiddelde relatieve standaardafwijking (ten opzichte van het gemiddelde) binnen één onderzoeker bepaald.

Tabel 10: Intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid op echte personen

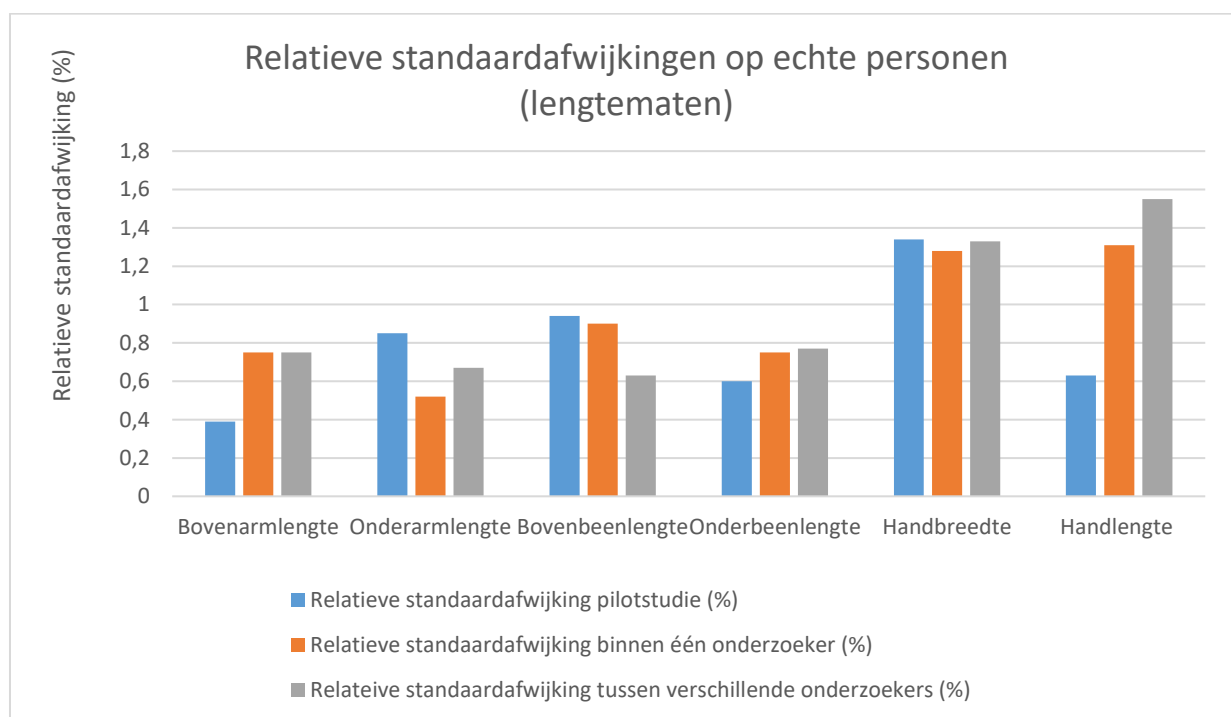
Lichaamsmaat	Relatieve standaardafwijking binnen één onderzoeker (%)
Tailleomtrek	26,15
Heupomtrek	7,15
Bovenarmlengte	0,75
Onderarmlengte	0,52
Bovenbeenlengte	0,90
Onderbeenlengte	0,75
Handbreedte	1,28
Handlengte	1,31

In tabel 11 zijn de resultaten weergegeven van het onderzoek naar de inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid op echte personen. Over de zes proefpersonen is per lichaamsmaat de gemiddelde relatieve standaardafwijking (ten opzichte van het gemiddelde) tussen verschillende onderzoekers bepaald.

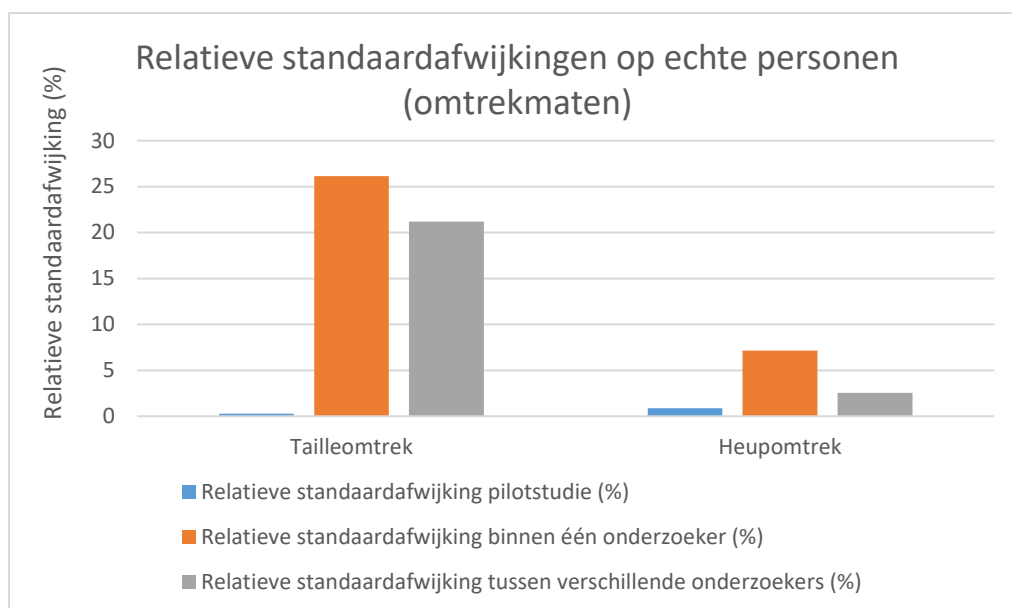
Tabel 11: Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid op echte personen

Lichaamsmaat	Relatieve standaardafwijking tussen verschillende onderzoekers (%)
Tailleomtrek	21,18
Heupomtrek	2,53
Bovenarmlengte	0,75
Onderarmlengte	0,67
Bovenbeenlengte	0,63
Onderbeenlengte	0,77
Handbreedte	1,33
Handlengte	1,55

In figuur 8 en 9 zijn bovenstaande resultaten overzichtelijk weergegeven in een grafiek. Per lichaamsmaat is de relatieve standaardafwijking uit de pilotstudie neergezet naast de relatieve standaardafwijking binnen één onderzoeker (intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid) en de relatieve standaardafwijking tussen verschillende onderzoekers (inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid).



Figuur 8: Relatieve standaardafwijkingen op echte personen (lengtematen)



Figuur 9: Relatieve standaardafwijkingen op echte personen (omtrekmaten)

Validiteit

Om de validiteit van de 3D-scanner te bepalen zijn metingen uitgevoerd met de 3D-scanner vergeleken met metingen die uitgevoerd zijn met de antropometrieset (tijdens het onderzoek van Maarten Hendrickx). Bij elke proefpersoon zijn vijf maal bovenstaande lichaamsmaten bepaald met zowel de antropometrieset als de 3D-scanner. De onderzoekers waren in beide onderzoeken echter niet gelijk. Een overzicht van de onderzoekers is weergegeven in tabel 12.

Tabel 12: Onderzoekers 3D-scanner vs. onderzoekers antropometrieset

Meting	Maten bepaald met de 3D-scanner	Maten bepaald met de antropometrieset
1	Onderzoeker 1	Onderzoeker 2
2	Onderzoeker 1	Onderzoeker 2
3	Onderzoeker 1	Onderzoeker 2
4	Onderzoeker 1	Onderzoeker 1
5	Onderzoeker 1	Onderzoeker 3

Om een goede vergelijking te kunnen maken zijn alle eerste metingen die onderzoeker 1 heeft uitgevoerd met elkaar vergeleken (zie rood). Onderzoeker 1 heeft bij alle proefpersonen alle lichaamsmaten gemeten met zowel de 3D-scanner als met de antropometrieset. Deze resultaten zijn meegenomen in het onderzoek naar de validiteit van de 3D-scanner. De validiteit werd bepaald door middel van de intraclass correlatie coëfficiënt (ICC). Per lichaamsmaat is de ICC bepaald. In tabel 13 zijn de resultaten weergegeven.

Tabel 13: Validiteit 3D-scanner (onderzoeker 1 3D-scanner vs. onderzoeker 1 antropometrieset)

Lichaamsmaat	Intraclass correlatie coëfficiënt (ICC)
Tailleomtrek	0,001
Heupomtrek	0,039
Bovenarm lengte	0,845
Onderarm lengte	0,997
Bovenbeen lengte	0,791
Onderbeen lengte	0,980
Handbreedte	0,961
Handlengte	0,939

Bij elke proefpersoon zijn vijf maal bovenstaande lichaamsmaten bepaald met zowel de antropometrieset als de 3D-scanner. Om deze reden is het erg interessant om meerdere resultaten met elkaar te vergelijken, in plaats van alleen de eerste metingen van onderzoeker 1. De eerste drie metingen met zowel de 3D-scanner als met de antropometrieset zijn met elkaar vergeleken (zie de gele markeringen in tabel 12). In tabel 14 zijn de resultaten hiervan weergegeven.

Tabel 14: Validiteit 3D-scanner (eerste 3 metingen 3D-scanner vs. eerste 3 metingen antropometrieset)

Lichaamsmaat	Intraclass correlatie coëfficiënt (ICC)
Tailleomtrek	0,018
Heupomtrek	0,038
Bovenarm lengte	0,794
Onderarm lengte	0,994
Bovenbeen lengte	0,791
Onderbeen lengte	0,970
Handbreedte	0,917
Handlengte	0,921

Discussie

Omtrekmaten vs. overige lichaamsmaten

Hetgeen het meeste opvalt, kijkend naar de resultaten van de metingen op echte personen, zijn de grote verschillen in zowel de betrouwbaarheid als de validiteit tussen de omtrekmaten en de andere lichaamsmaten. Dit heeft te maken met het feit dat er meerdere scans gemaakt moesten worden om de omtrekmaten te bepalen. De voorkant, achterkant en beide zijkanen van de proefpersoon werden apart gescand en vervolgens in Artec Studio 11 in elkaar geplakt. De USB-kabel van de 3D-scanner naar de laptop was namelijk te kort om op geschikte afstand rondom de persoon te lopen. Daarnaast viel het signaal van de 3D-scanner vaak weg toen er met verschillende USB-verlengkabels werd gewerkt. Andere oplossing hiervoor was om de proefpersoon zelf rond te laten draaien, waarbij de houding van desbetreffend persoon identiek bleef. Dit was getest met een draaiplateau. Echter draaide deze niet vloeiend genoeg, waardoor de scanner de proefpersoon vaak uit het zicht verloor. De kosten voor een automatisch draaiplateau waren dermate hoog dat dit geen optie was. Dit is de reden dat er toch gekozen was om de proefpersoon in vier delen te scannen, terwijl hij/zij wel dezelfde houding aanhield. Verklaring voor de daling van de betrouwbaarheid en validiteit is hoogstwaarschijnlijk toch de lichte beweging van de proefpersonen. De vier scans die gemaakt werden duurden ongeveer vier minuten, waardoor de proefpersonen erg lang stil moesten staan. Naar verwachting kan de 3D-scanner, binnen één bepaalde scan, kleine bewegingen van het te scannen object compenseren, zoals ook aangegeven door de retailer (4C, z.d.). Echter wanneer er een kleine verandering in de lichaamshouding van de persoon plaatsvindt, terwijl er meerdere scans aan elkaar geplakt moeten worden, dan kan Artec Studio 11 dit niet juist doen. Naar verwachting kunnen de taille- en heupomtrek alleen juist bepaald worden, indien het gehele lichaam in één keer wordt gescand. Hiervoor zou een elektrisch draaiplateau uitkomst kunnen bieden of een goed werkende USB-verlengkabel.

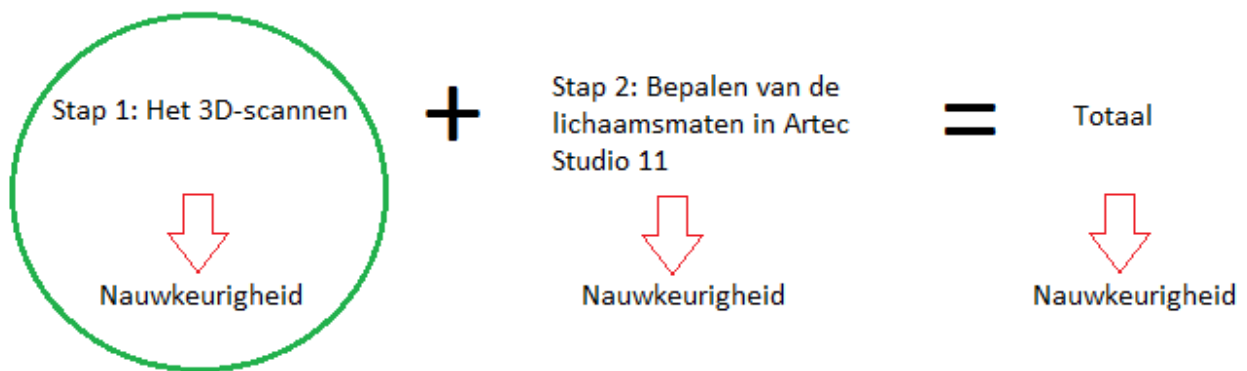
Resultaten uit de pilotstudies

In de resultaten van de pilotstudies (tabel 6 en 7) is terug te zien dat het bepalen van de lichaamsmaten op echte personen een grotere fout oplevert dan het bepalen van de lichaamsmaten op de pop. Schijnbaar is het op echte personen lastig om de exacte meetpunten te bepalen, terwijl de pop hier duidelijkere herkenningspunten voor had. Ook in de praktijk is gebleken dat het moeilijker is om de juiste meetpunten te selecteren, vergeleken met de traditionele methode om lichaamsmaten te bepalen. Dit heeft te maken met het feit dat het erg lastig is om te bepalen vanuit welke hoek je de proefpersoon bekijkt. Ook kun je de persoon niet voelen, wat bij enkele lichaamsmaten een rol speelt. Zo is het bij het bepalen van de onderbeenlengte handig als de gewrichtsspleet in de knie gevoeld kan worden, hiermee kan namelijk het exacte meetpunt bepaald worden. Dit probleem zou opgelost kunnen worden door van te voren de meetpunten op de proefpersonen te bepalen met markers, gezien dit hoogstwaarschijnlijk nauwkeuriger zal gaan. Dit zouden markers moeten zijn die op de huid liggen, gezien een dergelijk hoogteverschil goed te zien is op de 3D-scan.

Betrouwbaarheid pop vs. betrouwbaarheid echte personen

Op de pop is zowel de intra- als inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid van de 3D-scanner beduidend hoger dan op echte personen. De intra- en inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid is afgeleid van de relatieve standaardafwijkingen per lichaamsmaat binnen de metingen. Deze relatieve standaardafwijkingen zeggen iets over de totale nauwkeurigheid van de metingen (stap 1 + stap 2, zie figuur 10).

Het feit dat de intra- en inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid op de pop hoger is dan op echte personen zou, zoals verwacht, te maken kunnen hebben met het feit dat echte personen niet geheel stil kunnen staan. Echter is uit de pilotstudie gebleken dat het bepalen van de lichaamsmaten in Artec Studio 11 ook een bepaalde onnauwkeurigheid met zich mee brengt (stap 2), op zowel de echte personen als op de pop.



Figuur 10: Overzicht 3D-scannen

De relatieve standaardafwijkingen binnen één onderzoeker (totaal) zijn bij het scannen op echte personen groter dan bij het scannen op een pop, evenals de relatieve standaardafwijkingen tussen verschillende onderzoekers (totaal). Echter ook de relatieve standaardafwijkingen gevolgd uit de pilotstudie (stap 2), zijn groter wanneer echte personen worden gescand. Wanneer je de totale relatieve standaardafwijkingen van de pop en de echte personen vergelijkt met de bijbehorende relatieve standaardafwijkingen uit de pilotstudie (stap 2) zit hier geen duidelijk verschil in. Dit betekent dat er geen significant verschil te vinden is in de betrouwbaarheid van het 3D-scannen (stap 1) op een pop of op echte personen. Dit betekent ook dat de lichte bewegingen van de proefpersonen blijkbaar geen rol spelen bij de betrouwbaarheid van de 3D-scanner, zoals ook aangegeven door de retailer (4C, z.d.). De lagere betrouwbaarheidswaarden op echte mensen zijn geheel te wijten aan het bepalen van de lichaamsmaten. Hieruit valt te concluderen dat de totale betrouwbaarheid, middels de eerdergenoemde markers, hoogstwaarschijnlijk positief te beïnvloeden is.

Validiteit 3D-scanner

De validiteit van de 3D-scanner is bepaald middels de intraclass correlatie coëfficiënt. Een waarde van 0,75 wordt gezien als voldoende overeenkomst tussen de meetinstrumenten (Wrobel & Armstrong, 2008). Alleen de omtrekmaten (taille- en heupomtrek) zaten hier ver onder, terwijl de overige lichaamsmaten allemaal een ICC van ruim boven de 0,75 vertoonden (zie tabel 13 en 14).

Er zijn wel enkele kanttekeningen te benoemen over de manier waarop de validiteit van de 3D-scanner is bepaald:

- Om de validiteit van de 3D-scanner te bepalen werd de overeenkomst bepaald tussen metingen met de antropometrieset en metingen uitgevoerd met de 3D-scanner. Hierbij werd uitgegaan van het volgende: hoe hoger deze overeenkomst, hoe hoger de validiteit van de 3D-scanner. Dit betekent dat de metingen uitgevoerd met de antropometrieset als gouden standaard werden gehanteerd. Met zekerheid is echter te zeggen dat ook deze metingen niet 100% nauwkeurig zijn. Toch is er voor gekozen om deze maat als gouden standaard te hanteren, gezien de antropometriemetingen al jaren op deze manier uitgevoerd worden binnen het InnoSportLab. Indien de metingen met de 3D-scanner een hoge overeenkomst vertonen, dan kan er overgeschakeld worden van methode.
- Om de antropometriemetingen met behulp van de 3D-scanner op een nauwkeurige manier te vergelijken met de metingen uitgevoerd met de antropometrieset (in het onderzoek van Maarten Hendrickx) hadden de onderzoekers gelijk moeten zijn. Helaas was dit niet het geval (zie tabel 12). Hiervoor had dit onderzoek achteraf gezien anders opgezet moeten worden. Echter wanneer de intraclass correlatie coëfficiënten van tabel 13 (dezelfde onderzoeker) en tabel 14 (verschillende onderzoekers) met elkaar vergeleken worden, zijn er geen grote verschillen te zien. Naar verwachting heeft dit dus weinig invloed gehad op de resultaten.

Missende waarden

In de complete dataset (bijlage 5) is te zien dat enkele waarden niet bepaald konden worden. In totaal kon er van vier scans de heupomtrek en tailleomtrek niet bepaald worden, omdat de vier gemaakte scans niet in elkaar geplakt konden worden. Waarschijnlijk is de positie van de proefpersoon gedurende de scans te veel veranderd, waardoor het programma de scans niet meer in elkaar kon plakken. Omdat de scans pas in de periode na het onderzoek in elkaar gezet werden, zijn de scans niet meer opnieuw gemaakt. Om de heupomtrek en tailleomtrek nauwkeurig te bepalen dient dit, zoals eerder benoemd, in één scan gedaan te worden.

Vorbereidingsfase

De 3D-scanner van InnoSportLab de Tongelreep werd voorafgaand aan het onderzoek ondersteund met Artec Studio 10. Echter ook Artec Studio 11 was al beschikbaar, welke vele malen sneller zou zijn. In de voorbereidingsfase van het onderzoek was er getest met de trial versie van het nieuwe programma. Dit werkte allemaal goed en het programma was inderdaad een stuk sneller. InnoSportLab de Tongelreep had toen besloten om Artec Studio 11 aan te schaffen. Dit was vlak voordat het onderzoek van start zou gaan en aangezien alles getest was werden er geen problemen verwacht. Toch bleek Artec Studio 11 niet goed te werken op de computer. Het programma liep constant vast en de scans konden niet meer worden bewerkt. Nadat de specificaties van de laptop en het programma naast elkaar werden gezet, werd al gauw duidelijk dat de laptop hier niet aan voldeed. Dit is een punt waar voorafgaand aan het onderzoek totaal geen rekening mee was gehouden, maar voor de toekomst zeker belangrijk is. Gelukkig was het InnoSportLab bereidt om op korte termijn een geschikte laptop aan te schaffen, zodat het onderzoek toch nog op tijd plaats heeft kunnen vinden.

Conclusie en aanbevelingen

Conclusie

Onderstaand staan de conclusies die voort zijn gekomen uit het onderzoek genoteerd.

In hoeverre is de Artec Eva 3D-scanner betrouwbaar in de vorm van intra- en inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid?

Zowel in figuur 6 als 7 is geen verband terug te zien tussen de relatieve standaardafwijkingen binnen één onderzoeker en de relatieve standaardafwijkingen tussen verschillende onderzoekers. De waarden wisselen elkaar af, waaruit geconcludeerd kan worden dat het voor de betrouwbaarheid van de Artec Eva 3D-scanner niet uitmaakt door welke onderzoeker de scan gemaakt wordt. In deze figuren is ook te zien dat de relatieve standaardafwijkingen (totaal) zich constant rond de relatieve standaardafwijkingen uit de pilotstudie (stap 2) bevinden, uitgezonderd van de taille- en heupomtrek. Dit betekent dat het 3D-scannen op zich (stap 1) een zeer kleine standaardafwijking met zich mee brengt. De Artec Eva 3D-scanner kan als betrouwbaar gezien worden in zowel de vorm van intra- als inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid. Uitzondering hierop is het scannen van omtrekmaten.

In hoeverre is de Artec Eva 3D-scanner valide?

Veel lichaamsmaten vertonen een grote overeenkomst wanneer deze gemeten worden met de 3D-scanner ten opzichte van de antropometrieset. Zoals eerder benoemd wordt een waarde van 0,75 bij de ICC gezien als voldoende overeenkomst tussen de meetinstrumenten (Wrobel & Armstrong, 2008). In ieder geval is duidelijk dat de taille- en heupomtrek niet valide gemeten konden worden met de 3D-scanner, deze vertoonden een ICC van $<0,04$. Zoals besproken in de discussie had dit te maken met het feit dat er meerdere scans in elkaar geplakt moesten worden. De overige zes lichaamsmaten vertoonden allemaal een ICC van ruim boven de 0,75 (waarvan vier zelfs boven de 0,9). De conclusie die hieruit getrokken kan worden is dat de 3D-scanner valide is, zolang je niet meerdere scans in elkaar plakt. De ICC werd grotendeels beïnvloed door het bepalen van de lichaamsmaten in Artec Studio 11, zoals gebleken uit de pilotstudie.

Zit er verschil in betrouwbaarheid tussen het meten van een pop en echte mensen met behulp van de Artec Eva 3D-scanner?

Ja, hier zit verschil in. Echter, zoals in de discussie naar voren is gekomen, heeft dit niet te maken met het 3D-scannen op zich (stap 1). Dit heeft te maken met het feit dat het lastig is om op echte personen de lichaamsmaten nauwkeurig te bepalen in Artec Studio 11 (stap 2). De beweging van mensen speelt hier dus geen rol bij.

Algemene conclusie

Uit bovenstaande gegevens kan geconcludeerd worden dat de Artec Eva 3D-scanner in staat is om herhaaldelijk een realistisch beeld weer te geven van het te scannen object (of persoon), onafhankelijk van de persoon die de scan maakt. Echter wanneer er meerdere scans in elkaar geplakt moeten worden van echte personen kan de 3D-scanner dit niet nauwkeurig doen, gezien de kleine beweging die zij maken. De betrouwbaarheid wordt grotendeels beïnvloedt door het bepalen van de lichaamsmaten, en niet door de scan zelf.

Aanbevelingen

Hoe kan InnoSportLab de Tongelreep de 3D-scanner op dit moment inzetten?

InnoSportLab de Tongelreep kan de 3D-scanner in gaan zetten om een betrouwbare en valide scan te maken van een persoon of object. Ook kunnen er lineaire lichaamsmaten bepaald worden in deze scan, waarbij er rekening gehouden wordt dat dit een kleine daling in nauwkeurigheid met zich mee brengt (zie pilotstudie). Van echte personen kunnen er niet meerdere scans in elkaar geplakt worden, dit heeft namelijk een enorme (negatieve) invloed op de betrouwbaarheid en validiteit van de 3D-scanner. Dat betekent dat het InnoSportLab de 3D-scanner nog niet in kan zetten om volledige lichamen te scannen.

Het maken van een 3D-scan is voor de proefpersonen qua tijd winstgevend, ten opzichte van de metingen met de antropometrieset. Eén kant van het lichaam kan met de 3D-scanner namelijk binnen een minuut gescand worden. Echter kost het de onderzoeker wel meer tijd, aangezien hij/zij de scan naderhand nog moet bewerken en analyseren (het bepalen van de lichaamsmaten). Deze tijd hangt sterk samen met de grootte en kwaliteit van de gemaakte scan.

Hoe kan InnoSportLab de Tongelreep de betrouwbaarheid en validiteit verhogen?

De betrouwbaarheid en validiteit van de 3D-scanner wordt, zoals besproken in de discussie en conclusie, grotendeels beïnvloedt door het bepalen van de lichaamsmaten in Artec Studio 11. Aanbeveling hiervoor is om van te voren de meetpunten te bepalen op de persoon met markers. Op deze manier wordt de betrouwbaarheid en validiteit positief beïnvloedt. Om de omtrekmaten betrouwbaar en valide te kunnen bepalen zal de hele proefpersoon in één scan gescand moeten worden. Hiervoor zou een elektrisch draaiplateau de beste uitkomst bieden.

Vervolgonderzoeken

- Interessant om te bekijken of de lichaamsmaten exacter bepaald kunnen worden, wanneer de scan in kleur gemaakt wordt. Het zou namelijk kunnen zijn dat je dan betere herkenningspunten hebt. Tijdens dit onderzoek is er niet in kleur gescand, omdat het scannen en het bewerken van de scan dan meer tijd in beslag neemt. Echter met de nieuwe laptop van het InnoSportLab en de nieuwe versie van Artec Studio (versie 12 is beschikbaar) valt dit wellicht mee.
- Verder is het interessant om hele personen te scannen op een elektrisch draaiplateau, waarna de omtrekmaten bepaald worden. Onderzocht dient te worden of de lichaamsmaten op deze manier werkelijk betrouwbaar en valide bepaald kunnen worden.

Literatuurlijst

- 4C. (z.d.). *Artec EVA*. Geraadpleegd op 13 februari 2017, van <http://www.4cccc.nl/3D-Scannen/2/Artec-EVA>
- Alphen, R. van, & Raaij, L. van. (2016). *3D-scanner* (stageverslag). Sport- en bewegingseducatie, Fontys Sporthogeschool, Eindhoven.
- Artec 3D. (2016). *Artec Eva*. Geraadpleegd op 10 oktober 2016, van <https://www.artec3d.com/3d-scanner/artec-eva#specifications>
- Bosch, J. van den, Cocq, C. de. (2006). *Sportief talent ontdekken*. Leuven: Acco.
- Broekhuizen, L., & Berg-Minnaard, M. van den. (2013). Validiteit en betrouwbaarheid van tests. *Huisarts & Wetenschap*, 56(3), 123-123.
- Encyclo. (z.d.). *Verhouding*. Geraadpleegd op 28 november 2016, van <http://www.encyclo.nl/begrip/verhouding>
- Geentjes, M. (z.d.). *Antropometrie*. Geraadpleegd op 19 januari 2017, van <http://www.gesa.be/images/antropometrie.pdf>
- InnoSportLab de Tongelreep. (z.d.). *Wat doet InnoSportLab de Tongelreep*. Geraadpleegd op 10 oktober 2016, van <http://www.innosportlabdetongelreep.nl/wat-doet-innosportlab-de-tongelreep>
- Karpovich, P. V. (1933). Water Resistance in Swimming. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 4(3), 21-28.
- Kouchi, M., Mochimaru, M., Bradtmiller, B., Daanen, H., Li, P., Nacher, B., & Nam, Y. (2012). *A protocol for evaluating the accuracy of 3D body scanners*. DOI: 10.3233. IOS Press.
- Matser, E. J., & Smit, D. D. (2014). Talentidentificatie en talentoptimalisatie. *Neuropraxis*, 18(5), 173-180.
- Middel, B. (2004). Betrouwbaarheid van een meetinstrument. *Nederlands Tijdschrift voor Evidence Based Practice*, 2(2), 25-26.
- Molenbroek, J., Naagen, B., Vliet, R. van der, Mennen, T., & Beenker, G. (2011). *Meetprotocol Antropometrie*. Protocol antropometrie in het werkveld. Eindhoven: InnoSportLab de Tongelreep.
- SPSS Handboek. (z.d.). *Voorbeeld Cronbach's Alpha*. Geraadpleegd op 28 november 2016, van http://www.spsshandboek.nl/output_cronbachs_alpha/

- Tilburg University. (z.d.). *Interne consistentie - Cronbach's alpha*. Geraadpleegd op 28 november 2016, van <https://www.tilburguniversity.edu/nl/studenten/studie/colleges/spsshelpdesk/edesk/cronbach.htm>
- Verkerk, G. (2004). *BINAS*. Groningen: Noordhoff
- WHO Expert Committee. (1995). *Physical status: the use and interpretation of anthropometry*. Geneva: World Health Organization.
- Wrobel, J. S., & Armstrong, D. G. (2008). Reliability and validity of current physical examination techniques of the foot and ankle. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 98(3), 197-206.
- Zampagni, M. L., Casino, D., Benelli, P., Visani, A., Marcacci, M., & Vito, G. de. (2008). Anthropometric and Strength Variables to Predict Freestyle Performance Times in Elite Master Swimmers. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1298-1307.

Bijlagen

Bijlage 1: operationalisatieschema

Onderzoeksvraag: In hoeverre zijn de antropometrie metingen met behulp van de 3D-scanner betrouwbaar en wat is de overeenkomst ten opzichte van metingen uitgevoerd met de antropometrie set?

Tabel 15: Operationalisatieschema

Definitie van begrip / concept (uit onderzoeksvraag)	Dimensie (begrippen uit je definitie)	Indicator (manier om begrip te meten)	Vragen/ meetinstrument	Antwoord-Categorieën (indien van toepassing)
<i>Antropometriemetingen</i> Antropometrie is de meest gangbare methode om verschillende <u>maten</u> en <u>verhoudingen</u> van het menselijk lichaam vast te stellen (WHO expert committee, 1995).	<i>Maten</i> Tailleomtrek heupomtrek bovenarm lengte onderarm lengte bovenbeen lengte onderbeen lengte handbreedte handlengte	Volgens het meetprotocol van de antropometrieset en de 3D-scanner (zie bijlage 3 en 4)	Antropometrieset	Centimeters met twee decimalen
	<i>Verhoudingen</i> Te gebruiken voor de waarden die worden verkregen als men één getal door een ander deelt;		3D-scanner	Centimeters met drie decimalen
		$\frac{\text{afmeting } x}{\text{afmeting } y}$	Rekenmachine	Centimeters met twee of drie decimalen, afhankelijk van de getallen die je door elkaar deelt (resultaten verkregen met de antropometrieset of

	wordt vaak gebruikt ter vergelijking (Encyclo, z.d.).			resultaten verkregen met de 3D-scanner)
<i>Betrouwbaar(heid)</i> In het algemeen kunnen we de betrouwbaarheid omschrijven als de nauwkeurigheid van het meetinstrument. Hierbij wordt er onderscheidt gemaakt in drie vormen van betrouwbaarheid; <u>stabiliteit</u>, <u>gelijkheid</u> en <u>interne consistentie</u> (Middel, 2004).	<i>Stabiliteit</i> Test-hertest betrouwbaarheid (Middel, 2004). Ook wel de intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid genoemd (Broekhuizen & Berg-Minnaard, 2013).	Betrouwbaarheid als stabiliteit wordt bepaald door twee maal achter elkaar met het instrument een meting te verrichten waarbij de uitkomst identiek moet zijn (Middel, 2004).	3D-scanner en Excel	Centimeters met drie decimalen
	<i>Gelijkheid</i> Inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid (Middel, 2004).	Betrouwbaarheid als gelijkheid wordt bepaald door meerdere beoordelaars, onafhankelijk van elkaar, dezelfde patiënt te laten observeren en de waarnemingen in scores vast te laten leggen. Ook hier moeten de uitkomsten identiek zijn als het meetinstrument betrouwbaar is (Middel, 2004).	3D-scanner en Excel	Centimeters met drie decimalen
	<i>Interne consistentie</i> Geeft aan in hoeverre verschillende items in een meetinstrument (zoals een test of vragenlijst) die	Om de betrouwbaarheid van een schaal te meten die uit een aantal items bestaat wordt vaak de betrouwbaarheidscoëfficiënt -alpha- van Cronbach gebruikt (Tilburg University, z.d.).	SPSS	Een waarde tussen 0 en 1 (SPSS Handboek, z.d.)

	eenzelfde kenmerk beogen te meten, dat ook daadwerkelijk doen (Middel, 2004).			
<i>Overeenkomst</i> De overeenkomst tussen de uitkomst van een bepaalde lichaamsmaat verkregen met de 3D-scanner t.o.v. de uitkomst van dezelfde lichaamsmaat verkregen met de antropometrieset.	n.v.t.	De overeenkomst tussen twee meetinstrumenten kan bepaald worden middels de intraclass correlatie coëfficiënt.	SPSS	Een waarde tussen 0 en 1 (SPSS Handboek, z.d.)

Bijlage 2: Begeleidende brief en toestemmingsverklaring

Eindhoven, maart 2017

Betreft: Begeleidende brief en toestemmingsverklaring
onderzoek betrouwbaarheid en validiteit van de 3D-scanner

InnoSportLab de Tongelreep
Contactpersoon: Fenna van Burg
E-mail: f.vanburg@student.fontys.nl
Telefoon: 06-23146500

Begeleidende brief

Beste stagiaire van InnoSportLab de Tongelreep,

Ik ben Fenna van Burg, vierdejaars studente Sportkunde Wellness aan de Fontys Sporthogeschool te Eindhoven. Momenteel loop ik mijn afstudeerstage bij het InnoSportLab. Ik heb hier de opdracht gekregen om onderzoek uit te voeren naar de betrouwbaarheid en de validiteit van de 3D-scanner. Het is voor het InnoSportLab van uiterst belang om te weten of de 3D-scanner die zij in bezit hebben betrouwbaar en valide is. Dan pas kunnen zij deze voor verschillende doeleinden gaan inzetten. Je hebt aangegeven bereidt te zijn om mij te helpen met mijn onderzoek als proefpersoon. Alvast hartelijk dank hiervoor!

Als proefpersoon worden er verschillende lichaamsmaten bij je opgemeten met zowel de antropometrieset als met de 3D-scanner. De onderzoeksresultaten zullen alleen voor dit onderzoek gebruikt worden en zullen zonder naam en gegevens opgeslagen worden. Dit houdt in dat het onderzoek geheel anoniem verwerkt zal worden.

Indien je nog vragen hebt over het onderzoek dan kun je mij altijd mailen of persoonlijk benaderen.

Toestemmingsverklaring

- Ik ga akkoord met mijn deelname aan dit onderzoek over de betrouwbaarheid en validiteit van de 3D-scanner.
- Ik ben duidelijk geïnformeerd over de procedure van het onderzoek en de manier waarop de resultaten verwerkt en mogelijk gepubliceerd worden.
- Ik ben ervan op de hoogte dat ik mijn deelname aan het onderzoek op elk moment kan beëindigen zonder opgaaf van reden.

Naam:

Straat:

Postcode:

Plaats:

Telefoon:

E-mail:

Plaats en datum:

Handtekening:

Bijlage 3: Meetprotocol antropometriemetingen

Meetprotocol Talentontwikkeling KNZB

Oktober 2011

Handlengte

1e of distale palmaire handplooï - top MP III



Handbreedte

Optische breedste punt MP I – V



Bovenarm lengte

Laterale deel Acromion - Olecranon



Onderarm lengte

Olecranon - Top MP III



Bovenbeenlengte

Dorsale zijde gluteaal - Mid patellair (Art Genus 90°, recht opzitten)



Onderbeenlengte

Laterale gewrichtsspleet art . Genus - Caudale deel Calcaneus (dorsaalflexie 90°)



Tailleomtrek

Optisch smalste gedeelte



Heupomtrek

Top Trochantor



Bijlage 4: Meetprotocol Artec Eva 3D-scanner

Opstarten

- Stop de bijbehorende stroomkabel in het stopcontact en in de 3D-scanner.
- Verbind hierna de 3D-scanner met de laptop middels de bijbehorende USB-kabel.
- Open op de laptop het bijbehorende programma; Artec Studio 11 Professional.

Scannen

- Klik op “scan”. Er opent zich dan een scherm waarin je kunt gaan scannen.
- Klik vervolgens met de muis op “preview”. De 3D-scanner begint te werken en het te scannen object wordt op de laptop in beeld gebracht.
- Het balkje aan de linkerkant van je scherm geeft aan wat de optimale afstand van de 3D-scanner tot aan het te scannen object is. Voor een optimaal scanresultaat moet je het balkje in het midden zien te houden.
- Om je scan vervolgens te starten druk je op “record”. Ook kun je hiervoor het bovenste knopje op de 3D-scanner gebruiken. De 3D-scanner zal het object gaan scannen. Op het scherm van de laptop zal het beeld van het object verschijnen, waardoor je goed kunt zien welke gebieden je al gescand hebt en welke nog niet.
- Wanneer je je object volledig hebt gescand klik je op “stop”. Ook kun je hiervoor het onderste knopje op de 3D-scanner gebruiken. De scan zal stoppen en je kunt je scan bekijken. Indien het object niet goed gescand blijkt te zijn, dient deze nogmaals gescand te worden.

Bijlage 5 Complete dataset

In onderstaande tabellen (16, 17, 18 en 19) is alle verzamelde data van het onderzoek weergegeven.

Tabel 16: Dataset pilotstudie op pop

Lichaamsmaat pop	Eerste keer analyseren (mm)	Tweede keer analyseren (mm)	Derde keer analyseren (mm)	Vierde keer analyseren (mm)	Vijfde keer analyseren (mm)
Nekomtrek	352,72	352,67	352,87	352,72	352,52
Tailleomtrek	781,93	781,66	782,52	781,87	782
Heupomtrek	983,61	977,69	981,27	982,96	982,85
Schouderbreedte	491,17	490,65	490,8	490,54	491,28
Afstand tussen tepels	243,37	242,51	243,57	241,69	243,32
Afstand bovenarm tot onderkant van de pop	756,76	757,47	755,67	756,72	754,93
Bovenarmbreedte	109,51	109,25	109,52	109,11	110,14
Afstand bovenrug	366,21	365,86	366,54	366,66	366,89

Tabel 17: Dataset pilotstudie op echt persoon

Lichaamsmaat persoon	Eerste keer analyseren (mm)	Tweede keer analyseren (mm)	Derde keer analyseren (mm)	Vierde keer analyseren (mm)	Vijfde keer analyseren (mm)
Tailleomtrek	737,94	741,38	738,66	738,21	742,57
Heupomtrek	1092,07	1107,33	1086,33	1081,7	1092,12
Bovenarmlengte	329,6	330,02	331,16	330,41	332,92
Onderarmlengte	418,67	411,34	410,72	410,92	415,43
Bovenbeenlengte	557,26	554,33	561,84	566,58	565,56
Onderbeenlengte	441,52	440,48	441,88	444,29	436,99
Handbreedte	67,33	69,34	67,66	68,86	67,44
Handlengte	160,09	159,69	160,01	159,76	162,11

Tabel 18: Dataset metingen op pop

Maat	Onderzoeker 1 (1)	Onderzoeker 1 (2)	Onderzoeker 1 (3)	Onderzoeker 2	Onderzoeker 3
Nekomtrek	352,72	352,89	352,69	353,54	353,3
Tailleomtrek (navelhoogte)	782,1	782,59	781,56	781,71	781,2
Heupomtrek	973,68	977,99	971,93	972,28	972,44
Schouderbreedte	490,59	490,98	490,61	490,74	490,91
Afstand tussen tepels	242,42	244,1	244,62	243,93	242,22
Afstand bovenarm tot onderkant van de pop	754,48	753,47	755,63	756,92	756,13
Bovenarmbreedte	109,74	110,06	109,61	109,76	109,24
Afstand bovenrug (van zwarte punt tot zwarte punt)	365,93	365,85	364,32	366,77	363,47

Tabel 19: Dataset metingen op echte proefpersonen

Proefpersoon	Lichaamsmaat	Onderzoeker 1 (1)	Onderzoeker 1 (2)	Onderzoeker 1 (3)	Onderzoeker 2	Onderzoeker 3
1	Tailleomtrek	741,76	1096,56	783,61	796,09	740,01
	Heupomtrek	1093,26	1108,03	1093,57	1133,42	1105,41
	Bovenarmlengte	335,4	340,47	340,1	341,64	345,27
	Onderarmlengte	412,4	418,66	411,55	416,21	418,47
	Bovenbeenlengte	566,18	569,48	553,62	565,81	564,84
	Onderbeenlengte	449	437,99	447,56	449,61	453,45
	Handbreedte	67,89	68,43	68,66	69,07	67,27
2	Handlengte	165,85	165,07	158,42	161,02	155,17
	Tailleomtrek	1163,35	1387,88	859,67	1115,92	1046,54
	Heupomtrek	961,89	965,29	977,11	983,13	968,56
	Bovenarmlengte	368,54	377,32	376,39	367,95	366,85
	Onderarmlengte	484,25	473,34	480,41	483,37	482,44
	Bovenbeenlengte	596,76	580,22	596,81	595,33	588,05
	Onderbeenlengte	486,1	498,27	488,77	491,14	492,48

	Handbreedte	93,21	94,85	92,56	92,22	93,77
	Handlengte	186,96	193,47	192,32	189,92	191,97
3	Tailleomtrek	1198,84	985,88	1020,94	x	x
	Heupomtrek	1876,81	1131,49	1556,27	x	x
	Bovenarmlengte	349,42	345,36	343,00	347,05	350,84
	Onderarmlengte	443,34	444,65	443,73	439,39	445,83
	Bovenbeenlengte	551,64	545,16	552,74	556,37	551,4
	Onderbeenlengte	451,24	452,04	449,37	456,87	453,54
	Handbreedte	79,33	76,3	76,51	78,47	78,71
	Handlengte	176,79	172,71	173,03	172,1	172,22
4	Tailleomtrek	809,45	807,22	1564,36	1649,66	845,07
	Heupomtrek	955,63	957,82	944,2	956,59	960,92
	Bovenarmlengte	369,85	372,32	373,43	370,07	376,6
	Onderarmlengte	489,92	486,62	489	487,45	484,7
	Bovenbeenlengte	584,39	584,44	576,91	588,54	588,87
	Onderbeenlengte	507,45	505,11	505,25	502,65	509,38
	Handbreedte	83,66	82,54	84,32	85,47	86,56
	Handlengte	189,83	193,42	190,88	191,37	192,47
5	Tailleomtrek	1327,05	1406,22	2298,29	968,98	753,57
	Heupomtrek	1045,19	1061,35	1362,23	1071,26	1049,7
	Bovenarmlengte	352,71	353,67	351,07	353,51	352,63
	Onderarmlengte	436,67	439,64	436,73	442,61	448,48
	Bovenbeenlengte	567,36	569,8	570,79	575,59	573,42
	Onderbeenlengte	461,41	469,81	470,96	478,19	473,97
	Handbreedte	76,76	79,13	79,06	79,79	78,75
	Handlengte	173,66	176,25	174,92	173,36	178,86
6	Tailleomtrek	1270,43	857,94	x	x	891,95
	Heupomtrek	940,31	947,12	x	x	1053,85

	Bovenarm lengte	381,4	382,44	385,79	381,13	388,61
	Onderarm lengte	522,33	521,3	520,99	518,18	517,97
	Bovenbeen lengte	601,56	607,21	606,39	615,64	607,31
	Onderbeen lengte	559,84	558,35	557,67	559,46	557,4
	Hand breedte	83,98	84,5	85,43	83,64	86,07
	Hand lengte	193,82	192,25	192,06	193,52	195,74