

Praktijkgericht Onderzoek



Onderzoekers:

Natalie Mahner

Lisa van Santvoort

Bernadette Verstegen

Opdrachtgevers:

Joost Seeger

Henk Nieuwenhuizen

Docentbegeleider:

Geert Rutten



Plaats:

Hogeschool Arnhem en

Nijmegen

Datum:

11-01-2019



Validiteit & betrouwbaarheid van de Range of Monitor-app onderdeel CWK

SAMENVATTING

Introductie Ongeveer 20% van de Nederlandse bevolking zoekt op enig moment hulp voor nekklachten bij de (para)medische zorg. Een onderdeel van de fysiotherapeutische behandeling voor nekklachten is het verbeteren van de mobiliteit. Door herhaaldelijk meten van de beweeglijkheid kan het effect van de behandeling en de vooruitgang in het gezondheidsproces inzichtelijk gemaakt worden. Daarvoor zijn valide, betrouwbare en hanteerbare meetinstrumenten nodig, die geschikt zijn voor de inzet in de eerstelijns praktijk. De Range of Monitor is een mobiele applicatie die de mobiliteit van de cervicale wervelkolom beoogt te meten en voor gebruik in de eerstelijns praktijk ontwikkeld is.

Doelstelling Het vaststellen van de concurrent validiteit, de intra- en interbeoordelaarsbetrouwbaarheid van de Range of Monitor-app voor het meten van de mobiliteit van de cervicale wervelkolom.

Methode Dit onderzoek heeft een cross-sectioneel design, waarbij 21 gezonde proefpersonen met een leeftijd van >16 jaar zonder nekklachten zijn geïnccludeerd. Het onderzoek is uitgevoerd door twee geblindeerde onderzoekers, die beide twee keer het meetprotocol doorlopen. Voor het bepalen van de concurrent validiteit werd bij elk proefpersoon drie keer elke bewegingen (flexie, extensie, lateroflexie links, lateroflexie rechts, rotatie links en rotatie rechts) van de nek actief getest en vergeleken met de Vicon (gouden standaard). De interbeoordelaarsbetrouwbaarheid werd bepaald door meetprotocol 1 van onderzoeker 1 te vergelijken met meetprotocol 1 van onderzoeker 2. De intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid werd bepaald door meetprotocol 1 en meetprotocol 2 van onderzoeker 1 met elkaar te vergelijken. Ditzelfde gebeurde bij de meetprotocollen van onderzoeker 2. De overeenstemming met betrekking tot de validiteit, tussen de Range of Monitor-app en de Vicon zijn uitgedrukt in intraclass correlatie coëfficiënten.



Resultaten De resultaten van alle bewegingen (flexie, extensie, lateroflexie- en rotatie beiderzijds) laten met ICC's = 0,044-0,356 een slechte correlatie zien tussen de app en de Vicon. De ICC-waarde, met betrekking tot de inter- en intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid, waren voor de flexie, extensie en lateroflexies matig tot goed 0,621 en 0,851. Voor de rotaties is de overeenstemming voor de inter- en intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid slecht met een ICC tussen de -0,065 en de 0,703.

Conclusie De Range of Monitor-app is geen valide meetinstrument voor de nek. Buiten dat de app niet valide is, is die ook niet inter- en intrabeoordelaarsbetrouwbaar.

Trefwoorden Cervicale wervelkolom, CWK, range of motion, ROM, Range of Monitor, Vicon, Validity, reliability, application, APP.

Introductie

Ongeveer 20% van de Nederlandse bevolking zoekt op enig moment hulp voor nekkachten bij de (para)medische zorg (KNGF richtlijn nekpijn, 2016). De bijbehorende klachten zijn onder andere pijn en verminderde bewegingsuitslagen (Buskila, Sarzi-Puttini, & Ablin, 2007). In eerder onderzoek is naar voren gekomen dat 30% van de volwassenen met nekpijn beperkingen ervaart in het dagelijks leven en dit in 21% van de gevallen resulteert in werkverzuim (Picavet & Schouten, 2003). In 2011 bedroegen de kosten van de zorg voor nek- en rugklachten 1,3 miljard euro. Dat is 25% van de totale zorgkosten voor ziekten van het bewegingsapparaat (volksgezondheidszorg.info, 2018).

Fysiotherapeuten hebben een belangrijk aandeel in de behandeling van patiënten met nekpijn. Een fysiotherapeut brengt de klacht in beeld, stelt een behandelplan op en evalueert vervolgens de effecten van de behandeling. Met het herhaaldelijk meten van de mobiliteit (Range of Motion; ROM) van de nek kan zowel het effect van de behandeling als de vooruitgang in het gezondheidsproces inzichtelijk gemaakt worden (Reese & Bandy, 2002). Er zijn diverse mogelijkheden om de mobiliteit vast te stellen. Een daarvan is de goniometer, deze is makkelijk toegankelijk, goedkoop en eenvoudig in gebruik (Milanese, Gordon, Buettner et al, 2014). Deze methode is geschikt voor statische situaties waarbij de hoek tussen begin- en eindstand van een gewricht wordt gemeten. Het correct plaatsen van de goniometer is echter moeilijk. Er moet goed gelet worden op de botstructuren, het draaipunt van het gewricht en het op de plek blijven van de arm van de goniometer als er bewogen wordt (Milanese et al, 2014). Daarnaast lenen enkele gewrichten/regio's, zoals de cervicale wervelkolom (CWK), zich niet voor metingen met een goniometer. De oorzaak hiervoor is dat de CWK niet beweegt in één gewricht maar in meerdere aan elkaar geschakelde wervelgewrichten. Zo gaat bijvoorbeeld een lateroflexie altijd gepaard met een rotatie en extensie van de wervels (Kapandji, 2009) waardoor, er sprake is van een meervoud van



bewegingsassen op verschillende posities. Dat maakt het visuele meten van de CWK met een goniometer niet makkelijk hanteerbaar.

Een betrouwbaar en valide meetinstrument is de Vicon, een 3D bewegingsanalyse systeem. Deze wordt vanwege zijn hoge validiteit als gouden standaard beschouwd (Bouillod, 2016). Voor een dergelijk systeem als de Vicon is een 'beweeglab' nodig uitgerust met 8 infraroodcamera's. Naast het grote kostenplaatje spelen tijd en toegankelijkheid een grote rol bij de hanteerbaarheid voor de eerstelijns praktijk. Vandaar de keuze voor een smartphone applicatie. Smartphones beschikken over sensoren die de omvang en de snelheid van bewegingen kunnen detecteren (Core Motion, 2018). Aan de hand daarvan kan de mobiliteit nauwkeurig in kaart worden gebracht (Su, Tong & Ji, 2014). Momenteel zijn meer dan 97.000 gezondheidsgerelateerde apps op verschillende software platforms beschikbaar (Bahadori, Wainwright & Ahmed, 2018). Deze apps worden als effectieve hulpmiddelen voor professionals in de gezondheidszorg beschouwd (Lee-Ventola, 2014; O'Neill, Holmer, Greenberg et al, 2013). Derde partijen zoals zorgverzekeraars zijn gebaat bij dergelijke ontwikkelingen, zij zijn op zoek naar valide en betrouwbare meetinstrumenten voor het monitoren van de efficiëntie van de huidige gezondheidszorg. Vandaar dat er in toenemende mate gekozen wordt voor mobiele applicaties (Franko, 2011) echter, deze zijn niet alle kwalitatief goed.

Om het gebruik in de eerstelijns fysiotherapie praktijk te bevorderen, moeten dergelijke apps eenvoudig hanteerbaar en betaalbaar zijn. Vanuit die behoefte is door een bedrijf, bestaande uit afgestudeerde fysiotherapeuten aan de Hogeschool Arnhem en Nijmegen (HAN), een smartphone app genaamd de "Range of Monitor" ontwikkeld voor het meten van de ROM. Uit onderzoek is gebleken dat bewegingsuitslagen van de schouder en de knie in een eerdere versie van deze app valide en betrouwbaar in kaart gebracht kunnen worden (Bakker, Bald & van de Bovenkamp, 2017; Franssen, van de Coolwijk & Triebels, 2017). Van de vernieuwde Range of Monitor-app is echter nog onbekend of het valide en betrouwbare metingen van de CWK oplevert.



Methode

Design & Proefpersonen

De proefpersonen in deze klinimetrische studie met cross sectioneel design zijn allen gerekruteerd bij de HAN te Nijmegen, opleiding fysiotherapie. De studenten zijn geïnformeerd over dit onderzoek en gevraagd deel te nemen door middel van een algemene e-mail, whatsapp bericht en/of aan de hand van een voorlichting in de klas.

Middels een sample size berekening, waarbij de α (gewenste significantie) = 0,050, β (gewenste power) = 0,200 en een $r = 0.700$ (verwachte correlatie coëfficiënt) (Clinical & Translational Science Institute, 2018), is vastgesteld dat er 13 proefpersonen moesten worden geïncludeerd om een uitspraak te kunnen doen over de validiteit. Aangezien er rekening gehouden is met een 30% dropout marge zijn er 21 proefpersonen geïncludeerd.

De voorwaarden voor de studenten om deel te mogen nemen aan het onderzoek zijn dat zij ouder zijn dan 16 jaar en geen nekpijn aanwezig is (maximale NPRS van drie in navolging van Shirley Ryan Abilitylab 2013; Shirley Ryan Abilitylab, 2013). Gezien de mate van eindstandig en herhaaldelijk bewegen was een hoge pijnscore niet wenselijk. Voor een gestandaardiseerd protocol was de voorkeur Nederlandstalige studenten/proefpersonen. Bij aanmelding is vastgesteld of er aan de inclusiecriteria werd voldaan.

Voorafgaand aan deelname aan het onderzoek zijn de demografische gegevens van de proefpersonen uitgevraagd en zijn ze gewezen op hun rechten en plichten met betrekking tot het onderzoek. Daarnaast werd verzocht een 'informed consent' te ondertekenen. Gedurende het onderzoek zijn de rechten van de proefpersoon gewaarborgd.

Onderzoekers

Twee onderzoekers (O1 en O2) hebben de metingen uitgevoerd met de Range of Monitor-app en de derde onderzoeker (O3) was verantwoordelijk voor het uitvoeren van de metingen met de Vicon.

De metingen zijn gecoördineerd aan de hand van een meetprotocol. In dit protocol is eveneens een mondelinge instructie opgenomen (toelichting van het informed consent en testinstructies) die aan de proefpersonen wordt voorgedragen. Het protocol is tijdens de zogeheten 'pilot metingen', in totaliteit acht keer, uitvoerig getest en geautomatiseerd.



Meetinstrumenten

Range of Monitor-app

De Range of Monitor-app (Versie 1.0.17) is een mobiele applicatie die de bewegingsuitslag van de cervicale wervelkolom kan meten. Met behulp van een hoofdband wordt de smartphone op het voorhoofd bevestigd. Daarbij moet de smartphone loodrecht ten opzichte van de vloer in de houder worden geplaatst (zie bijlage 1: Meetprotocol). Gedurende het gebruik zit de proefpersoon op een kruk in een rechte houding en kijkt recht vooruit. De app wordt voorafgaand aan de metingen in deze houding gekalibreerd. Dat houdt in dat deze houding als 0-stand wordt gezien. Hierna is de app gereed voor de metingen.

De Range of Monitor-app werkt met auditieve signalen, middels één bliepje geeft de app aan dat de proefpersoon de beweging mag starten en middels twee bliepjes dat de eindstand is vastgezet. Voor het bepalen van de bewegingsuitslagen maakt de Range of Monitor-app gebruik van de accelerometer functie in de smartphone (Leeuwerk et al., 2015). Deze functie neemt de bewegingen in drie assen waar; de X-as is de sagittale as, de Y-as is de transversale as en de Z-as is de longitudinale as. Door middel van deze assen kan de smartphone de stand in de ruimte detecteren (Core Motion, 2018).

De Range of Monitor-app zet de resultaten van de gevraagde beweging vast zodra de stand in een tijd van 1,5 seconde niet sterk varieert (marge van ≤ 1 graden). Gedurende die 1,5 seconde wordt door de Range of Monitor-app een gemiddelde eindstand berekend en die uitkomst wordt aangegeven als het eindresultaat van de desbetreffende beweging.

Vicon

De Vicon is een 3D- bewegingsanalyse systeem, die de bewegingen van het lichaam met behulp van 8 infrarood camera's en 39 reflecterende makers kan analyseren. De afwijking van de camera's is bij de opnames kleiner dan 1mm (Feng, 2014). De Vicon wordt door zijn betrouwbaarheid en nauwkeurigheid voor het meten van de mobiliteit als gouden standaard gezien (Bouillod, 2016).

Voorafgaand aan de metingen moet de ruimte, het beweeglab, waar de infraroodcamera's zich bevinden, worden gekalibreerd volgens het Vicon protocol (Vicon Motion System Ltd, UK). Na de kalibratie worden de gegevens van de proefpersoon ingevoerd en opgeslagen in het systeem van de Vicon. Om de proefpersoon in het systeem te kalibreren moeten er markers worden geplaatst. Dit wordt gedaan volgens het zogeheten 'Plug in Gait full body model'. Vervolgens dient de proefpersoon in het midden van het beweeglab te gaan staan voor de kalibratie.

De Vicon analyseert de bewegingen middels het Vicon Nexus 2.7 systeem. Net zoals bij de Range of Monitor-app neemt de Vicon drie assen waar; de X-as, Y-as en de Z-as. De gemaakte



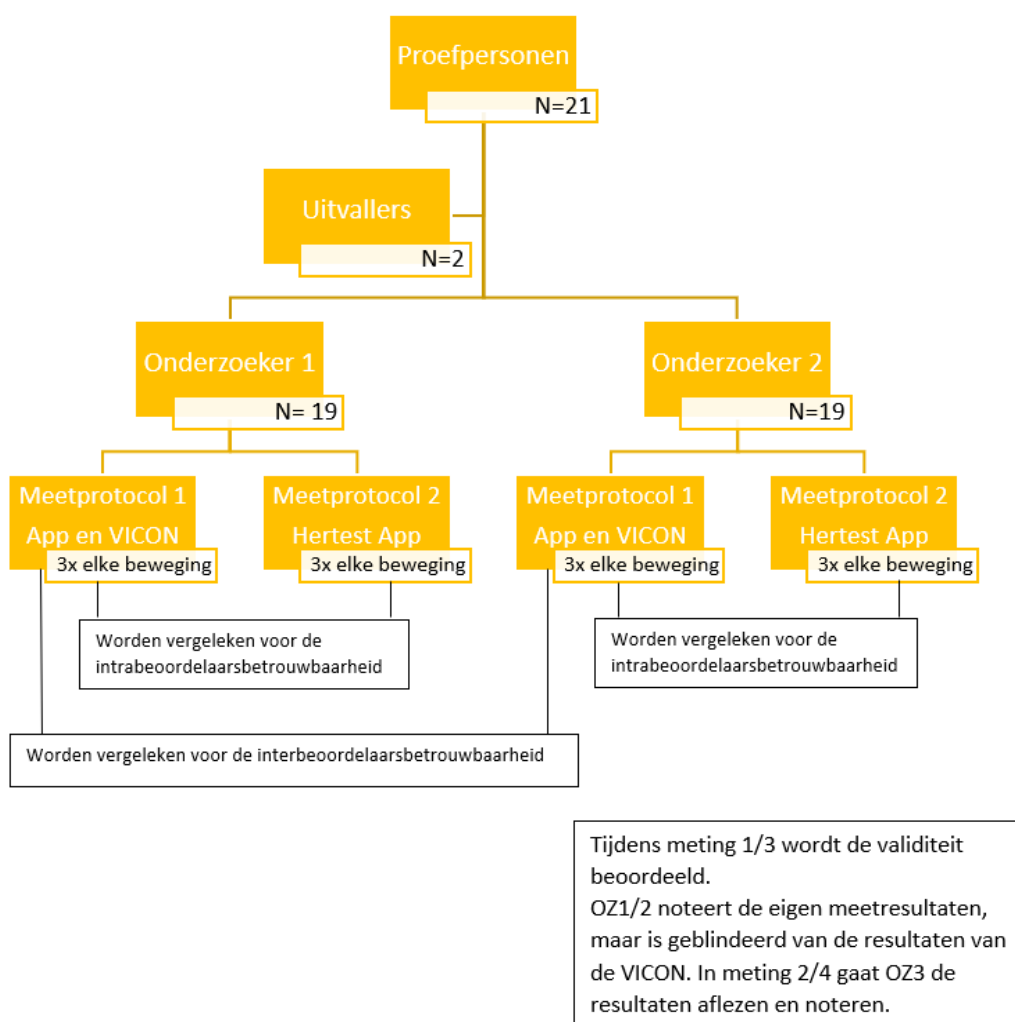
beweging wordt in de Vicon uitgedrukt in grafieken, bij de zogeheten 'flatline' heeft de proefpersoon de eindstand bereikt en is in een tijd van 1,5 seconde niet sterk gevarieerd (marge van ≤ 1 graden). Aan de hand van de flatline wordt het eindresultaat in graden afgelezen. Op de X-as wordt de flexie en de extensie afgelezen, op de Y-as de lateroflexies en op de Z-as de rotaties.

De Vicon maakt met behulp van de markers hoekberekeningen in de gewrichten, als er markers wegvallen, kan hij deze berekeningen niet maken en resulteert dat in onvolledige grafieken.

Procedure

De metingen die gedaan zijn gedurende dit onderzoek zijn gecoördineerd aan de hand van een meetprotocol (zie bijlage 1: meetprotocol). Dit meetprotocol is door beide onderzoekers tweemaal uitgevoerd (zie afbeelding 1). Voorafgaand aan de metingen zijn beide meetinstrumenten gekalibreerd en vervolgens hebben de metingen plaatsgevonden.

Afbeelding 1; Meetprotocol





Om de validiteit te meten zijn bij de eerste uitvoering van het meetprotocol beide meetinstrumenten, de Range of Monitor-app en de Vicon, gelijktijdig gebruikt. Hierbij bediende O1 of O2 de Range of Monitor-app en O3 de Vicon. O1 of O2 vroeg de proefpersoon om een beweging uit te voeren, te beginnen met de flexie, gevolgd door extensie, lateroflexie links, lateroflexie rechts, rotatie links en als laatste de rotatie rechts. Alle bewegingen werden driemaal gevraagd (32 metingen per proefpersoon), dit ter preventie van onbruikbare metingen door bijvoorbeeld het 'wegvallen' van markers. In totaliteit resulteert dit over 19 proefpersonen in 114 metingen per beweging. De resultaten die de Range of Monitor-app aangaf, werden bij deze metingen door O1 of O2 zelf genoteerd. Nadat de laatste beweging werd gevraagd en gemeten werd de hoofdband bij de proefpersoon afgenomen. Vervolgens werd deze na een korte pauze, naar behoefte van de proefpersoon, weer opgezet en startte de tweede uitvoering van het meetprotocol.

Bij het meten van de inter- en intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid werd er alleen gebruik gemaakt van de Range of Monitor-app. Wederom vroeg O1 of O2 de proefpersoon om een beweging uit te voeren en eveneens in de volgorde zoals hierboven genoemd. De resultaten werden bij deze metingen genoteerd door O3 zodat O1 en O2 geblindeerd zijn voor de meetuitkomsten. Nadat het meetprotocol tweemaal was uitgevoerd en de hoofdband afgenomen was door O1, verliet zij de ruimte en kwam O2 de ruimte in. In totaliteit heeft de proefpersoon (aan het eind van het onderzoek) het meetprotocol vier maal uitgevoerd.



Data analyse

Met beschrijvende statistiek zijn de karakteristieken van de steekproef geanalyseerd.

Concurrente Validiteit

Om concurrente validiteit vast te stellen van de Range of Monitor-app is de correlatie met de 114 metingen met de Vicon (gouden standaard) vastgesteld met behulp van de Interclass Correlation coefficient (ICC).

Gezien de hoeveelheid van metingen in alle bewegingsrichtingen is voor het beoordelen van de concurrente validiteit de ICC 'total agreement' gebruikt. De ICC-waardes zijn als volgt geïnterpreteerd; er wordt gesproken over een slechte overeenkomst bij een ICC van $\leq 0,50$, een matige overeenkomst bij een ICC van $0,50-0,75$, een goede overeenkomst bij ICC van $0,75-0,90$ en een excellente overeenkomst bij een ICC van $>0,90$ (Koo, Li, 2015).

Inter- en intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid

Voor het vaststellen van de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid is er gekeken of twee verschillende onderzoekers bij elke beweging hetzelfde resultaat krijgen met de Range of Monitor-app. Dit wordt eveneens uitgedrukt in ICC-waarden per bewegingsrichting.

Voor het vaststellen van de intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid is er gekeken naar de overeenstemming van resultaten bij de eerst uitgevoerde protocol en het tweede uitgevoerde protocol bij een en dezelfde onderzoeker. Dit is zowel bij O1 als bij O2 bekeken. Beide zijn uitgedrukt in ICC-waarden per bewegingsrichting.

Meetfouten

Om meetfouten te onderzoeken is er gebruik gemaakt van een berekening waarbij de Bland-Altman 95% limiet van overeenkomst (LoA) is berekend. De LoA geeft aan hoe groot de verschillen tussen de metingen, onderzoekers en meetinstrumenten maximaal mogen zijn om niet als meetfout te worden beoordeeld. Verschillen die binnen de LoA liggen, dienen te worden geïnterpreteerd als meetfout. De LoA bepaalt dus de gevoeligheid van het meetinstrument voor verandering en daarmee de smallest of minimal detectable change (MDC). Om te kunnen spreken over een daadwerkelijk waargenomen verandering dienen waarden dus buiten de LoA te liggen.

Alle analyses zijn gedaan in het software programma 'Statistical Package for Social Sciences' versie 25 (SPSS, IBM Corporation, Chicago). Bij alle analyses is een betrouwbaarheidsdrempel van $\alpha=0.05$ gehanteerd.



Resultaten

Proefpersonen

Van de 21 aangemelde proefpersonen zijn er 19 geïnccludeerd in de analyse. Ten gevolge van een systeem storing (van de Vicon) leverden de metingen van twee proefpersonen geen gegevens op, waardoor de data van 19 proefpersonen zijn geanalyseerd. Hiervan was 63% (n=12) vrouw. De gemiddelde leeftijd was 20,9 jaar (SD 2,6), de gemiddelde lengte 174,4 cm (SD 8,7) en het gewicht bedroeg gemiddeld 69,5 kg (SD 9,0).

Concurrente Validiteit van de Range of Monitor-app

Om de concurrente validiteit van de Range of Monitor-app vast te stellen zijn in totaliteit per beweging 114 metingen uitgevoerd waarvan, met uitzondering van de cervicale extensie, voor elke bewegingsrichting het merendeel geschikt was voor analyse.

Voor de flexie ($p=0,000$) en de lateroflexie naar links en rechts ($p=0,000$) is er sprake van een significant positieve ICC tussen de metingen met de Vicon en de Range of Monitor-app (Tabel 1) die voor alle drie de bewegingsrichtingen dient te worden gecategoriseerd als slecht verband. In het Bland-Altman plot van de flexie (FL; Figuur 2A) is er een gemiddeld verschil te zien tussen de metingen van -21,84 graden. Dat betekent dat de Range of Monitor-app ten opzichte van de Vicon gemiddeld 21,84 graden meer meet. Voor de lateroflexie links (LL; Figuur 2C) is het gemiddelde verschil -8,64 graden en voor de lateroflexie rechts (LR) -9,87 graden. Bij de LL lijkt er bovendien, in tegenstelling tot de LR, sprake te zijn van een toenemend verschil tussen de metingen bij een toenemend gemiddelde van de metingen. Bij de extensie en de rotaties is geen sprake van significante ICC-waarden.

Tabel 1; Correlatie tussen de Range of Monitor-app en Vicon.

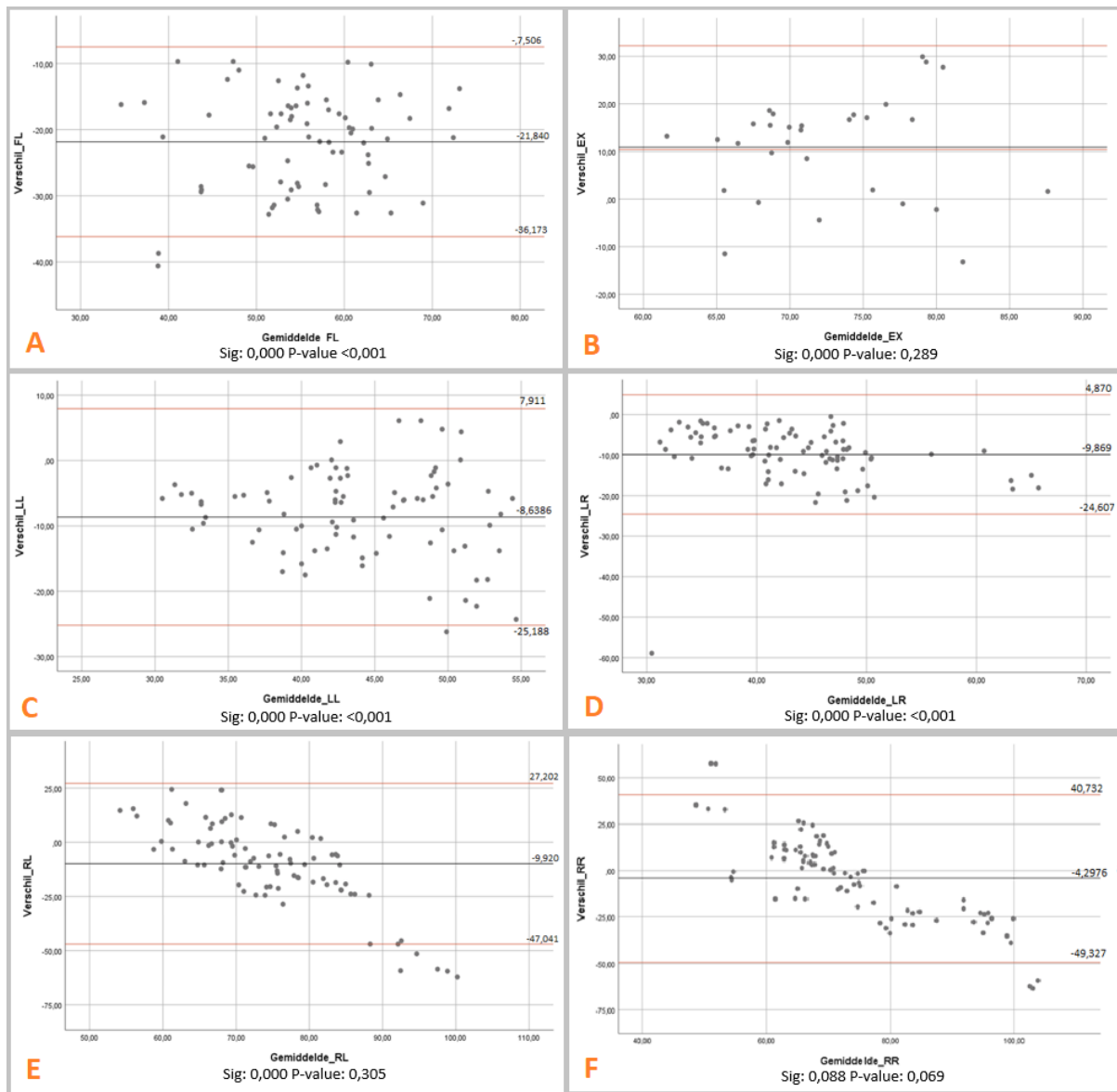
	N	Mean Vicon (SD)	Mean App (SD)	ICC	95% Confidence interval	P-value
FL	73	44,5 (9,4)	67,6 (11,8)	0,173	-0,047 - 0,495	0,000***
EX	30	78,1 (8,2)	71,2 (9,8)	0,056	-0,121 - 0,291	0,289
LL	83	39,3 (7,9)	47,9 (7,1)	0,246	-0,058 - 0,497	0,000***
LR	86	38,5 (7,7)	49,4 (9,0)	0,356	-0,092 - 0,658	0,000***
RL	86	69,8 (6,3)	81,6 (19,3)	0,044	-0,121 - 0,220	0,305
RR	85	71,5 (7,3)	76,1 (23,0)	0,158	-0,050 - 0,355	0,069

FL= Flexie, EX= Extensie, LL= Lateroflexie Links, LR= Lateroflexie Rechts, RL= Rotatie Links, RR= Rotatie Rechts, n = aantal geschikte metingen voor analyse

* $<0,05$, ** $<0,01$, *** $<0,001$



Figuur 2; Bland-Altman plots met betrekking tot validiteit.



2A= Flexie, 2B= Extensie, 2C= Lateroflexie Links, 2D= Lateroflexie Rechts, 2E= Rotatie Links, 2F= Rotatie Rechts. Waarbij de rode lijnen de 95% Confidence Interval weergeeft en de zwarte lijn geeft het gemiddelde verschil weer.

Betrouwbaarheid

Alle bewegingen, met uitzondering van de rotatie links (RL), hebben een significante ICC voor de intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid (Tabel 2). De daarbij horende ICC-waarde zijn matig tot goed (ICC=0,666-0,851). Hierbij zijn de ICC's bij onderzoeker 1 consistent lager dan voor onderzoeker 2.



Tabel 2; Overeenstemming van de Range of Monitor-app en de hertest met betrekking tot de intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid.

	Mean App (SD)	Mean Hertest (SD)	ICC	95% Confidence Interval	p-value
O1FL	68,2 (11,9)	68,0 (12,1)	0,814	0,704 – 0,886	0,000***
O1EX	71,6 (10,6)	68,2 (11,5)	0,682	0,484 – 0,808	0,000***
O1LL	48,5 (7,7)	47,4 (6,3)	0,666	0,493 – 0,788	0,000***
O1LR	49,7 (9,6)	47,7 (8,1)	0,701	0,536 – 0,813	0,000***
O1RL	81,9 (19,3)	76,7 (17,1)	-0,065	-0,312 – 0,193	0,690
O1RR	83,5 (22,2)	74,8 (13,5)	0,409	0,159 – 0,608	0,000***
O2FL	66,9 (11,8)	70,8 (13,0)	0,851	0,599 – 0,932	0,000***
O2EX	70,8 (9,0)	68,8 (10,2)	0,818	0,695 – 0,892	0,000***
O2LL	47,3 (6,4)	49,3 (6,6)	0,699	0,506 – 0,819	0,000***
O2LR	49,0 (8,5)	48,0 (9,0)	0,831	0,730 – 0,897	0,000***
O2RL	81,3 (19,5)	79,1 (13,1)	0,570	0,367 – 0,722	0,000***
O2RR	68,7 (21,4)	72,3 (16,0)	0,703	0,542 – 0,814	0,000***

O1= Onderzoeker 1, O2= Onderzoeker 2, FL= Flexie, EX= Extensie, LL= Lateroflexie Links, LR= Lateroflexie Rechts, RL= Rotatie Links, RR= Rotatie Rechts. *<0,05, **<0,01, ***<0,001.

Evenals de intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid zijn de ICC waardes voor de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid van alle bewegingen, met uitzondering van RL, significant (Tabel 3). Daarbij dienen de ICC's van de extensie en flexie als goed te worden gecategoriseerd (ICC=0,751-0,760), van de lateroflexie in beide richtingen als matig (ICC=0,621-0,686) en van de rotatie rechts en links als slecht (ICC=0,99-0,294). Dit is duidelijk zichtbaar in de Bland-Altman plots (zie bijlage 2; Bland-Altman plots betrouwbaarheid).

Tabel 3; Overeenstemming van de Range of Monitor-app met betrekking tot de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid.

	Mean O1 (SD)	Mean O2 (SD)	ICC	95% Confidence interval	p-value
FL	68,2 (11,9)	66,9 (11,8)	0,76	0,625 - 0,851	0,000***
EX	71,6 (10,6)	70,8 (9,0)	0,751	0,612 - 0,845	0,000***
LL	48,5 (7,7)	47,3 (6,4)	0,621	0,433 - 0,757	0,000***
LR	49,7 (9,6)	49,0 (8,5)	0,686	0,520 - 0,802	0,000***
RL	81,9 (19,3)	81,3 (19,5)	0,199	-0,067 - 0,437	0,070
RR	83,5 (22,2)	68,7 (21,4)	0,294	0,031 - 0,517	0,003**

O1= Onderzoeker 1, O2= Onderzoeker 2, FL= Flexie, EX= Extensie, LL= Lateroflexie Links, LR= Lateroflexie Rechts, RL= Rotatie Links, RR= Rotatie Rechts. *<0,05, **<0,01, ***<0,001.



Discussie

Het doel van dit onderzoek was het vaststellen van de concurrente validiteit in vergelijking met de Vicon (gouden standaard) en de inter- en intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid van de Range of Monitor-app. Met betrekking tot de validiteit is gebleken dat de Range of Monitor-app alleen voor de flexie en de lateroflexie beiderzijds een significante correlatie met de Vicon laat zien, die echter in de categorie slecht valt. In deze bewegingsrichtingen laten de Bland-Altman plots een gemiddeld verschil zien van ruim 8 tot bijna 22 graden tussen de Range of Monitor-app en de Vicon. Bovendien had dit verschil een grote spreiding van 38 graden. Als er wordt gekeken naar de betrouwbaarheid van de Range of Monitor-app kan er gesteld worden dat deze een overwegend matig tot goede overeenstemming laat zien. Desondanks is de overeenstemming bij zowel de rotatie links als rechts slecht. Dit laat zien dat de validiteit en de betrouwbaarheid nog onvoldoende is voor gebruik in de eerstelijnspraktijk.

De lage ICC's tussen de Range of Monitor-app en de Vicon duiden erop dat de app geen valide meetinstrument is om de mobiliteit van de CWK te meten. Deze bevinding is in tegenspraak met de resultaten van het valideringsonderzoek van Quek et al. (2014) die een vergelijkbare app met de Vicon (1.7.1) vergeleken hebben bij 21 gezonde proefpersonen ($31 \pm 9,1$ jaar) zonder nekpijn. Zij vonden eveneens een slechte overeenkomst voor de rotaties, maar een goede overeenkomst voor de flexie, extensie en lateroflexie beiderzijds. In dit onderzoek werd voor de meting met de app gebruik gemaakt van een helm waarop de telefoon was bevestigd. Bovendien werden de proefpersonen met riemen gefixeerd op een stoel, waardoor compensatoire rompbewegingen werden geminimaliseerd. De verschillen met de bevindingen van Quek et al. (2014) kunnen het gevolg zijn van de verschillen in de wijze van fixeren van de mobiele telefoon voor de meting. In het huidige onderzoek is gebruik gemaakt van een hoofdband met daarop de telefoon bevestigd. In een aantal gevallen bleek deze band de telefoon onvoldoende te fixeren, waardoor hij verschoof gedurende de bewegingen. Quek et al. maakten gebruik van een helm, waarop de telefoon was gefixeerd, waardoor de kans op verschillende positionering van de telefoon bij verschillende metingen werd verkleind. Daarnaast heeft Quek et al. de romp gefixeerd middels riemen waardoor romp compensatie tijdens de metingen minimaal was.

Bakker et al. (2017) onderzochten de concurrente validiteit van de Range of Monitor-app voor bewegingen van het schoudergewricht. Ook zij vergeleken de app daarvoor met de Vicon (2.4) en vonden excellente overeenstemming tussen de twee meetinstrumenten. Voor de interpretatie van de Vicon data maakten Bakker et al. in tegenstelling tot het huidige onderzoek, echter gebruik van een software programma Matlab (R2015b) dat bewegingsuitslagen registreert in absolute



hoekberekeningen (bewegend component in de ruimte). In tegenstelling tot de data interpretatie met de Vicon zelf, die rekent met relatieve hoekberekeningen (bewegend component ten opzichte van een vast component), corrigeert Matlab niet voor compensatoire bewegingen van aangrenzende lichaamsregio's of van andere totale lichaamsbewegingen. Aangezien deze correctie bij de analyse met Matlab evenals bij de Range of Monitor-app (die op dezelfde manier meet) niet plaatsvindt, is een hogere correlatie te verwachten dan bij de vergelijking met de Vicon analyse. Ter exploratie zijn voor ons onderzoek de data van de Vicon, naast uitlezing met de Vicon zelf, ook met Matlab (versie 9.0.0.341360) uitgelezen. Dit resulteerde in, overeenstemming met de verwachting, tot beduidend betere ICC's die in de categorie matig tot goed zouden vallen (Voor ICC waarden en Bland Altman plots zie bijlage 3; validiteit Matlab tabel 1 en 2). Gezien deze resultaten kan geconcludeerd worden dat er een wezenlijk verschil is tussen een vergelijking met de Vicon analyse (relatieve hoekberekening) en de Matlab analyse (absolute hoekberekening). Voor valideringsonderzoek waarbij de Vicon als gouden standaard wordt gebruikt, is het dus van belang dat Vicon data worden uitgelezen met de Vicon zelf en niet met behulp van Matlab.

In vergelijking met eerder uitgevoerde onderzoeken zijn de resultaten van het huidige onderzoek met betrekking tot de betrouwbaarheid minder overeenstemmend. Franssen et al. (2017) hebben de intra- en interbeoordelaarsbetrouwbaarheid voor de Range of Monitor-app met betrekking tot de mobiliteit van de schouder onderzocht. Daarbij waren de ICC's voor de intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid zeer goed tot excellent. In tegenstelling tot het huidige onderzoek, waarin de ICC's voor de intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid slecht tot goed waren. Franssen et al. vonden voor interbeoordelaarsbetrouwbaarheid goede tot zeer goede ICC waarden, terwijl die in het huidige onderzoek varieerden van slecht tot goed. Het verschil tussen de bevindingen van Franssen et al. en het huidige onderzoek kan worden verklaard door het ontbreken van fixaties. De onderzoekers werden gelimiteerd door de Vicon aangezien mogelijke fixaties ten koste ging van de zichtbaarheid van de markers. Daarnaast werd bij Franssen et al. het onderzoek passief uitgevoerd waarbij er rekening gehouden werd met compensaties in thoracale wervelkolom door middel van een hand op de rug. Bij het huidige onderzoek werd actief bewogen door de patiënt.

In het onderzoek van Mattos e Dinato et al. (2017) werd wederom voor twee apps, Hallux Angles app version 1.0, en iPinPoint versie 1.5, de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid bepaald. In deze apps worden de hoeken van de voeten gemeten met de Apple Iphone (model 5S). Er is door vier onderzoekers gemeten waarvan twee onderzoekers >10 jaar ervaring hebben in voet- en enkelchirurgie. De andere twee onderzoekers zijn in opleiding tot voet- en enkelchirurg. Opvallend bij de resultaten is de excellente overeenstemming van beide meetinstrumenten bij de ervaren



onderzoekers in tegenstelling tot de onervaren onderzoekers. Zij hadden een slechte tot excellente overeenkomst waarbij vooral de Hallux Angles app slecht scoorde.

Kijkend naar ons onderzoek, in vergelijking met dit onderzoek, is de genoemde spreiding van de onervaren onderzoekers eveneens terug te zien. Dit meenemend zou het kunnen betekenen dat ervaren zorgprofessionals betere overeenstemmingen vinden met betrekking tot betrouwbaarheidsonderzoek.

De eerder genoemd grote spreiding van 38 graden bij de rotatie beiderzijds is mogelijk te verklaren doordat de Range of Monitor-app diverse keren de beginstand niet herkende en daardoor de metingen niet op 0 graden maar op bijvoorbeeld ± 170 graden startte. Dit kan van invloed zijn op de resultaten, wat dus mogelijk de slechte ICC-waardes bij deze bewegingsrichting verklaard voor zowel de validiteit als de betrouwbaarheid.

Sterkten en zwakten van het onderzoek

Het onderzoek is uitgevoerd in het beweeglab van de hogeschool Arnhem en Nijmegen te Nijmegen met de, volgens Goodvin et al. (2016), gouden standaard voor valideringsonderzoeken. De HAN is een van de weinige instituten die beschikt over een dergelijk uitgerust beweeglab (HAN MCV, 2017). Gedurende de metingen waren de onderzoekers geblindeerd voor elkaars meetresultaten. De twee onderzoekers die de metingen met de app uitvoerden, waren bovendien geblindeerd voor de meetresultaten van de Vicon. Tijdens het onderzoek was er op sommige meetmomenten sprake van een storing van de Vicon wat resulteerde in onvolledige data. Desondanks is er, met uitzondering van de cervicale extensie, voldoende volledige data verzameld om een uitspraak te kunnen doen over de validiteit. Daarnaast was er bij de hoofdband met daarop de telefoon sprake van speling tijdens de uitvoering door de proefpersoon. Dit was voor hen onprettig en bij een te ruime speling kan dit effect hebben op de resultaten. Bij de analyse van de data is er bij dit onderzoek gebruik gemaakt van de analyse vanuit de Vicon zelf in tegenstelling tot andere onderzoeken die gebruik maken van het software programma Matlab. In een exploratieve analyse hebben wij vastgesteld dat dit de resultaten substantieel beïnvloedt. Voor vervolgonderzoek is een breder en grotere doelgroep raadzaam, bij het huidige onderzoek is gebruik gemaakt van een selectieve doelgroep van jonge, gezonde proefpersonen. De resultaten zijn om die reden niet generaliseerbaar naar de populatie in de dagelijkse fysiotherapeutische praktijk.



Conclusie

De Range of Monitor-app is niet concurrent valide voor het bepalen van de mobiliteit van de CWK. De overeenstemming met de Vicon is voor alle bewegingen slecht. De Range of Monitor-app heeft in meerdere bewegingsrichtingen een substantiële gemiddelde afwijking ten opzichte van de gouden standaard. De Range of Monitor-app is daarnaast ook niet betrouwbaar.

De app heeft nog verdere ontwikkeling nodig waarbij de substantiële afwijkingen worden opgelost. Daarbij moet er bij volgend onderzoek en in de praktijk rekening worden gehouden met onder andere mogelijke compensatiebewegingen. Deze moeten door middel van banden of riemen en instructies worden uitgefilterd en moeten verminderd worden. Aangezien het niet mogelijk is om alle compensatiebeweging eruit te filteren, is een meetinstrument nodig die deze compensatie aangeeft. Wij adviseren daarom een referentiepunt aan de app toe te voegen, bijvoorbeeld een marker die op de borstkas wordt geplakt of een tweede gerion meter (versnellingsmeter) waarmee de app ook rekening kan houden met ontstane compensaties vanuit de romp en schouders. Een tweede voordeel aan een referentiepunt is de mogelijkheid de bewegingsuitslag met relatieve hoeken te berekenen, net zoals de gouden standaard. Daarnaast wordt er aangeraden om de analyse van de vervolgonderzoek te doen met behulp van de Vicon en niet met Matlab en is het van belang om de steekproef uit te breiden voor een meer diverse doelgroep om een legitieme uitspraak te kunnen doen over de validiteit en betrouwbaarheid.

Dankwoord

Wij danken de studenten die hebben meegewerkt met de pilot metingen en de studenten die zich hebben aangemeld voor ons onderzoek. Daarnaast willen wij onze opdrachtgevers en onze docentbegeleider danken voor hun begeleiding en ondersteuning gedurende het praktijkonderzoek. Verder gaat onze dank eveneens uit naar de lab coördinator van de HAN en de hogeschool zelf voor het beschikbaar stellen van de accommodatie (Vicon).



Referenties

Bahadori, S., Wainwright T.W., Ahmed, O.H., (2018). Smartphone apps for total hip replacement and total knee replacement surgery patient: a systematic review. *Disability and Rehabilitation*, 1–6.

doi:10.1080/09638288.2018.1514661

Bouillod, A., Costes, A., Soto-Romero, G., Brunet, E., & Grappe, F. (2016). Validity and reliability of the 3D motion analyzer in comparison with the Vicon device for biomechanical pedalling analysis.

Proceedings of the 4th International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support, 63-66. DOI: 10.5220/0006088200630066

Buskila, D., Sarzi-Puttini, P., & Ablin, J. N. (2007). The genetics of fibromyalgia syndrome.

Pharmacogenomics, 8(1), 67–74. doi:10.2217/14622416.8.1.67

Core Motion. (2018). In Apple Developer. Geraadpleegd op 22 november 2018, van

<https://developer.apple.com/documentation/coremotion>

Bakker, L., Bald, M., & van de Bovenkamp, J. (2017). *Validiteit Range of Monitor*

(Afstudeeropdracht). Fysiotherapie, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, Nijmegen

Facebook Range of Monitor (2015). *Facebook profielfoto*. [online afbeelding]. Geraadpleegd op 29 oktober 2018, van

https://www.google.nl/search?rlz=1C1CHBF_deDE769DE769&biw=1280&bih=619&tbm=isch&sa=1&ei=jk7YW8zgCYfOwAK53Y7YBg&q=rangeofmonitor&oq=rangeofmonitor&gs_l=img.3...18396.19944.0.20325.2.2.0.0.0.111.161.1j1.2.0....0...1c.1.64.img..0.1.109...0i7i30k1j0i8i7i30k1.0.NxAQ7KEGaAs#imgsrc=u8MZRuO-olXibM:

Clinical & Translational Science Institute. (2018). *Correlation sample size*. Geraadpleegd op 22

oktober 2018 van, <http://www.sample-size.net/correlation-sample-size/>

Facebook Range of Monitor (2015). *Omslagfoto*. [online afbeelding]. Geraadpleegd op 29 oktober 2018, van



https://www.google.nl/search?q=range+of+monitor&rlz=1C1CHBF_deDE769DE769&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjAw6K4IK7eAhUKyIUKHRXuCRsQ_AUIDigB&biw=853&bih=413&dpr=2.25#imgsrc=FoKWjPRPRY8wzM:

Feng Y. & Max L. (2014). Accuracy and precision of a custom camera-based system for 2D and 3D motion tracking during speech and nonspeech motor tasks. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 57(2), 426– 438. doi: 10.1044/2014_JSLHR-S-13-0007

Franko, O.I. (2011) Smartphone apps for orthopaedic surgeons. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 469 (7), 2042-2048. doi: 10.1007/s11999-011-1904-0

Franssen, E., van de Coolwijk, T., & Triebels, M. (2017). *Intra- & Interbeoordelaarsbetrouwbaarheid van de Range of Monitor applicatie* (Afstudeeropdracht). Fysiotherapie, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, Nijmegen

Goodvin, C., Park, E. J., Huang, K., & Sakaki, K. (2006). Development of a real-time three-dimensional spinal motion measurement system for clinical practice. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 44(12), 1061–1075. doi:10.1007/s11517-006-0132-3

Kapandji, I. A., (2009). *bewegingsleer deel 3*. Houten : Bohn Stafleu van Loghum

KNGF (2016). *Richtlijn nekpijn*. Geraadpleegd op 5 december 2018, van https://www.fysionet-evidencebased.nl/images/pdfs/richtlijnen/nekpijn_2016/nekpijn_praktijkrichtlijn.pdf

Lee-Ventola, C., (2014) Mobile Devices and Apps for Health Care Professionals: Uses and Benefits. *P&T: a peer-reviewed journal for formulary management*, 39(5):356-64, PMID: 24883008

Leeuwerk, M.E., Loeters, D.E., Lent, L. Van, Rood, D. (2015) *De validiteit, betrouwbaarheid en hanteerbaarheid van een protocol voor het meten van gewrichtshoeken met een smartphone applicatie* (afstudeeropdracht). Fysiotherapie, Hogeschool Arnhem en Nijmegen, Nijmegen.

Marketing, Communicatie en Voorlichting HAN (2017). Inzet van HAN beweeglab. Geraadpleegd op 02 januari 2019 van <https://www.han.nl/onderzoek/kennismaken/revalidatie-arbeid-sport/lectoraat/musculoskeletale-revalidatie/opleidingen/>



Mattos e Dinato, M.C., Freitas, M.F., Milano, C., Valloto E. Jr., Ninomiya, A.F., Pagnano, R.G. (2017). Reliability of Two Smartphone Applications for Radiographic Measurements of Hallux Valgus Angles. *The Journal of Foot & Ankle Surgery*, 56 (2), 230-233. doi: 10.1053/j.jfas.2016.11.021

Milanese, S., Gordon, S., Buettner, P., Flavell, C., Ruston, S., Coe, D., O'Sullivan, W., & McCormack, S. (2014). Reliability and concurrent validity of knee angle measurement: Smart phone App versus Universal Goniometer used by experienced and novice clinicians, *Manual Therapy* (2014), doi: 10.1016/j.math.2014.05.009.

Breakingmuscle (z.d.). [Online afbeelding]. Geraadpleegd op 13 september 2018, van http://breakingmuscle.com/sites/default/files/imagecache/full_width/images/headline/20130806/s_hutterstock130094810.jpg

O'Neill, K.M, Holmer, H., Greenberg, S.L., Meara, J.G., (2013) Popularity and impact of using smart devices in medicine: experiences in Saudi Arabia. *BMC Public Health*, 18:531. doi: 10.1186/s12889-018-5465-y

Picavet, H.S., & Schouten, J.S. Musculoskeletal pain in the Netherlands: prevalences, consequences and risk groups, the DMC(3)-study. *Pain*. 2003;102(1-2):167-78.

Quek, J., Brauer, S., Treleaven, J., Pua, Y-H., Mentiplay, B & Clark, R., (2014) Validity and intra-rater reliability of an Android phone application to measure cervical range-of-motion. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 11(1). doi: 10.1186/1743-0003-11-65

Reese, N. B., & Bandy, W. D., (2002). *Joint Range of motion and muscle length testing*. St-Louis, Missouri: Saunders Elsevier

Shirley Ryan Abilitylab (2013), *Numeric Pain Rating Scale*. Geraadpleeg op 5 december 2018, van <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/numeric-pain-rating-scale>

Su, X., Tong, & H. en Ji, P. (2014). Activity recognition with smartphone sensors. *Tsinghua Science and Technology*, 2014 (3), 235 - 249. doi: [10.1109/TST.2014.6838194](https://doi.org/10.1109/TST.2014.6838194)



Vicon Motion Systems Ltd (2018). *Vicon Nexus User Guide*. Geraadpleegd op 22 oktober 2018, van

<https://docs.vicon.com/display/Nexus28/PDF+downloads+for+Vicon+Nexus?preview=/73863511/73863663/Vicon%20Nexus%20User%20Guide.pdf>

Volksgezondheidszorg.info (2018) *Zorkosten in Nederland*. Geraadpleegd op 5 december 2018, van <https://www.volksgezondheidszorg.info/kosten-van-ziekten>

Wellmon, R.H., Gulick, D.T., Paterson, M.L., Gulick, C.N. (2015). Validity and Reliability of Two Goniometric Mobile Apps: Device, Application and Examiner Factors. *Journal of Sport Rehabilitation*, 25 (4), 371-379. doi: 10.1123/jsr.2015-0041.



Bijlage

Bijlage 1: Meetprotocol

MEETPROTOCOL

Validiteit & betrouwbaarheid Range of Monitor





Om de handelingswijze van de onderzoekers te coördineren wordt er tijdens de metingen gebruik gemaakt van een protocol.

In dit protocol staan in chronologische volgorde de stappen uitgeschreven voor het uitvoeren van het onderzoek. Door het protocol nauwkeurig op te volgen kan er gegarandeerd worden dat elke meting op dezelfde wijze wordt uitgevoerd. Daardoor kan gedeeltelijk de inter- en intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid gewaarborgd worden en ook zuiver worden gemeten.

FUNCTIES

- Onderzoeker 1: Meetprotocol 1 en 2 doorlopen, noteren van de resultaten van Meetprotocol 1
- Onderzoeker 2: Meetprotocol 1 en 2 doorlopen, noteren van de resultaten van Meetprotocol 1
- Onderzoeker 3: Bedient in Meetprotocol 1 de Vicon en noteert de resultaten uit Meetprotocol 2
- Proefpersoon: Medewerking bij het uitvoeren van het onderzoek (gevraagde bewegingen uitvoeren)

BENODIGDHEDEN

- Ruimte uitgerust met 8 infraroodcamera's (VICON)
- Softwaresysteem 'Nexus 2.0' (VICON)
- 39 reflecterende markers (VICON)
- Hoofdband met telefoonhouder
- Smartphone met 'Range of Monitor'- applicatie

VOORAF

VICON OPSTARTEN

- Volg de stappen zoals beschreven in het VICON protocol, deze is aanwezig in het beweeglab op de HAN te Nijmegen.

RANDVOORWAARDEN

- Bij binnenkomst worden de inclusie- en exclusiecriteria nagelopen die beschreven staan in de onderstaande tabel.

Tabel 1; inclusie- en exclusie criteria.

Inclusiecriteria	Exclusiecriteria
Student opleiding fysiotherapie	Aanwezigheid van pijn in de nek (> NPRS 3)
Proefpersonen ouder dan 16 jaar	Aanwezigheid van rode vlaggen gerelateerd aan nekklachten en nekfuncties, bijv. sensibiliteitsstoornissen
Nederlands- of Engelstalig	



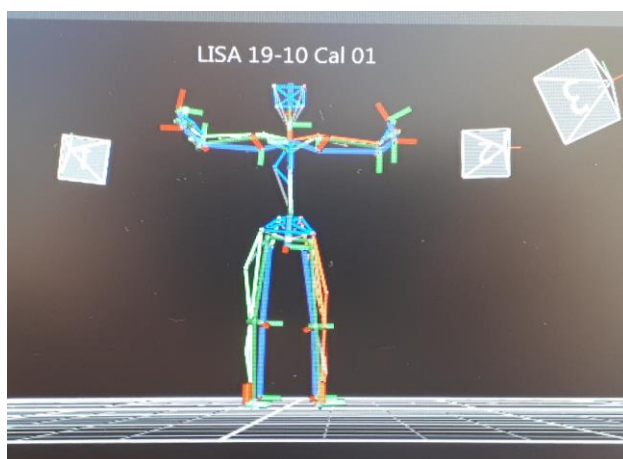
- Na includering wordt de proefpersoon gekoppeld aan een ID-nummer, dit wordt op basis van binnenkomst gedaan. Dit houdt in; de proefpersoon die als eerst binnenkomt krijgt nummer 1 toegekend, de tweede die binnenkomt nummer 2 enzovoorts. Deze 'codering' wordt verwerkt in een tabel en die wordt vervolgens op een afgeschermd medium bewaard.
- De proefpersoon wordt mondeling ingelicht over zijn/haar rechten en plichten, de procedure en het verloop van de metingen
- Proefpersoon, na instemming van deelname, informed consent in 2-voud laten tekenen (bijlage)
- Proefpersoon wordt gevraagd om kleding uit te doen, dit geldt voor zowel voor de boven- als onder kleding

INVOEREN GEGEVENS

Voor het meten met de VICON wordt er gebruik gemaakt van de Full body module in het softwareprogramma 'Nexus'. Om een digitaal 3D-model (figuur 1), op te kunnen bouwen zijn naast de reeds aangebracht reflecterende markers de volgende gegevens nodig;

- Lengte
 - Gewicht
 - voor beider zijde op te meten, zoals aangegeven in het VICON protocol en weergegeven in afbeelding 2;
- | | |
|-------------------|--------------------|
| - Been lengte | - Elleboog breedte |
| - Knie breedte | - Plos breedte |
| - Enkel breedte | - Hand dikte |
| - Schouder offset | |

Afbeelding 1; Het 3D model zoals weergegeven in de VICON na correcte kalibratie. Afbeelding 2; Uitleg op te meten punten.



VICON	
Plug-In Gait Subject Measurements	
Name	Description
Ankle Width	The medio-lateral distance across the malleoli. Measure with patient standing if possible.
ASIS-Trochanter distance*	The vertical distance, in the sagittal plane, between the ASIS and greater trochanter when the patient is lying supine. Measure this distance with the femur rotated such that the greater trochanter is positioned as lateral as possible.
Inter-ASIS distance*	The distance between LASI and RASO markers. This measurement is only needed when the markers cannot be placed directly on the ASIS, for example in obese patients.
Knee Width	The medio-lateral width of the knee across the line of the knee axis. Measure with patient standing if possible.
Leg Length	Full leg length, measures between the ASIS marker and the medial malleolus, via the knee joint. Measure with patient standing, if possible. If the patient is standing in the crouch position, this measurement is NOT the shortest distance between the ASIS and medial malleoli, but rather the measure of the skeletal leg length.
Sole Thickness Delta#	The difference in the thickness of the sole at the toe and the heel. A positive sole delta indicates that the patient's heel is raised compared with the toe.
Tibia Torsion*	The angle between the knee flexion and the ankle dorsi-plantar axes. The ankle is usually externally rotated with respect to the knee flexion axis. If you are using a KAD this is calculated automatically.
Elbow Width	Width of the elbow along the flexion axis (roughly between the medial and lateral epicondyles of the humerus).
Hand Thickness	Thickness between the dorsum and palmar surfaces of the hand.
Shoulder Offset	Vertical offset from the base of the acromion marker to shoulder joint center at the marker position.
Wrist Width	Distance between the head of the ulna and the styloid process of the radius.



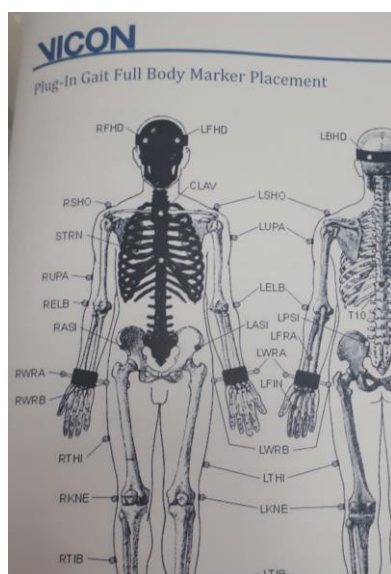
VICON MARKERS PLAATSEN

- Nadat alle gegevens zijn ingevoerd worden op de aangegeven plaatsen, (afbeelding 2 en 3) de reflecterende markers geplakt. Dit zijn in totaliteit 39 markers.
- In het kader van blinding verlaat onderzoeker 2 de ruimte.
- Als laatst wordt de hoofdband geplaatst, op deze hoofdband zijn 4 reflecterende markers bevestigd (afbeelding 4).

Afbeelding 3; plaatsing van de smartphone en houder.



Afbeelding 4; plaatsing van de markers.



Afbeelding 5; uitleg voor het plakken van de markers.

VICON Plug-In Gait Full Body Marker Placement		
Marker Label	Definition	Position
SACR	Sacral	On the skin mid-way between the posterior superior iliac spines (PSI) and positioned to lie in the plane formed by the ASIS and PSI points.
LASI	Left ASIS	Left anterior superior iliac spine
RASI	Right ASIS	Right anterior superior iliac spine
LPSI	Left PSI	Left posterior superior iliac spine (immediately below the sacro-iliac joints, at the point where the spine joins the pelvis) This marker is used with the RPSI marker as an alternative to the single SACR marker
RPSI	Right PSI	Right posterior superior iliac spine (immediately below the sacro-iliac joints, at the point where the spine joins the pelvis) This marker is used with the LPSI marker as an alternative to the single SACR marker
LTHI	Left thigh	Over the lower lateral 1/3 surface of the left thigh in line with the hip and knee joint centers
LKNE	Left knee	On the flexion-extension axis of the left knee
LTIB	Left tibia	Over the lower 1/3 surface of the left shank
LANK	Left ankle	On the lateral malleolus along an imaginary line that passes through the transmalleolar axis
LHEE	Left heel	On the calcaneus at the same height above the plantar surface of the foot as the toe marker
LTOE	Left toe	Over the second metatarsal head, on the midfoot side of the equinus break between forefoot and mid-foot
RTHI	Right thigh	Over the lower lateral 1/3 surface of the right thigh in line with the hip and knee joint centers
RKNE	Right knee	On the flexion-extension axis of the right knee
RTIB	Right tibia	Over the lower 1/3 surface of the right shank
RANK	Right ankle	On the lateral malleolus along an imaginary line that passes through the transmalleolar axis
RHEE	Right heel	On the calcaneus at the same height above the plantar surface of the foot as the toe marker
RTOE	Right toe	Over the second metatarsal head, on the midfoot side of the equinus break between forefoot and mid-foot



KALIBRATIE

- De proefpersoon wordt verzocht op de krachtplaat te gaan staan met, zie afbeelding 4;
 - Hoofd recht
 - Rug recht
 - Armen in 90 graden abductie
 - Ellebogen in 90 graden flexie
 - Handpalmen naar beneden gericht
 - Benen op heupbreedte

Afbeelding 6; Uitgangshouding van de proefpersoon voor kalibratie.



- Onderzoeker 3 klikt in het systeem op 'capture subject' en laat deze 2 seconde aan, zie protocol VICON in de bijlage → kopje persoon in VICON kalibreren
- Als de kalibratie goed is gegaan is het 3D model van de proefpersoon opgebouwd, zie figuur 3. Controleer of alle assen aanwezig zijn, deze zijn afgebeeld als 'stokjes' op de gewrichten



KALIBREREN APP

- Plaats de kruk waarop de proefpersoon moet zitten gedurende de metingen op de krachtplaat zoals gemarkeerd, zie figuur 5, en nodig de proefpersoon uit te komen zitten

Afbeelding 7; Plaatsing kruk.



Afbeelding 8; Markering voor 'richtpunt'.



- Als de proefpersoon zit start dan de app op, deze zal aangeven dat er gekalibreerd moet worden
- Geef de proefpersoon de instructie om rechtop te gaan zitten, recht vooruit te kijken (bijv. naar de camera, zie figuur 6) en niet te bewegen totdat hij/zij het piepsignaal van de applicatie heeft gehoord. Na het klinken van het piepsignaal is de app gekalibreerd en kan er gestart worden met de metingen

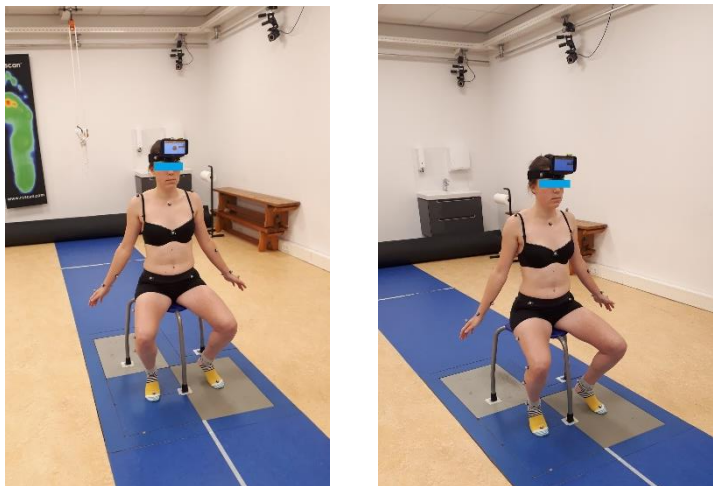
MEETPROTOCOL 1 (Validiteit)

Onderzoeker 1;

- Geef de proefpersoon de instructie dat hij/zij de armen licht geabduceerd (ongeveer 45 graden) gedurende de meting, dit is nodig voor de VICON zodat alle markeringen zichtbaar zijn. Tussen de bewegingen door mag hij/zij de armen laten rusten. Daarnaast geef je aan dat hij/zij bij elke beweging rechtop moet zitten; rechte rug en recht vooruit kijken, zie afbeelding 7.



Afbeelding 9: uitgangshouding proefpersoon bij elke beweging.



- Geef aan dat de metingen worden gestart, proefpersoon geeft bovenstaande 'rechte' houding aan en leg voor elke meting uit welke beweging van de proefpersoon verwacht wordt
- Volgorde van bewegen volgens de app;
 - Flexie
 - Extensie
 - Lateroflexie links
 - Lateroflexie rechts
 - Rotatie links
 - Rotatie rechts
- Bij het starten van de meting met de app wordt gelijktijdig gemeten met de Vicon voor het beoordelen van de validiteit. Onderzoeker 3 bedient de Vicon
- Nadat de onderzoeker 1 op 'start' heeft gedrukt bij de app start onderzoeker 3 de Vicon en onderzoeker 1 gaat uit beeld van de Vicon staan. Dit in verband met de reflecterende markers, als onderzoeker 1 in beeld blijft staan kunnen er markers wegvallen waardoor de meting onbruikbaar kan zijn
- Na het klinken van de dubbele 'blijf' van de app stopt de meting en wordt de Vicon ook gestopt, dit wordt bij elke beweging herhaalt.
- De onderzoeker 1/2 noteert de resultaten van de app en klikt door naar de volgende beweging
- Na alle bewegingen neemt onderzoeker 1 de hoofdband af
- Na een korte pauze (afhankelijk van behoefte van de proefpersoon) wordt de hoofdband teruggeplaatst voor Meetprotocol 2.



MEETPROTOCOL 2 (Betrouwbaarheid)

- Bij Meetprotocol 2 wordt de Vicon buiten beschouwing gelaten en wordt er dus alleen met de app gemeten. Dit protocol is bedoeld voor het beoordelen van de intra- en interbeoordelaarsbetrouwbaarheid
- Onderzoeker 3 leest hierbij de resultaten af, onderzoeker 1 voert de handelingen uit op de app. De resultaten op de app zijn afgeschermd zodat onderzoeker 1 geblindeerd is.
- Wederom na het uitvoeren van alle bewegingen wordt de hoofdband afgenomen

WISSELING

- Onderzoeker 1 is klaar met de meetprotocollen en verlaat de ruimte
- Onderzoeker 2 komt de ruimte binnen en start zijn/haar meetprotocollen
- Het protocol wordt doorlopen vanaf 'smartphone plaatsen + kalibreren app'.

ONS ONDERZOEK

Onderzoeker 1 = Lisa

Onderzoeker 2 = Natalie

Onderzoeker 3 = Bernadette

BRON

Online afbeelding. Geraadpleegd op 13 september 2018, van

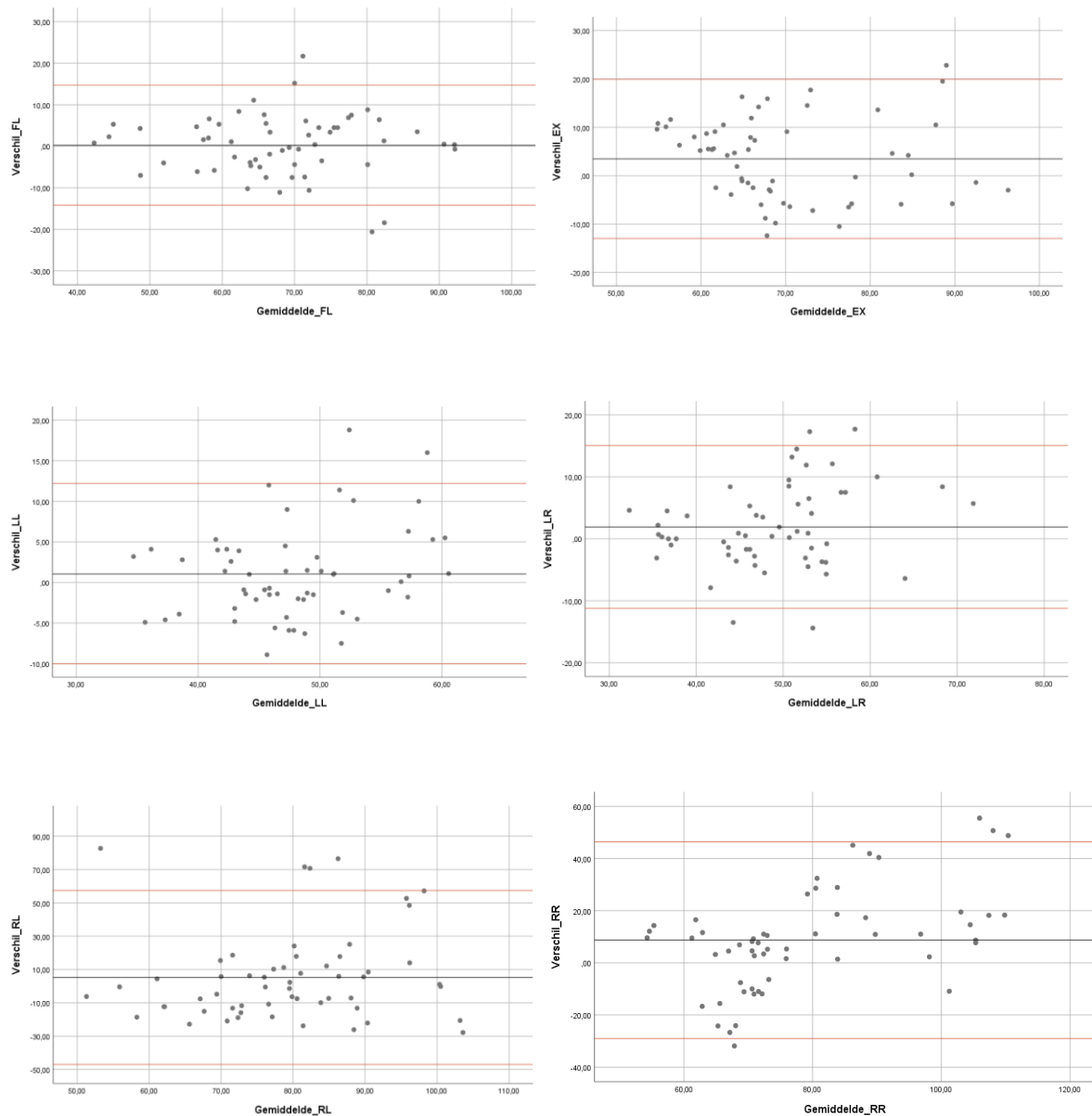
http://breakingmuscle.com/sites/default/files/imagecache/full_width/images/headline/20130806/s_hutterstock130094810.jpg



Bijlage 2: Bland-Altman plots betrouwbaarheid

OZ 1 Intrabeoordelaars betrouwbaarheid

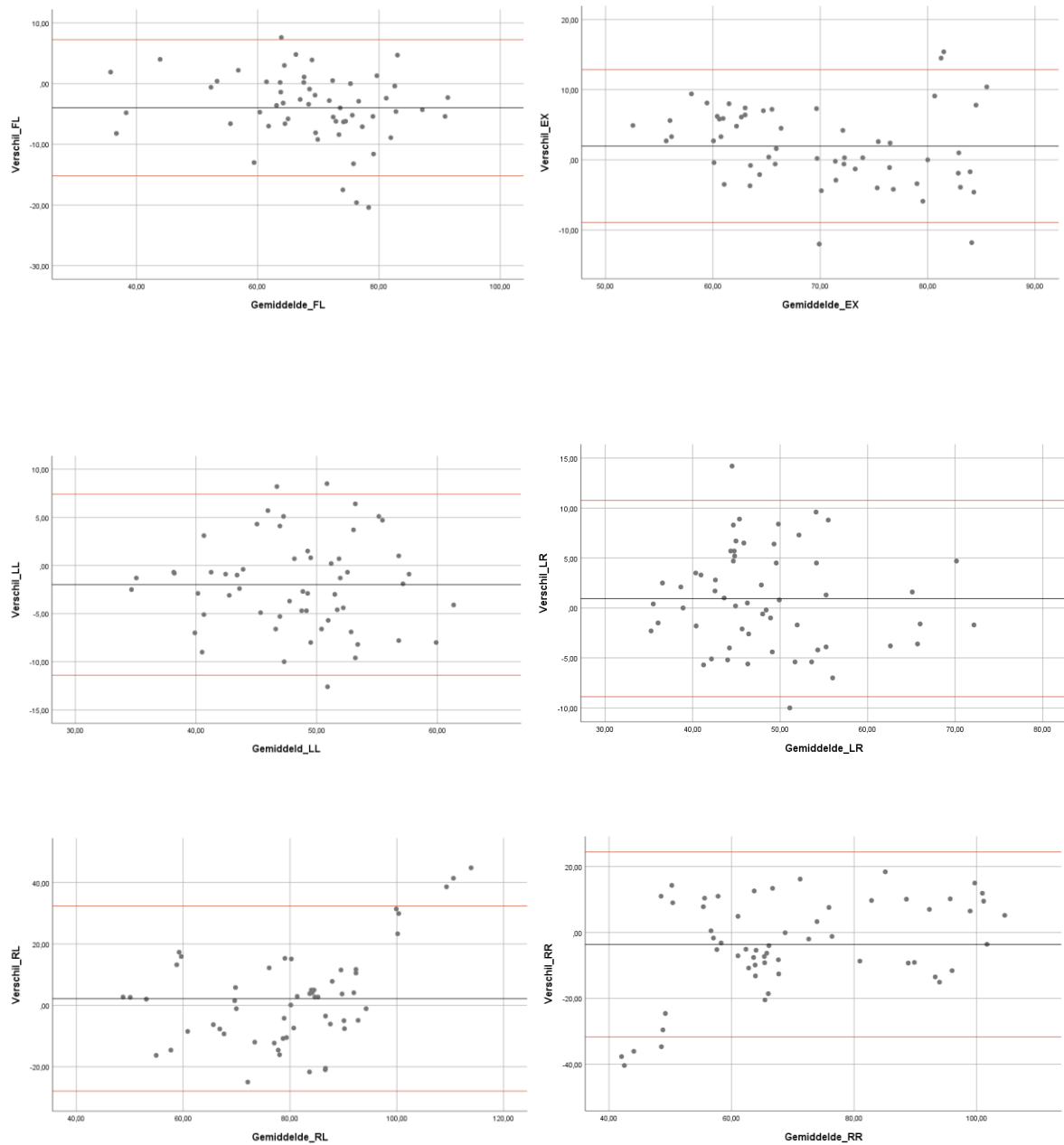
Afbeelding 1; Intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid van de Range of Monitor bij Onderzoeker 1.





O2 Intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid

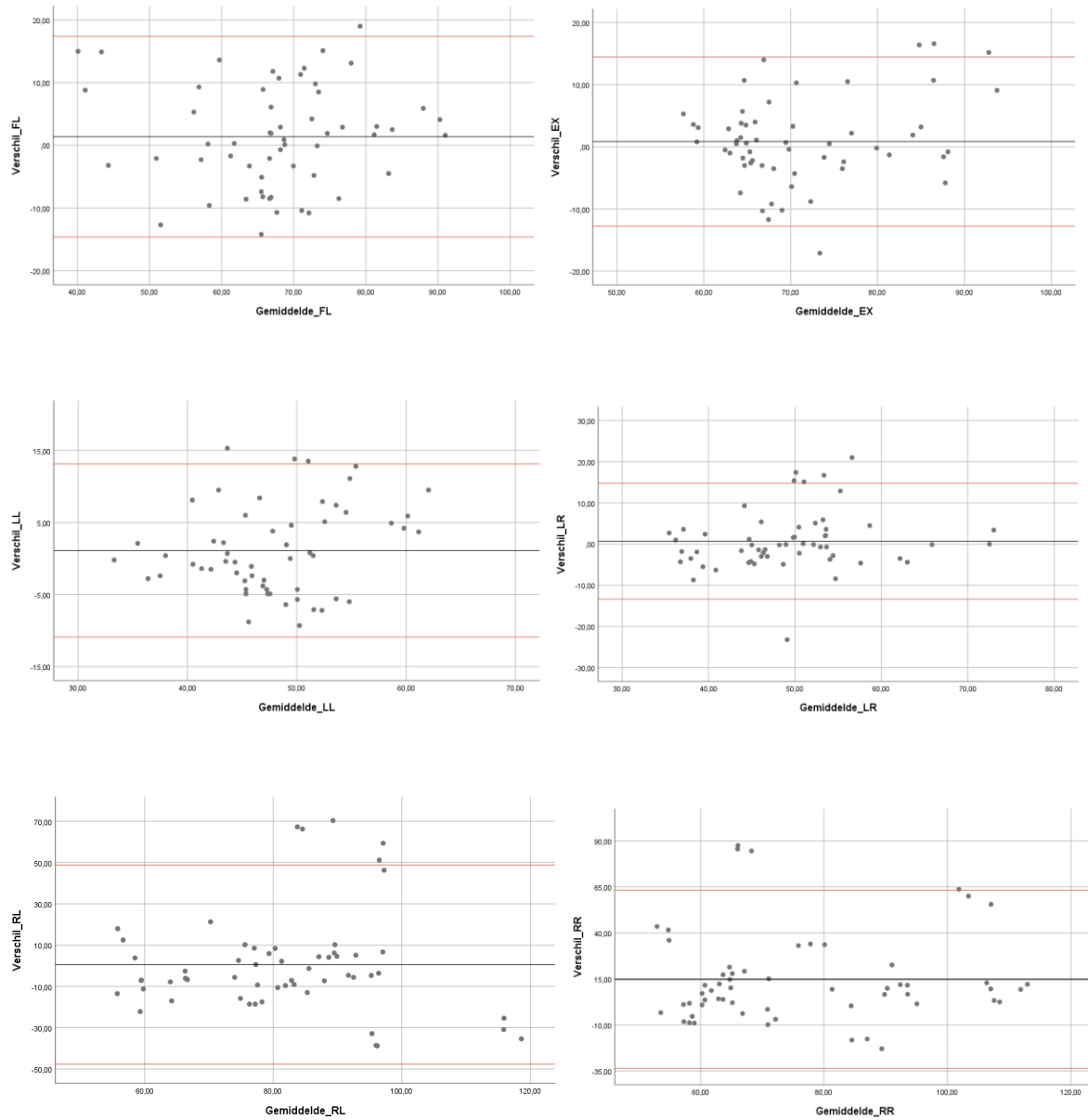
Afbeelding 2; Intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid van de Range of Monitor bij Onderzoeker 2.





Interbeoordelaarsbetrouwbaarheid

Afbeelding 3; Interbeoordelaarsbetrouwbaarheid van de Range of Monitor.





Bijlage 3; Validiteit Matlab

Tabel 1: validiteit tussen Matlab en de Range of Monitor.

	Mat N	Mean Matlab (SD)	Mean App (SD)	ICC	95% Confidence Interval	P-value
FL	86	60,4 (9,5)	67,6 (11,8)	0,683	-0,072 - 0,895	<0,001
EX	83	65,5 (6,9)	71,2 (9,8)	0,524	0,072 - 0,750	<0,001
LL	86	44,2 (6,4)	47,9 (7,1)	0,749	0,013 - 0,913	<0,001
LR	90	45,6 (8,2)	49,3 (9,0)	0,855	0,516 - 0,938	<0,001
RL	91	78,4 (8,1)	81,6 (19,3)	0,196	-0,010 - 0,386	0,031
RR	88	76,2 (8,6)	76,1 (23,0)	0,221	0,012 - 0,412	0,019

Tabel 2; Overeenstemming tussen Matlab en Vicon

	Mat N	Mean Matlab (SD)	Vicon N	Mean Vicon (SD)	ICC (N)	95% Confidence Interval	P-value
FL	86	60,4 (9,5)	73	44,5 (9,4)	0,281 (70)	-0,70 - 0,636	<0,001
EX	83	65,5 (6,9)	30	78,1 (8,2)	-0,117 (30)	-0,354 - 0,184	0,814
LL	86	44,2 (6,4)	83	39,3 (7,9)	0,517(79)	0,152 - 0,722	<0,001
LR	90	45,6 (8,2)	86	38,5 (7,7)	0,361(85)	-0,009 - 0,611	<0,001
RL	91	78,4 (8,1)	86	69,8 (6,3)	0,445(83)	-0,097 - 0,747	<0,001
RR	88	76,2 (8,6)	85	71,5 (7,3)	0,600(81)	0,181 - 0,792	<0,001



Validiteit Matlab

Afbeelding 1; Bland-Altman plots, verschil tussen Matlab en de Range of Monitor

