

2016•2017
FACULTEIT GENEESKUNDE EN LEVENSWETENSCHAPPEN
*master in de revalidatiewetenschappen en de
kinesitherapie*

Masterproef

De betrouwbaarheid van het meten van de range of motion in het scapulothoracale, het glenohumerale en het ellebooggewricht met behulp van inertieële sensoren bij personen met een frozen shoulder.

Promotor :
Prof. dr. Annick TIMMERMANS

Copromotor :
dr. Liesbet DE BAETS

Robin Janssen , Ulrike Roosen

*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de revalidatiewetenschappen
en de kinesitherapie*

2016•2017

FACULTEIT GENEESKUNDE EN LEVENSWETENSCHAPPEN

*master in de revalidatiewetenschappen en de
kinesitherapie*

Masterproef

De betrouwbaarheid van het meten van de range of motion in het scapulothoracale, het glenohumerale en het ellebooggewricht met behulp van inertiaële sensoren bij personen met een frozen shoulder.

Promotor :
Prof. dr. Annick TIMMERMANS

Copromotor :
dr. Liesbet DE BAETS

Robin Janssen , Ulrike Roosen

*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de revalidatiewetenschappen
en de kinesitherapie*

De betrouwbaarheid van het meten van de range of motion in het scapulothoracale, het glenohumerale en het ellebooggewricht met behulp van inertieële sensoren bij personen met een frozen shoulder.

Personen met een frozen shoulder hebben doorgaans last van bewegingsbeperkingen in het glenohumerale gewricht. Om dagelijkse activiteiten uit te kunnen voeren, gaan er bij deze personen vaak (mal)adaptieve bewegingen plaatsvinden in andere belangrijke gewrichten van het bovenste lidmaat, namelijk het scapulothoracale en het ellebooggewricht. Het correct in kaart brengen van deze compensatoire bewegingen kan belangrijke implicaties hebben op vlak van therapie en de vooruitgang hiervan.

Het doel van deze studie is om de betrouwbaarheid van het meten van de range of motion in het scapulothoracale, het glenohumerale en het ellebooggewricht met behulp van inertieële sensoren te onderzoeken bij personen met een frozen shoulder.

Wij zouden hierbij graag onze copromotor dr. Liesbet De Baets willen bedanken voor de goede begeleiding tijdens het uitvoeren van deze masterproef en voor de tijd die zij in het onderzoek heeft gestoken. Ook zouden we graag mevrouw Stefanie Vanbrabant bedanken om deel te nemen aan deze studie als tweede beoordelaar. We willen eveneens het Jessa Ziekenhuis en meer bepaald dr. Dierickx bedanken voor de hulp bij het rekruteren van de patiënten. Tenslotte willen we nog onze dank uitdrukken aan het REVAL te Diepenbeek om haar faciliteiten aan ons open te stellen voor het uitvoeren van de metingen.

Muisvenstraat 126 Meeuwen-Gruitrode, 26 juni 2017

R.J.

Nederstraat 95A Hoeselt, 26 juni 2017

U.R.

Situering

De context van deze masterproef is de musculoskeletale revalidatie, meer bepaald personen met een frozen shoulder. Deze patiënten ervaren bewegingsbeperkingen, pijnklachten en vermindering van functionaliteit. Om de kwaliteit van bewegen en evolutie na revalidatie bij deze personen te kunnen evalueren, is er een meetinstrument nodig. Een instrument dat de range of motion van de verschillende bewegingsrichtingen in de schoudergordel kan bepalen en dit tijdens een aantal analytische en functionele taken. De technologie gaat er snel op vooruit, waardoor er steeds nieuwere en betere meetinstrumenten op de markt komen. In dit onderzoek werd gekozen voor inertieële sensoren. Deze sensoren zijn klein en eenvoudig in gebruik, ze kunnen in verschillende opstellingen of ruimtes gebruikt worden en de data worden automatisch opgeslagen. Daarom kan dit een goed alternatief zijn voor andere meetsystemen die vaak onverplaatsbaar, moeilijk te analyseren of tijdrovend zijn. Maar alvorens men een toestel kan gebruiken, moet aangetoond worden dat dit een betrouwbaar meetinstrument is.

Deze studie kadert in het onderzoek naar bewegingsbeperking bij personen met een frozen shoulder dat uitgevoerd wordt in het REVAL te Diepenbeek. Om dit onderzoek te kunnen uitvoeren moet er duidelijkheid zijn over de betrouwbaarheid van de gebruikte meetinstrumenten, daarom werd deze studie uitgevoerd. Indien er een positieve uitkomst is met betrekking tot de betrouwbaarheid van het gebruik van inertieële sensoren bij personen met een frozen shoulder, kunnen deze sensoren gebruikt worden in verder onderzoek naar de bewegingsbeperking bij deze patiënten.

Het onderzoeksdesign werd door onze copromotor dr. Liesbet De Baets bepaald, net zoals een deel van de methode, waarvan het meetsysteem, het aantal metingen en de onderzoekspopulatie. Wel hadden we inspraak in de verschillende taken die de patiënten zouden uitvoeren en de technische opstellingen van de taken. De rekrutering werd gedaan via het Jessa Ziekenhuis, de copromotor contacteerde hiervoor dr. Dierickx. De metingen vonden plaats in het REVAL te Diepenbeek. Deze werden door de copromotor uitgevoerd, dit omvatte het opplakken van de sensoren, het uitleggen van de taken en het bedienen van de laptop. Eén van de 3 metingen werd door een andere persoon uitgevoerd, dit om de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid te kunnen onderzoeken. De opstelling van de

verschillende taken werd door ons gedaan, dit aan de hand van de lichaamsmaten van de patiënt, zodat de opstelling voor elke patiënt evenredig werd opgesteld.

Inhoudsopgave

1. Abstract	7
2. Inleiding	8
3. Methode	10
3.1 Participanten	10
3.2 Instrumentatie en meetprotocol	10
3.2.1 Plaatsing sensoren	10
3.2.2 Meetprotocol	11
3.3 Uitkomstmaten	14
3.4 Data-analyse	15
3.5 Statistische analyse	15
4. Resultaten	16
5. Discussie	17
6. Referentielijst	20
7. Bijlagen	21

1. Abstract

Achtergrond: Een frozen shoulder is een erg invaliderende aandoening die gekenmerkt wordt door een synovitis van het glenohumerale gewricht en gepaard gaat met een bewegingsbeperking in dat gewricht. Door deze bewegingsbeperking gaan er vaak (mal)adaptieve bewegingen plaatsvinden in het scapulothoracale en het ellebooggewricht. Het is belangrijk dat deze compensatoire bewegingen in kaart gebracht kunnen worden, aangezien dit belangrijke implicaties kan hebben voor de opbouw van de behandeling.

Doelstellingen: Het meten van de betrouwbaarheid van inertieële sensoren (Xsens systeem) voor het meten van de range of motion (ROM) in het scapulothoracale, het glenohumerale en het ellebooggewricht bij personen met een frozen shoulder.

Participanten: 8 participanten, gediagnosticeerd met een frozen shoulder, werden geselecteerd voor deze studie.

Metingen: Het onderzoek bestond uit drie metingen, een meting op dag 1 en twee metingen op dag 2. Elke meting bestond uit het uitvoeren van 10 taken (functioneel en analytisch). Op dag 1 werd een meting uitgevoerd, begeleid door onderzoeker 1. Op dag 2 werden twee metingen uitgevoerd, één begeleid door onderzoeker 1 en één begeleid door onderzoeker 2. Op deze manier konden de within-/between-session betrouwbaarheid en de inter-/intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid gemeten worden.

Resultaten: Het aantal ICC waarden boven 0.80 voor within-session en between-session (intra-/interbeoordelaar) betrouwbaarheid werden opgeteld en zo werden de waarden van de drie verschillende gewrichten vergeleken. Voor het ellebooggewricht lagen 92% van de ICC waarden boven 0.80, in het scapulothoracale gewricht bevonden 88% van de ICC waarden zich boven 0.80 en in het glenohumerale gewricht waren 84% van de waarden groter dan 0.80.

Conclusie: Uit dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat inertieële sensoren een betrouwbaar meetinstrument zijn voor het meten van de ROM van het scapulothoracale, het glenohumerale en het ellebooggewricht bij personen met een frozen shoulder. Dit meetsysteem kan in de klinische praktijk gebruikt worden, aangezien het relatief goedkoop en makkelijk te gebruiken is.

2. Inleiding

Frozen shoulder is een erg invaliderende aandoening aan het glenohumerale gewricht. Walravens (2007) geeft aan dat de aandoening vooral gekenmerkt wordt door een synovitis van het glenohumerale gewricht, dewelke gevolgd wordt door een fibrosering van het gewrichtskapsel en dit zorgt voor een grote bewegingsbeperking.

Hand et al. (2007) ontdekte met zijn onderzoek dat frozen shoulder een aandoening is die het vaakst voorkomt in het zesde decennium van het leven. Het komt meer voor bij vrouwen dan bij mannen en heeft meestal een gradueel ontstaan (61%), maar het kan ook op een periode van 24 tot 48 uur ontstaan (39%). Walravens (2007) deelt de frozen shoulder in in twee groepen, nl. de primaire, idiopathische frozen shoulder en de secundaire, posttraumatische frozen shoulder. Bij de primaire, idiopathische frozen shoulder ligt er geen trauma aan de oorsprong van het ontstaan. Een secundaire frozen shoulder wordt daarentegen wel veroorzaakt door een trauma. Dit trauma kan verschillende vormen aannemen, bijvoorbeeld een operatie. Wat eerst een idiopathische frozen shoulder lijkt, wordt regelmatig toch nog gezien als een secundaire frozen shoulder. Na een grondige anamnese blijkt vaak dat er toch een (minimaal) trauma voorafgegaan is aan het ontstaan van de aandoening.

Een juist inzicht in de kinematica van de schouder, bij personen met een frozen shoulder, kan belangrijke implicaties hebben voor de behandeling hiervan. Dit omdat er door de bewegingsbeperkingen in het glenohumerale gewricht waarschijnlijk compensatoire bewegingen plaatsvinden in het scapulothoracale en het ellebooggewricht, dewelke op termijn klachten zouden kunnen veroorzaken (bijvoorbeeld myalgie van de upper trapezius). Vandaar is het belangrijk om eveneens de (mal)adaptieve bewegingen van de andere gewrichten van het bovenste lidmaat in kaart te brengen. Indien de kinesitherapeut een goed zicht heeft op de kinematica van de belangrijkste gewrichten van het bovenste lidmaat kan deze zijn behandeling hierop afstemmen en kan deze de vooruitgang van de aandoening meten.

Een manier om de kinematica van de schouder in kaart te brengen is met behulp van inertieële sensoren. Deze sensoren bestaan uit magnetometers, accelerometers en gyroscopen. De verschillende sensoren gaan de afstanden en hoeken ten opzichte van elkaar meten en op die manier wordt een overzicht van de verschillende bewegingen van het bovenste lidmaat verkregen.

In deze studie wordt er gemeten met het Xsens systeem, dit zijn eveneens inertieële sensoren. Dit meetinstrument maakt het mogelijk om de bewegingen van de belangrijkste gewrichten van het bovenste lidmaat in kaart te brengen. Tevens is het een gemakkelijk te gebruiken en relatief goedkoop meetinstrument.

Er is nog geen onderzoek gevoerd naar de betrouwbaarheid van het Xsens systeem bij personen met een frozen shoulder. Wel is er onderzoek uitgevoerd naar de betrouwbaarheid van dit systeem voor het meten van de scapulaire kinematica bij personen zonder aandoening aan de schouder. Van den Noort et al. (2014) ontdekte dat er een hoge intra- en interbeoordelaarsbetrouwbaarheid was voor dit systeem. Dit was vooral van toepassing op het scapulaire gewricht, nl. retractie/protractie (ICC 0.65-0.85) en mediale/laterale rotatie (ICC 0.56-0.91). Een lage betrouwbaarheid werd gevonden voor anterieure/posterieure tilt van de scapula (ICC <40). Voorts werd in bovenstaande studies enkel de betrouwbaarheid van analytische taken gemeten.

Het doel van deze studie is het meten van de intra- en interbeoordelaarsbetrouwbaarheid van het Xsens systeem bij frozen shoulder patiënten. Dit wordt gedaan door de ROM van het scapulothoracale, het glenohumerale en het ellebooggewricht te meten tijdens het uitvoeren van functionele en analytische taken. De hypothese is dat het Xsens systeem betrouwbaar is voor het meten van de ROM bij personen met een frozen shoulder tijdens het uitvoeren van functionele en analytische taken.

3. Methode

3.1 Participanten

Acht participanten (3 mannen, 5 vrouwen) met een gemiddelde leeftijd van 51.6 jaar (gaande van 45 tot 61 jaar) namen vrijwillig deel aan dit onderzoek. Deze personen werden gerekruteerd via het Jessa Ziekenhuis te Hasselt en waren allemaal gediagnosticeerd met een frozen shoulder (6 links, 2 rechts).

Frozen shoulder patiënten werden geïnccludeerd indien de volgende elementen aanwezig zijn/waren bij de aanvang van de aandoening:

- Gelimiteerde ROM bij glenohumerale abductie en externe rotatie, waarbij de passieve externe rotatie ROM minder dan 30% is van de niet-aangedane zijde
- Langzaam progressief beloop van toenemende pijn en/of stijfheid
- Klachten die reeds 2 maanden of langer aanwezig zijn en de neiging hebben om erger te worden

Patiënten werden geëxcludeerd indien:

- Bilaterale frozen shoulder aanwezig
- Posttraumatische of postoperatieve frozen shoulder

De gemiddelde tijd sinds de diagnose van frozen shoulder bedroeg 4.1 maanden (reikend van 2 tot 12 maanden). De descriptieve data van de patiënten staan beschreven in tabel 1, deze vindt u in de bijlagen. De studie werd goedgekeurd door de ethische commissie van de Universiteit Hasselt. Alle deelnemers vulden een informed consent in.

3.2 Instrumentatie en meetprotocol

3.2.1 Plaatsing sensoren

De metingen werden verricht met het Xsens systeem. Dit zijn inertiaële sensoren die bestaan uit accelerometers, gyroscopen en magnetometers. Deze sensoren meten de onderlinge afstand en hoeken ten opzichte van elkaar en zo krijgen we een beeld van de bewegingsgraden.

De sensoren werden geplaatst op het dorsale gedeelte van de pols, de anterolaterale zijde van de bovenarm (onder de spierbuik van de m. deltoïdeus), het laterale 1/3 van de spina scapulae, de spina iliaca posterior superior, net onder het manubrium sterni en tenslotte werd er nog een sensor op het voorhoofd bevestigd door middel van een hoofdband.

Om storingen van de sensoren te voorkomen werd gevraagd aan de deelnemers om zich te ontdoen van alle sieraden en andere metalen.

Vooraleer de meting begon werd een kalibratie van de sensoren uitgevoerd, deze gebeurde in stand met voeten op heupbreedte en met de armen gestrekt naast het lichaam.

Voor 2 metingen werden de sensoren door dezelfde beoordelaar geplaatst. Om de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid optimaal te kunnen berekenen werden voor de derde meting de sensoren door de tweede beoordelaar geplaatst.

3.2.2 Meetprotocol

Het onderzoek bestond uit 3 metingen en tijdens iedere meting werden 10 taken uitgevoerd. Elke taak werd op de habituele manier uitgevoerd, dit wil zeggen dat de proefpersonen de taak uitvoerden zoals zij deze gewoon waren. Voorafgaand aan iedere taak werd deze uitgelegd en voorgedaan op de correcte neutrale manier (zoals de beweging zou moeten gebeuren). Wanneer dit gebeurd was ging de echte opname van start. Elke taak werd 5 keer uitgevoerd. De laatste 4 herhalingen werden geanalyseerd voor de within-session betrouwbaarheid. Op de tweede testdag werden alle proefpersonen nog eens gemeten voor de between-session betrouwbaarheid, eenmaal door dezelfde onderzoeker voor de intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid en eenmaal door een tweede onderzoeker voor de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid.

De drie metingen werden op twee verschillende dagen uitgevoerd, met minimum 2 dagen en maximum 7 dagen tussen de twee meetmomenten. Tijdens het eerste meetmoment werd meting 1 uitgevoerd en op de tweede dag werden meting 2 en 3 uitgevoerd.

De tien taken werden tijdens iedere meting in dezelfde volgorde uitgevoerd. De

respectievelijke taken waren:

1. Functionele externe rotatie met abductie

Deze taak startte met de proefpersoon in stand, voeten op heupbreedte en de armen naast het lichaam. In de te testen hand hield de proefpersoon een kam. De deelnemer werd dan gevraagd om de beweging van het kammen van het haar na te bootsen. De beweging stopt wanneer de kam ter hoogte van het achterhoofd is, met de handpalm gericht naar het occiput. De persoon werd gevraagd om de eindpositie voor 2 seconden aan te houden, om daarna terug te keren naar de beginpositie.

2. Functionele externe rotatie zonder abductie

De taak startte met de proefpersoon in zittende positie, voeten op heupbreedte, knieën in een hoek van 90° en de handen op de bovenbenen. Een lint werd aan de muur bevestigd op een vaste afstand (die berekend werd ten opzichte van de breedte van de schouders) van de deelnemer. Een stukje tape werd hierop geplakt op ooghoogte. De proefpersoon werd gevraagd het stukje tape vast te nemen met de hand aan de zijde van het lint en deze eindpositie voor 2 seconden aan te houden vooraleer terug te keren naar de beginpositie.

3. Functionele interne rotatie met adductie

De proefpersoon startte in stand met de voeten op heupbreedte en de armen naast het lichaam. De persoon werd vervolgens gevraagd om de sensor bevestigd op de spina iliaca posterior superior aan te raken met de dorsale zijde van het tweede metacarpophalangeale gewricht. De eindpositie werd 2 seconden aangehouden voor het terugkeren naar de beginpositie.

4. Functionele horizontale adductie

De proefpersoon startte in een zittende positie zonder ondersteuning van de rug, voeten op heupbreedte, knieën in een hoek van 90° en de handen op de bovenbenen. Een stukje tape werd bevestigd op de laterale zijde van de arm, net onder de acromiale rand. De proefpersoon werd gevraagd dit punt aan te raken met de palmaire zijde van de indexvinger. Na de eindpositie 2 seconden te hebben aangehouden keerde de deelnemer terug naar de beginpositie.

5. Volledige abductie in het frontale vlak

De taak ging van start met de proefpersoon in stand met de voeten op heupbreedte en armen naast het lichaam. De deelnemer werd gevraagd om een volledige abductie

in het frontale vlak uit te voeren en de eindpositie voor 2 seconden aan te houden vooraleer terug te keren naar de beginpositie.

6. Volledige anteflexie in het sagittale vlak

De taak startte met de proefpersoon in stand met de voeten op heupbreedte en armen naast het lichaam. De deelnemer werd gevraagd om een volledige anteflexie in het sagittale vlak uit te voeren en de eindpositie voor 2 seconden aan te houden vooraleer terug te keren naar de beginpositie.

7. Volledige externe rotatie in 0° abductie

De proefpersoon startte in staande positie met de voeten op heupbreedte, armen naast het lichaam en de elleboog in een hoek van 90°. De deelnemer werd vervolgens gevraagd om een volledige externe rotatie uit te voeren terwijl de elleboog tegen het lichaam bleef. De eindpositie werd 2 seconden aangehouden en daarna werd er teruggekeerd naar de beginpositie.

8. Functionele anteflexie boven 90°

Deze taak startte met de proefpersoon in staande positie, voeten op heupbreedte en de armen naast het lichaam. De deelnemer hield een kleine bokaal in de te testen hand. De persoon werd gevraagd om de bokaal op een doos neer te zetten (de doos representeert de plank van een kast). De eindpositie werd 2 seconden aangehouden vooraleer terug te keren naar de beginpositie. De hoogte van de doos en de afstand van de proefpersoon tot de doos werd aangepast aan respectievelijk de lengte van de deelnemer (op 93% van de lengte van de deelnemer) en de armlengte (afstand van het acromion tot de basis van de derde metacarpaal, afstand op 115% van de armlengte).

9. Abductie in het scapulaire vlak

De proefpersoon startte in zittende positie zonder ondersteuning van de rug, voeten op heupbreedte, knieën in een hoek van 90° en de handen op de bovenbenen. De proefpersoon hield in de te testen hand een ring vast. De deelnemer werd gevraagd om de ring op de hoek van een doos neer te leggen, deze plaats bevond zich op 30° voor het coronaire vlak en op ooghoogte (vastgelegd in rechtop zittende positie). De afstand van het middelpunt van de stoel tot de doos was 70% van de armlengte opgeteld met de helft van de afstand tussen beide acromiale hoeken. De proefpersoon hield de arm voor 2 seconden op het eindpunt en keerde dan terug

naar de startpositie.

10. Volledige abductie in het scapulaire vlak

De taak startte met de proefpersoon in stand met de voeten op heupbreedte en de armen naast het lichaam. De deelnemer werd gevraagd om een volledige abductie in het scapulaire vlak uit te voeren en de eindpositie voor 2 seconden aan te houden vooraleer terug te keren naar de beginpositie.

3.3 Uitkomstmaten

De uitkomstmaten die onderzocht werden waren de intraclass correlation coëfficiënt (ICC), standard error of measurement (SEM) en minimal clinically important difference (MCID).

De ICC werd gebruikt om de betrouwbaarheid te meten. De ICC kan worden beschreven als de grootte van de ware variantie ten opzichte van de totale variantie. De discrepantie tussen metingen kan een gevolg zijn van ware verschillen (tussen de metingen of binnen de metingen) of van ruis (verschillen die voorkomen door fouten in het meetinstrument of door de taakopstelling). Bij een perfect meetinstrument zouden de verschillen 'echt' zijn en zou de ICC 1 zijn. Bij een zeer slecht ontworpen meetinstrument zijn alle verschillen er door toedoen van ruis en bedraagt de ICC 0. Dus hoe groter de ICC is, hoe minder variatie er veroorzaakt is door de methode van beoordeling en bijgevolg ook hoe beter de overeenkomst tussen beoordelingen. Voor deze studie wil dit zeggen dat er met de ICC onderzoek werd gedaan naar een correlatie tussen de verschillende uitvoeringen van een taak binnen één meting (within-session), tussen 2 metingen (between-session, intrabeoordelaar) en tussen verschillende beoordelaars (between-session, interbeoordelaar).

Om de precisie van de metingen te evalueren werden de SEM en MCID gecalculerd. Deze zijn beide maten voor de overeenkomst.

SEM beschrijft de within-subject variabiliteit over de herhaalde taken heen. Deze variabiliteit kan te wijten zijn aan verschillen in uitvoering van de deelnemer, maar ook door bijvoorbeeld fouten van het meetinstrument. SEM werd gecalculerd met de volgende formule (Wagner et al., 2008):

$$SEM = SD_x \times \sqrt{1-R_x}$$

Met SD_x als standaard deviatie voor alle observaties van de metingen en R_x als de ICC.

MCID is de grootte van de verandering die nodig is om de SEM te overschrijden.

MCID werd berekend met de volgende formule (Wagner et al., 2008):

$$\text{MCID} = \text{SEM} \times 1.96 \times \sqrt{2}$$

Met 1.96 als de 2-zijdige z-waarde voor 95% BI en $\sqrt{2}$ stelt de variantie van 2 metingen voor.

3.4 Data-analyse

Voor iedere proefpersoon verkregen we data van de bewegingshoeken per gewricht, taak en herhaling. Dit voor iedere meting. Enkel de laatste 4 herhalingen van iedere taak werden gebruikt voor de data-analyse.

Tijdens de data-analyse werd per meting voor iedere taak, elke herhaling en elk gewricht de starthoek en het eindpunt (point of task achievement, PTA) van de beweging gedestilleerd uit de verkregen data. Om de totale ROM van de beweging te verkrijgen werd de hoek van het eindpunt afgetrokken van de starthoek. Van elke taak werd per gewricht en bewegingsrichting het gemiddelde van de vier herhalingen berekend. Deze bewerkingen werden manueel verricht in Microsoft Excel 2010.

Voor elke taak en herhaling werd de beweging in het glenohumerale gewricht, het scapulothoracale gewricht en de elleboog gemeten.

Voor het glenohumerale gewricht werd abductie/adductie, endo-/exorotatie en flexie/extensie gemeten. Voor het scapulothoracale gewricht werd opwaartse/neerwaartse rotatie, pro-/retractie en posterior/anterior tilt gemeten. De bewegingen die in de elleboog gemeten werden waren pro-/supinatie en flexie/extensie.

Voor er aan de statistische analyse begonnen werd, werden de data gecontroleerd op afwijkende waarden door technische fouten. Deze waarden werden verwijderd om onjuiste resultaten te vermijden.

3.5 Statistische analyse

Voor de within-session betrouwbaarheid werden de data van de 4 herhalingen per taak onderling vergeleken. Het gemiddelde van de 4 herhalingen per taak van een meting werd voor de between-session betrouwbaarheid vergeleken met het gemiddelde van de 4 herhalingen van een andere meting. Door het gemiddelde per

taak van de eerste meting te vergelijken met deze van de meting die uitgevoerd werd door de tweede beoordelaar, werd de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid berekend. Voor het berekenen van de intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid werd de between-session betrouwbaarheid van de eerste meting vergeleken met de tweede meting uitgevoerd door de eerste beoordelaar.

De statistische analyse werd uitgevoerd met het computerprogramma SPSS.

4. Resultaten

Om de resultatensectie overzichtelijk te houden, wordt enkel de ROM van de primaire richtingen per taak beschreven, zie tabel 2. Alle ICC waarden per taak en bewegingsrichting zijn te vinden in tabel 3 en 4. De SEM en MCID waarden zijn terug te vinden in tabel 5 en 6. De ICC, SEM en MCID waarden zijn telkens opgesplitst in twee tabellen, een voor de functionele taken en een voor de analytische taken.

Alle within-session ICC waarden waren groter dan 0.80 voor alle gewrichten, met uitzondering van posterior-anterior tilt in de scapula bij taak 3. Bij de between-session ICC waarden bevonden zich meer waarden onder 0.80. Bij de between-session (intrabeoordelaar) ICC waarden bevonden alle waarden zich boven 0.80, met uitzondering van zeven waarden, bij de drie richtingen van de scapula en de drie richtingen van de schouder, dit tijdens taak 2, 3, 4, 8 en 10. Ook alle between-session (interbeoordelaar) ICC waarden waren hoger dan 0.80, met uitzondering van elf waarden, bij de drie richtingen van de scapula, de drie richtingen van de schouder en flexie/extensie in de elleboog, dit tijdens taak 1, 2, 3, 4 en 6.

Het aantal ICC waarden hoger dan 0.80 voor within-session en between-session (intra- en interbeoordelaar) betrouwbaarheid werden opgeteld en zo werden de waarden van de drie verschillende gewrichten en vlakken vergeleken. In het ellebooggewricht lag 92% van de ICC waarden boven 0.80, in het scapulothoracale gewricht 88% van de ICC waarden en in het schoudergewricht 84%. Het transversale vlak scoorde het hoogst met 90% van de ICC waarden boven 0.80, tegenover 86% in zowel het sagittale als het frontale vlak.

5. Discussie

Het voornaamste doel van deze studie was het meten van de intra- en interbeoordelaarsbetrouwbaarheid van het Xsens systeem bij personen met een frozen shoulder.

De betrouwbaarheid werd nagegaan door middel van ICC waarden, gecombineerd met SEM en MCID waarden. De ICC geeft de verhouding weer tussen de ware variantie ten opzichte van de totale, gemeten variantie. Hoe groter de variantie in beoordeling, hoe lager de ICC waarde, hoe slechter de overeenstemming tussen de verschillende metingen. Een nadeel van deze ICC berekening is dat een lage variantie tussen de verschillende subjecten, ook een lage ICC waarde aangeeft. Dit wil zeggen dat de ICC afhankelijk is van de spreiding van de waarden tussen de 8 patiënten, hoe lager de ware variantie, hoe lager de ICC. Omwille van dit nadeel werd telkens de SEM en MCID vermeld naast de ICC, om zo een duidelijker beeld te scheppen over de mate van afwijking.

Uit de resultaten bleek dat taak 4 het vaakst ICC waarden onder 0.80 vertoont, dit wijst erop dat patiënten tijdens horizontale adductie het minst consequent bewegen of dat de meting niet betrouwbaar is bij deze taak. Ook bij taak 3 waren er vaak waarden onder 0.80, vooral bij de scapulaire bewegingen, dit was eerder door een lage variantie in ROM tussen de subjecten. Deze lage variantie was er ook bij flexie/extensie in de elleboog tijdens taak 1 en bij posterior/anterior tilt van de scapula tijdens taak 6.

De within-session betrouwbaarheid is daarom heel hoog, want de enige waarde onder 0.80 was deze van taak 3 door de lage variantie. De between-session betrouwbaarheden zijn hoog, de intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid is iets groter dan de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid.

Het gegeven dat de within-session betrouwbaarheid groter is dan de between-session betrouwbaarheid, toont aan dat er methodologische varianties aanwezig zijn. De oorzaken van deze methodologische variabiliteit kunnen zijn: andere plaatsing van sensoren, andere instructies naar de patiënt, andere proefopstelling,...

De SEM en MCID waren (percentueel vergeleken met de ROM) het grootst bij de scapulaire bewegingen, endorotatie/exorotatie in de schouder en pronatie/supinatie in de elleboog. Bij de scapulaire bewegingen is dit te verklaren door de beperkte ROM, waardoor de MCID vaak de ROM benadert. Endorotatie/exorotatie en pronatie/supinatie zijn beide bewegingen in de lengterichting van de bewegingsas, dit kan aangeven dat deze sensoren effectiever bewegingen in een vlak kunnen waarnemen dan bewegingen rond een as.

Van Andel et al. (2008) gebruikte een cluster van markers op het acromion bij een opto-elektronisch systeem om de scapulaire kinematica te meten. Ondanks het verschil van meetinstrument en protocol kunnen de resultaten van deze studie met onze studie vergeleken worden. Zo werd door Van Andel et al. (2008) de laagste betrouwbaarheid gevonden voor posterior/anterior tilt van de scapula (ICC 0.29-0.59). Ook in deze studie was de laagste betrouwbaarheid voor deze beweging (ICC 0.41-0.59). Dit was echter enkel het geval bij taak 3. Dit zou, zoals eerder vermeld, kunnen voorkomen door de lage variantie in ROM tussen de subjecten.

Van den Noort et al. (2014) gebruikte hetzelfde meetinstrument als deze studie om de scapulaire kinematica te meten. In dit onderzoek werd eveneens de laagste betrouwbaarheid gevonden voor posterior/anterior tilt van de scapula (ICC <40).

Van den Noort et al. (2014) vond voor alle scapulaire bewegingen een hogere SEM dan deze studie voor de bewegingen anteflexie en abductie. Dit wijst op een betere overeenkomst tussen onze resultaten.

Een limitatie van deze studie is dat de statistische power laag zou kunnen liggen door het lage aantal deelnemers.

Verder hebben de onderzoekers steeds getracht de taken zo gestandaardiseerd mogelijk te laten verlopen. Er is echter steeds de mogelijkheid dat een taak verschillend uitgevoerd werd tijdens een meting ten opzichte van een andere meting. Dit zou te wijten kunnen zijn aan de proefopstelling. Voor iedere meting werden de afstanden namelijk opnieuw afgemeten en vastgelegd, hier zou een fout in geslopen kunnen zijn.

De data-analyse werd door 2 personen, ieder de helft, apart uitgevoerd. Hier is geen controle op eventuele fouten gebeurd door een gebrek aan tijd.

Ook het proces van de data-analyse zou nog verder verbeterd moeten worden. De data-analyse voor dit onderzoek is op een relatief primitieve manier moeten gebeuren, namelijk per herhaling en per gewricht apart de ROM berekenen in Microsoft Excel. Het zou veel gunstiger zijn indien er een programma ontwikkeld zou worden waarmee deze data onmiddellijk beschikbaar zouden zijn.

Verder zijn er een aantal data gewist doordat deze niet correct waren (tabel 7). Dit was te wijten aan technische fouten. Deze technische fouten zouden vermeden moeten kunnen worden in de toekomst om de volledigheid van de data te garanderen.

Een sterkte van de studie is dat er veel data beschikbaar zijn. Er zijn namelijk 3 metingen per deelnemer geweest, waarbij ze telkens 10 taken moesten uitvoeren die vijfmaal herhaald werden. Ook is het een pluspunt dat de within-session en between-session betrouwbaarheid werd gemeten, net zoals de intra- en interbeoordelaarsbetrouwbaarheid.

Een andere sterkte van de studie is dat de eerste beoordelaar geoefend was in het plaatsen van de sensoren en het gebruik van het systeem. Zij heeft de tweede beoordelaar dan ook naar behoren kunnen opleiden.

Door het feit dat tijdens het tweede meetmoment zowel meting 2 als meting 3 werden uitgevoerd zou er sprake kunnen zijn geweest van een invloed van de tweede meting op de derde meting. Deze kan zowel positief als negatief zijn, zo kan er een leereffect optreden, maar het zou eventueel ook mogelijk zijn dat er al vermoeidheid opgetreden was na de eerste meting. Om dit te voorkomen werd de volgorde van de beoordelaars afgewisseld. Zo deed de eerste beoordelaar soms de tweede meting en de tweede beoordelaar de derde meting en andersom.

Uit deze studie blijkt dat de within-/between-session en inter-/intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid zeer goed is. Dit wil zeggen dat het Xsens systeem gebruikt kan worden om de kinematica van de schouder en elleboog te meten bij patiënten met een frozen shoulder.

Dit meetinstrument zou dus ten opzichte van visuele observatie een betrouwbaar alternatief kunnen bieden in de klinische praktijk. Het kan bijgevolg gebruikt worden door specialisten of kinesitherapeuten om de vooruitgang van de patiënten met een frozen shoulder te meten.

6. Referentielijst

- Hand, C., Clipsham, K., Rees, J.L., Carr, A.J. (2007). Long-term outcome of frozen shoulder. *Journal Shoulder Elbow Surgery*, 17(2), 231-6.
- Jaspers, E., Feys, H., Bruyninckx, H., Cutti, A., Harlaar, J., Molenaers, G., Desloovere, K. (2011). The reliability of upper limb kinematics in children with hemiplegic Cerebral palsy. *Gait & Posture*.
- Van Andel, C., van Hutten, K., Eversdijk, M., Veeger, D., Harlaar, J. (2008). Recording scapular motion using an acromion marker cluster. *Gait & Posture*, 29, 123-128.
- Van den Noort, J., Wierstma, S., Hekman, K., Schönhuth, C., Dekker, J., Harlaar, J. (2014). Reliability and precision of 3D wireless measurement of scapular Kinematics. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 52, 921-931
- Wagner, J. M., Rhodes, J. A., & Patten, C. (2008). Reproducibility and minimal detectable change of three-dimensional kinematic analysis of reaching tasks in people with hemiparesis after stroke. *Phys Ther*, 88(5), 652-663.
- Walravens, C. (2007). De frozen shoulder. *Orthopedische casuïstiek*, Bohn Stafleu van Loghum, Houten.

7. Bijlagen

Tabel 1: Descriptieve data van de frozen shoulder patiënten

Tabel 2: Primaire richtingen per taak

Tabel 3: ICC waarden voor ROM van de functionele taken

Tabel 4: ICC waarden voor ROM van de analytische taken

Tabel 5: Gemiddelde, SEM en MCID voor ROM van de functionele taken

Tabel 6: Gemiddelde, SEM en MCID voor ROM van de analytische taken

Tabel 7: Verwijderde data

Tabel 1: Descriptieve data van de frozen shoulder patiënten

	Leeftijd	Geslacht	Aangedane zijde	Dominante zijde	Behandeling	Tijd sinds diagnose
FS 1	53	V	Links	Links	Kine + infiltratie	4 maanden
FS 2	55	V	Links	Rechts	Geen	2 maanden
FS 3	48	V	Rechts	Rechts	Kine	3 maanden
FS 4	54	V	Links	Rechts	Kine	3 maanden
FS 5	49	M	Links	Rechts	Kine + infiltratie	4 maanden
FS 6	48	V	Links	Rechts	Geen	3 maanden
FS 7	61	M	Links	Rechts	Infiltratie	2 maanden
FS 8	45	M	Rechts	Links	Kine	12 maanden

FS = Frozen shoulder patiënt

Tabel 2: Primaire richtingen per taak

	TAAK 1 EXO - ABD		TAAK 2 EXO		TAAK 3 ENDO - ADD		TAAK 4 HOR-ADD		TAAK 5 ABD (FRONTVLAK)		TAAK 6 ANTEFLEX		TAAK 7 EXO		TAAK 8 ANTEFLEX		TAAK 9 ABD		TAAK 10 ABD (SCAP VLAK)			
	F		F		F		F		A		A		A		F		F		F	A		
Scapula																						
opw-neeuw	X		X		X				X							X		X		X		
pro-retr	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
post-ant tilt	X		X		X				X		X		X		X		X		X		X	
Schouder																						
abd-add	X		X		X		X		X									X		X		
endo-exo	X		X		X		X		X				X		X							
flex-ext	X						X				X						X		X		X	
Elleboog																						
pro-sup																						
flex-ext	X		X		X		X															

F: functionele taak, A: analytische taak

Tabel 3: ICC waarden voor ROM van de functionele taken

A. Within-session ICC en 95% betrouwbaarheidsinterval (95% BI)		TAAK 1 EXO - ABD		TAAK 2 EXO		TAAK 3 ENDO - ADD		TAAK 4 HOR ADD		TAAK 8 ANTEFLEX		TAAK 9 ABD		
	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)
Scapula														
opw-neeerw	0.98	(0.95 - 1.00)	0.98	(0.94 - 1.00)	0.83	(0.61 - 0.96)	0.99	(0.96 - 1.00)	0.99	(0.95 - 1.00)	0.99	(0.90 - 0.99)	0.96	(0.90 - 0.99)
pro-retr	0.96	(0.89 - 0.99)	0.97	(0.89 - 0.99)	0.98	(0.94 - 1.00)	0.90	(0.75 - 0.98)	0.96	(0.88 - 0.99)	0.96	(0.92 - 0.99)	0.97	(0.92 - 0.99)
post-ant tilt	0.85	(0.64 - 0.96)	0.97	(0.92 - 0.99)	0.59	(0.25 - 0.88)	0.98	(0.95 - 1.00)	0.98	(0.93 - 1.00)	0.98	(0.90 - 0.99)	0.97	(0.90 - 0.99)
Schouder														
abd-add	0.99	(0.97 - 1.00)	0.98	(0.95 - 1.00)	0.98	(0.93 - 1.00)	0.95	(0.86 - 0.99)	0.97	(0.91 - 1.00)	0.97	(0.97 - 1.00)	0.99	(0.97 - 1.00)
endo-exo	0.98	(0.95 - 1.00)	0.98	(0.95 - 1.00)	0.97	(0.91 - 0.99)	0.96	(0.90 - 0.99)	0.96	(0.87 - 0.99)	0.96	(0.93 - 1.00)	0.98	(0.93 - 1.00)
flex-ext	0.91	(0.74 - 0.98)	0.96	(0.90 - 0.99)	0.97	(0.92 - 0.99)	0.99	(0.96 - 1.00)	0.99	(0.96 - 1.00)	0.99	(0.95 - 1.00)	0.98	(0.95 - 1.00)
Elleboog														
pro-sup	0.91	(0.77 - 0.98)	0.93	(0.82 - 0.98)	0.99	(0.99 - 1.00)	0.96	(0.90 - 0.99)	0.96	(0.64 - 0.97)	0.86	(0.68 - 0.97)	0.87	(0.68 - 0.97)
flex-ext	0.96	(0.88 - 0.99)	0.97	(0.93 - 0.99)	0.99	(0.97 - 1.00)	0.99	(0.96 - 1.00)	0.99	(0.86 - 0.99)	0.95	(0.86 - 0.99)	0.95	(0.86 - 0.99)

ICC: intraclass correlation coefficient, 95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval

B. Between-session (intra-beoordelaar) ICC en 95% betrouwbaarheidsinterval (95% BI)

	TAAK 1 EXO - ABD		TAAK 2 EXO		TAAK 3 ENDO - ADD		TAAK 4 HOR ADD		TAAK 8 ANTEFLEX		TAAK 9 ABD	
	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)
Scapula												
opw-neeerw	0.93	(0.67 - 0.99)	0.88	(0.38 - 0.98)	0.64	(0.00 - 0.93)	0.96	(0.82 - 0.99)	0.95	(0.75 - 0.99)	0.95	(0.62 - 0.99)
pro-retr	0.93	(0.68 - 0.99)	0.94	(0.18 - 0.99)	0.96	(0.78 - 0.99)	0.66	(0.00 - 0.93)	0.95	(0.77 - 0.99)	0.93	(0.00 - 0.99)
post-ant tilt	0.82	(0.01 - 0.97)	0.85	(0.18 - 0.97)	0.80	(0.00 - 0.96)	0.90	(0.56 - 0.98)	0.93	(0.62 - 0.99)	0.94	(0.74 - 0.99)
Schouder												
abd-add	0.98	(0.88 - 1.00)	0.73	(0.00 - 0.94)	0.92	(0.63 - 0.98)	0.71	(0.00 - 0.94)	0.97	(0.86 - 0.99)	0.95	(0.76 - 0.99)
endo-exo	0.88	(0.39 - 0.98)	0.86	(0.25 - 0.97)	0.90	(0.49 - 0.98)	0.76	(0.00 - 0.95)	0.90	(0.50 - 0.98)	0.90	(0.51 - 0.98)
flex-ext	0.90	(0.47 - 0.98)	0.91	(0.58 - 0.98)	0.95	(0.74 - 0.99)	0.95	(0.76 - 0.99)	0.74	(0.00 - 0.95)	0.92	(0.59 - 0.98)
Elleboog												
pro-sup	0.85	(0.20 - 0.97)	0.82	(0.03 - 0.97)	0.93	(0.60 - 0.99)	0.93	(0.53 - 0.99)	0.22	(0.00 - 0.85)	0.69	(0.00 - 0.95)
flex-ext	0.95	(0.71 - 0.99)	0.89	(0.41 - 0.98)	0.85	(0.03 - 0.98)	0.51	(0.00 - 0.91)	0.38	(0.00 - 0.88)	0.90	(0.51 - 0.98)

ICC: intraclass correlation coefficient, 95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval

C. Between-session (interbeoordelaar) ICC en 95% betrouwbaarheidsinterval (95% BI)

	TAAK 1 EXO - ABD		TAAK 2 EXO		TAAK 3 ENDO - ADD		TAAK 4 HOR ADD		TAAK 8 ANTEFLEX		TAAK 9 ABD	
	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)
Scapula												
opw-needw	0.92	(0.62 - 0.99)	0.16	(0.00 - 0.85)	0.00	(0.00 - 0.74)	0.90	(0.28 - 0.98)	0.85	(0.28 - 0.97)	0.81	(0.17 - 0.96)
pro-retr	0.94	(0.69 - 0.99)	0.93	(0.66 - 0.99)	0.97	(0.84 - 0.99)	0.13	(0.00 - 0.84)	0.94	(0.70 - 0.99)	0.96	(0.81 - 0.99)
post-ant tilt	0.87	(0.27 - 0.97)	0.90	(0.00 - 0.98)	0.41	(0.00 - 0.89)	0.57	(0.00 - 0.95)	0.85	(0.21 - 0.97)	0.95	(0.76 - 0.99)
Schouder												
abd-add	0.92	(0.64 - 0.99)	0.77	(0.02 - 0.95)	0.69	(0.00 - 0.94)	0.81	(0.07 - 0.96)	0.90	(0.49 - 0.98)	0.97	(0.84 - 0.99)
endo-exo	0.82	(0.12 - 0.96)	0.92	(0.62 - 0.98)	0.81	(0.17 - 0.96)	0.67	(0.00 - 0.93)	0.86	(0.26 - 0.97)	0.89	(0.47 - 0.98)
flex-ext	0.87	(0.39 - 0.97)	0.91	(0.57 - 0.98)	0.82	(0.11 - 0.96)	0.00	(0.00 - 0.81)	0.88	(0.40 - 0.98)	0.97	(0.85 - 0.99)
Elleboog												
pro-sup	0.88	(0.39 - 0.98)	0.87	(0.42 - 0.97)	0.95	(0.68 - 0.99)	0.76	(0.00 - 0.95)	0.69	(0.00 - 0.94)	0.62	(0.00 - 0.92)
flex-ext	0.97	(0.00 - 0.95)	0.85	(0.24 - 0.97)	0.83	(0.00 - 0.98)	0.82	(0.06 - 0.97)	0.86	(0.30 - 0.97)	0.87	(0.38 - 0.97)

ICC: intraclass correlation coefficient, 95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval

Tabel 4: ICC waarden voor ROM van de analytische taken

A. Within-session ICC en 95% betrouwbaarheidsinterval (95% BI)

	TAAK 5 ABD (FRONT VLAK)		TAAK 6 ANTEFLEX		TAAK 7 EXO		TAAK 10 ABD (SCAP VLAK)	
	ICC (95% BI)		ICC (95% BI)		ICC (95% BI)		ICC (95% BI)	
Scapula								
opw-neerw	0.98 (0.95 - 1.00)		0.99 (0.96 - 1.00)		0.90 (0.75 - 0.98)		0.99 (0.97 - 1.00)	
pro-retr	0.98 (0.93 - 0.99)		0.98 (0.95 - 1.00)		0.96 (0.88 - 0.99)		0.97 (0.93 - 0.99)	
post-ant tilt	0.97 (0.91 - 0.99)		0.93 (0.80 - 0.98)		0.97 (0.92 - 0.99)		0.97 (0.92 - 0.99)	
Schouder								
abd-add	0.99 (0.98 - 1.00)		0.97 (0.92 - 1.00)		0.96 (0.88 - 0.99)		0.99 (0.98 - 1.00)	
endo-exo	0.97 (0.98 - 1.00)		0.99 (0.97 - 1.00)		0.97 (0.92 - 0.99)		0.99 (0.95 - 1.00)	
flex-ext	0.99 (0.93 - 0.99)		0.99 (0.97 - 1.00)		0.98 (0.93 - 1.00)		0.95 (0.87 - 0.99)	
Elleboog								
pro-sup	0.95 (0.86 - 0.99)		0.95 (0.87 - 0.99)		0.77 (0.50 - 0.94)		0.92 (0.80 - 0.98)	
flex-ext	0.96 (0.89 - 0.99)		0.89 (0.72 - 0.97)		0.87 (0.67 - 0.97)		0.96 (0.88 - 0.99)	

ICC: intraclass correlation coefficient, 95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval

B. Between-session (intrabeoordelaar) ICC en 95% betrouwbaarheidsinterval (95% BI)

	TAAK 5 ABD (FRONT VLAK)		TAAK 6 ANTEFLEX		TAAK 7 EXO		TAAK 10 ABD (SCAP VLAK)	
	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)
Scapula								
opw-neeerw	0.83	(0.09 - 0.97)	0.94	(0.70 - 0.99)	0.90	(0.48 - 0.98)	0.95	(0.72 - 0.99)
pro-retr	0.83	(0.16 - 0.97)	0.82	(0.10 - 0.96)	0.95	(0.75 - 0.99)	0.95	(0.77 - 0.99)
post-ant tilt	0.95	(0.74 - 0.99)	0.92	(0.56 - 0.98)	0.99	(0.94 - 1.00)	0.75	(0.00 - 0.95)
Schouder								
abd-add	0.98	(0.87 - 1.00)	0.92	(0.58 - 0.99)	0.97	(0.82 - 0.99)	0.99	(0.98 - 1.00)
endo-exo	0.96	(0.76 - 0.99)	0.82	(0.03 - 0.97)	0.96	(0.79 - 0.99)	0.95	(0.63 - 0.99)
flex-ext	0.94	(0.72 - 0.99)	0.95	(0.77 - 0.99)	0.98	(0.90 - 1.00)	0.95	(0.78 - 0.99)
Elleboog								
pro-sup	0.87	(0.34 - 0.98)	0.95	(0.65 - 0.99)	0.57	(0.00 - 0.90)	0.90	(0.57 - 0.98)
flex-ext	0.93	(0.67 - 0.99)	0.80	(0.00 - 0.96)	0.68	(0.00 - 0.93)	0.95	(0.42 - 0.99)

ICC: intraclass correlation coefficient, 95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval

C. Between-session (interbeoordelaar) ICC en 95% betrouwbaarheidsinterval (95% BI)

	TAAK 5 ABD (FRONT VLAK)		TAAK 6 ANTEFLEX		TAAK 7 EXO		TAAK 10 ABD (SCAP VLAK)	
	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)	ICC	(95% BI)
Scapula								
opw-neeerw	0.84	(0.30 - 0.97)	0.88	(0.46 - 0.98)	0.92	(0.61 - 0.98)	0.85	(0.27 - 0.97)
pro-retr	0.91	(0.34 - 0.98)	0.87	(0.41 - 0.97)	0.97	(0.84 - 0.99)	0.94	(0.70 - 0.99)
post-ant tilt	0.96	(0.81 - 0.99)	0.46	(0.00 - 0.90)	0.98	(0.93 - 1.00)	0.85	(0.35 - 0.97)
Schouder								
abd-add	0.97	(0.85 - 1.00)	0.73	(0.00 - 0.97)	0.98	(0.90 - 1.00)	0.99	(0.88 - 1.00)
endo-exo	0.97	(0.85 - 1.00)	0.88	(0.41 - 0.98)	0.75	(0.00 - 0.95)	0.96	(0.78 - 1.00)
flex-ext	0.89	(0.18 - 0.98)	0.95	(0.76 - 0.99)	0.92	(0.63 - 0.98)	0.94	(0.67 - 0.99)
Elleboog								
pro-sup	0.71	(0.00 - 0.95)	0.89	(0.11 - 0.98)	0.71	(0.00 - 0.94)	0.86	(0.27 - 0.97)
flex-ext	0.93	(0.62 - 0.99)	0.24	(0.00 - 0.81)	0.48	(0.00 - 0.88)	0.96	(0.81 - 0.99)

ICC: intraclass correlation coefficient, 95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval

Tabel 5: Gemiddelde, SEM en MCID voor ROM van de functionele taken

A. Within-session gemiddelde (SD), standard error of measurement (SEM) en minimal clinically important difference (MCID) voor ROM

	TAAK 1 EXO - ABD			TAAK 2 EXO			TAAK 3 ENDO - ADD			TAAK 4 HOR ADD			TAAK 8 ANTEFLEX			TAAK 9 ABD			
	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	
Scapula																			
opw-neeuw	-8.7 (6.5)	0.8	2.3	-7.2 (5.5)	0.8	2.3	1.8 (1.5)	0.6	1.7	-7.4 (7.2)	0.8	2.2	-9.4 (6.2)	0.8	2.1	-7.2 (4.9)	0.9	2.6	
pro-retr	4.7 (6.0)	1.2	3.3	5.0 (5.8)	1.1	3.0	-3.0 (4.3)	0.6	1.7	-3.5 (3.4)	1.1	3.0	-10.4 (7.8)	1.5	4.3	-1.6 (6.4)	1.1	3.0	
post-ant tilt	-24.0 (4.0)	1.5	4.3	-12.3 (6.2)	1.0	2.8	2.3 (1.3)	0.8	2.3	-4.5 (7.5)	1.0	2.8	-17.1 (9.1)	1.4	3.9	-22.9 (7.3)	1.4	3.8	
Schouder																			
abd-add	-73.6 (29.2)	3.2	8.9	-43.3 (14.8)	2.0	5.7	-6.9 (14.9)	1.9	5.2	33.3 (9.2)	2.0	5.6	-53.6 (21.8)	3.7	10.3	-56.9 (28.2)	3.1	8.6	
endo-exo	60.4 (23.3)	3.2	8.9	62.5 (21.2)	2.8	7.9	6.2 (9.6)	1.7	4.8	-42.5 (11.6)	2.3	6.3	39.4 (23.3)	4.8	13.2	46.4 (24.4)	3.8	10.5	
flex-ext	-55.8 (8.1)	2.5	6.8	-21.8 (13.3)	2.6	7.1	30.1 (7.2)	1.2	3.3	-18.1 (12.7)	1.6	4.3	-57.0 (11.8)	1.4	3.9	-30.7 (21.9)	2.9	7.9	
Elleboog																			
pro-sup	63.2 (30.3)	9.0	24.9	67.2 (21.7)	5.7	15.8	19.7 (96.6)	4.3	12.0	105.5 (19.7)	3.8	10.6	26.5 (11.0)	4.2	11.6	9.4 (11.9)	4.3	11.9	
flex-ext	-143.2 (11.7)	2.4	6.8	-48.2 (17.4)	2.8	7.8	-34.5 (37.7)	3.8	10.5	-85.1 (21.8)	2.7	7.4	-5.6 (4.9)	1.1	3.1	30.1 (10.8)	2.5	6.8	

Gem.: gemiddelde, SD: standard deviatie, SEM: standard error of measurement, MCID: minimal clinically important difference

Scapula: opw (negatief) – neeuw (positief), pro (negatief) – retr (positief), post (positief) – ant tilt (negatief)

Schouder: abd (negatief) – add (positief), endo (negatief) – exo (positief), flex (positief) – ext (negatief)

Elleboog: pro (negatief) – sup (positief), flex (negatief) – ext (positief)

B. Between-session (intra-beoordelaar) gemiddelde (SD), standard error of measurement (SEM) en minimal clinical important difference (MCID) voor ROM

	TAAK 1 EXO - ABD			TAAK 2 EXO			TAAK 3 ENDO - ADD			TAAK 4 HOR ADD			TAAK 8 ANTEFLEX			TAAK 9 ABD		
	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID
Scapula																		
opw-neeerw	-9.2 (7.2)	1.9	5.3	-7.1 (5.1)	1.8	4.9	1.5 (2.3)	1.4	3.8	-7.8 (8.1)	1.6	4.4	-10.0 (6.9)	1.6	4.5	-8.0 (5.2)	1.1	3.1
pro-retr	4.0 (5.4)	1.4	3.9	3.8 (5.5)	1.4	3.8	-3.0 (4.8)	1.0	2.8	-3.6 (3.6)	2.1	5.8	-10.6 (6.5)	1.5	4.1	-3.1 (6.6)	1.7	4.8
post-ant tilt	-24.1 (4.2)	1.8	4.9	-12.5 (6.1)	2.4	6.6	2.3 (1.2)	0.5	1.5	-5.5 (6.7)	2.1	5.9	-16.7 (8.5)	2.3	6.4	-22.4 (6.8)	1.6	4.5
Schouder																		
abd-add	-74.4 (31.4)	4.9	13.5	-47.3 (13.2)	6.8	19.0	-5.1 (15.1)	4.4	12.1	30.2 (8.7)	4.7	12.9	-55.7 (21.6)	3.6	10.0	-55.9 (27.9)	6.1	16.9
endo-exo	61.3 (29.6)	10.1	28.0	63.1 (22.3)	8.4	23.2	6.0 (12.8)	4.0	11.1	-40.1 (11.3)	5.6	15.4	39.9 (21.1)	6.5	18.1	45.1 (20.8)	6.5	18.1
flex-ext	-54.1 (9.5)	3.1	8.5	-19.8 (13.2)	3.9	10.9	30.4 (8.2)	1.9	5.2	-18.1 (14.3)	3.1	8.7	-54.2 (12.1)	6.2	17.3	-30.3 (21.4)	6.0	16.6
Elleboog																		
pro-sup	65.7 (38.7)	15.3	42.3	72.8 (26.5)	11.2	31.0	3.6 (80.0)	20.9	57.8	105.6 (22.1)	5.8	16.0	27.7 (9.7)	8.6	23.9	11.5 (12.9)	7.1	19.8
flex-ext	-145.0 (12.7)	2.8	7.8	-48.8 (17.5)	5.9	16.2	-34.9 (17.0)	13.0	35.9	-85.0 (28.4)	20.0	55.4	-6.7 (7.1)	5.6	15.5	29.6 (10.9)	3.4	9.4

Gem.: gemiddelde, SD: standard deviatie, SEM: standard error of measurement, MCID: minimal clinically important difference
 Scapula: opw (negatief) – neerw (positief), pro (negatief) – retr (positief), post (positief) – ant tilt (negatief)
 Schouder: abd (negatief) – add (positief), endo (negatief) – exo (positief), flex (positief) – ext (negatief)
 Elleboog: pro (negatief) – sup (positief), flex (negatief) – ext (positief)

C. Between-session (interbeoordelaar) gemiddelde (SD), standard error of measurement (SEM) en minimal clinical important difference (MCID) voor ROM

	TAAK 1 EXO - ABD			TAAK 2 EXO			TAAK 3 ENDO - ADD			TAAK 4 HOR ADD			TAAK 8 ANTEFLEX			TAAK 9 ABD		
	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID
Scapula																		
opw-neeuw	-8.9 (6.5)	1.8	4.9	-6.9 (4.5)	4.1	11.4	1.4 (1.4)	1.6	4.5	-9.3 (8.6)	2.7	7.5	-9.9 (5.9)	2.3	6.4	-8.4 (6.0)	2.6	7.3
pro-retr	4.6 (5.4)	1.3	3.7	4.2 (5.9)	1.6	4.5	-2.9 (4.2)	0.8	2.1	-3.9 (4.0)	3.8	10.4	-9.9 (6.8)	1.7	4.6	-2.0 (6.3)	1.3	3.6
post-ant tilt	-24.1 (4.7)	1.7	4.7	-14.0 (6.3)	2.0	5.6	2.2 (2.0)	1.5	4.2	-3.9 (7.0)	4.6	12.6	-16.3 (8.4)	3.3	9.0	-22.1 (7.2)	1.7	4.6
Schouder																		
abd-add	-75.7 (32.6)	9.0	24.9	-47.1 (14.0)	6.8	18.7	-6.7 (13.3)	7.4	20.4	36.9 (13.2)	5.8	16.0	-55.1 (26.4)	8.2	22.8	-56.3 (29.8)	5.3	14.8
endo-exo	63.2 (26.9)	11.5	31.8	60.4 (20.7)	6.0	16.6	3.2 (13.2)	5.8	16.0	-45.5 (14.1)	8.2	22.7	41.0 (22.1)	8.4	23.4	42.2 (22.6)	7.4	20.5
flex-ext	-57.0 (9.6)	3.5	9.8	-20.5 (14.2)	4.3	11.9	31.0 (9.4)	4.0	11.1	-18.7 (11.0)	11.2	31.1	-59.4 (12.8)	4.4	12.2	-31.9 (21.2)	3.8	10.5
Elleboog																		
pro-sup	60.5 (37.1)	13.1	36.2	71.4 (22.6)	8.0	22.2	5.0 (79.6)	17.1	47.3	99.5 (29.0)	14.2	39.5	25.3 (8.4)	4.6	12.9	14.3 (13.0)	8.0	22.1
flex-ext	-142.2 (13.7)	6.6	18.3	-50.1 (19.8)	7.8	21.6	-42.1 (34.0)	14.2	39.2	-83.9 (21.4)	9.0	25.0	-5.0 (6.5)	2.5	6.8	31.2 (11.9)	4.3	11.8

Gem.: gemiddelde, SD: standard deviatie, SEM: standard error of measurement, MCID: minimal clinically important difference

Scapula: opw (negatief) – neeuw (positief), pro (negatief) – retr (positief), post (positief) – ant tilt (negatief)

Schouder: abd (negatief) – add (positief), endo (negatief) – exo (positief), flex (positief) – ext (negatief)

Elleboog: pro (negatief) – sup (positief), flex (negatief) – ext (positief)

Tabel 6: Gemiddelde, SEM en MCID voor ROM van de analytische taken

A. Within-session gemiddelde (SD), standard error of measurement (SEM) en minimal clinical important difference (MCID) voor ROM

	TAAK 5 ABD (FRONT VLAK)			TAAK 6 ANTEFLEX			TAAK 7 EXO			TAAK 10 ABD (SCAP VLAK)		
	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID
Scapula												
opw-neeuw	-9.0 (7.1)	1.0	2.6	-10.3 (6.1)	0.7	1.9	1.9 (1.9)	0.6	1.7	-7.6 (6.8)	0.6	1.8
pro-retr	5.7 (6.4)	1.0	2.8	1.6 (6.5)	0.9	2.5	2.6 (2.6)	0.6	1.5	3.1 (6.6)	1.1	3.0
post-ant tilt	-22.3 (9.2)	1.7	4.7	-32.2 (3.5)	1.0	2.6	-3.2 (4.6)	0.8	2.2	-27.2 (7.9)	1.4	3.8
Schouder												
abd-add	-74.6 (22.5)	1.6	4.4	-47.0 (41.2)	6.8	18.8	-7.9 (7.2)	1.5	4.2	-67.6 (30.2)	2.1	5.9
endo-exo	46.7 (22.3)	1.7	4.8	34.2 (58.0)	6.4	17.6	19.5 (12.5)	2.2	6.0	38.0 (16.0)	1.9	5.2
flex-ext	-34.2 (22.0)	3.6	9.8	-67.7 (12.5)	1.4	3.8	0.5 (6.5)	1.0	2.8	-57.2 (14.5)	3.1	8.7
Elleboog												
pro-sup	34.5 (18.4)	4.0	11.2	46.8 (24.0)	5.3	14.8	4.1 (4.7)	2.2	6.2	21.9 (35.2)	9.8	27.3
flex-ext	3.0 (8.9)	1.8	5.0	-19.0 (9.3)	3.1	8.6	0.2 (4.6)	1.7	4.7	3.5 (8.5)	1.8	4.9

Gem.: gemiddelde, SD: standard deviatie, SEM: standard error of measurement, MCID: minimal clinically important difference

Scapula: opw (negatief) – neeuw (positief), pro (negatief) – retr (positief), post (positief) – ant tilt (negatief)

Schouder: abd (negatief) – add (positief), endo (negatief) – exo (positief), flex (positief) – ext (negatief)

Elleboog: pro (negatief) – sup (positief), flex (negatief) – ext (positief)

B. Between-session (intra-beoordelaar) gemiddelde (SD), standard error of measurement (SEM) en minimal clinical important difference (MCID) voor ROM

	TAAK 5 ABD (FRONT VLAK)			TAAK 6 ANTEFLEX			TAAK 7 EXO			TAAK 10 ABD (SCAP VLAK)		
	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID
Scapula												
opw-neeerw	-9.2 (7.1)	2.9	8.1	-10.6 (7.2)	1.8	5.0	1.9 (2.1)	0.7	1.8	-7.7 (7.0)	1.6	4.5
pro-retr	4.2 (5.9)	2.5	6.9	-0.0 (6.2)	2.6	7.3	3.0 (3.0)	0.7	1.8	2.5 (5.9)	1.3	3.7
post-ant tilt	-22.6 (8.1)	1.9	5.3	-32.2 (3.2)	0.9	2.6	-3.3 (5.2)	0.6	1.7	-28.0 (7.2)	3.6	9.9
Schouder												
abd-add	-76.8 (24.2)	3.7	10.2	-55.6 (41.2)	11.7	32.5	-8.0 (7.4)	1.4	3.8	-63.2 (34.0)	1.5	4.2
endo-exo	47.5 (23.6)	4.7	13.1	35.0 (47.7)	20.0	55.4	19.9 (12.0)	2.5	6.8	38.4 (20.4)	4.5	12.5
flex-ext	-35.1 (19.3)	4.7	13.0	-67.2 (14.1)	3.1	8.5	0.3 (7.0)	1.0	2.7	-58.8 (18.1)	4.0	11.0
Elleboog												
pro-sup	32.3 (18.4)	6.6	18.3	43.4 (22.7)	4.9	13.7	5.6 (4.4)	2.9	8.0	17.4 (33.4)	10.4	28.7
flex-ext	2.4 (9.3)	2.5	6.8	-18.5 (10.1)	4.5	12.5	-0.9 (4.0)	2.3	6.3	1.9 (9.0)	2.1	5.8

Gem.: gemiddelde, SD: standard deviatie, SEM: standard error of measurement, MCID: minimal clinically important difference

Scapula: opw (negatief) – neerw (positief), pro (negatief) – retr (positief), post (positief) – ant tilt (negatief)

Schouder: abd (negatief) – add (positief), endo (negatief) – exo (positief), flex (positief) – ext (negatief)

Elleboog: pro (negatief) – sup (positief), flex (negatief) – ext (positief)

C. Between-session (interbeoordelaar) gemiddelde (SD), standard error of measurement (SEM) en minimal clinical important difference (MCID) voor ROM

	TAAK 5 ABD (FRONT VLAK)			TAAK 6 ANTEFLEX			TAAK 7 EXO			TAAK 10 ABD (SCAP VLAK)		
	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID	Gem. (SD)	SEM	MCID
Scapula												
opw-neeuw	-9.9 (6.6)	2.6	7.2	-11.2 (5.7)	2.0	5.6	2.1 (1.7)	0.5	1.4	-8.2 (6.8)	2.6	7.3
pro-retr	4.4 (6.0)	1.8	5.0	0.7 (5.6)	2.0	5.6	2.8 (2.8)	0.5	1.5	3.5 (5.7)	1.4	4.0
post-ant tilt	-23.2 (9.4)	1.9	5.2	-31.9 (3.7)	2.7	7.6	-3.4 (5.0)	0.6	1.8	-28.2 (7.3)	2.8	7.7
Schouder												
abd-add	-79.9 (32.3)	5.3	14.7	-56.5 (54.0)	27.8	77.2	-7.6 (6.9)	1.0	2.8	-64.9 (33.1)	3.8	10.5
endo-exo	52.9 (28.9)	4.8	13.4	38.9 (68.6)	23.6	65.3	18.6 (10.1)	5.1	14.1	39.4 (17.9)	3.4	9.4
flex-ext	-39.4 (21.2)	7.0	19.4	-68.5 (14.2)	3.2	8.8	-0.3 (6.9)	2.0	5.5	-59.5 (16.3)	4.2	11.5
Elleboog												
pro-sup	34.2 (17.1)	9.3	25.7	39.9 (27.1)	9.0	24.9	5.5 (5.4)	2.9	8.0	21.8 (29.2)	10.8	29.8
flex-ext	3.0 (9.2)	2.5	6.8	-15.1 (9.0)	7.9	21.8	-1.6 (5.1)	3.7	10.2	2.5 (9.6)	1.9	5.2

Gem.: gemiddelde, SD: standard deviatie, SEM: standard error of measurement, MCID: minimal clinically important difference

Scapula: opw (negatief) – neeuw (positief), pro (negatief) – retr (positief), post (positief) – ant tilt (negatief)

Schouder: abd (negatief) – add (positief), endo (negatief) – exo (positief), flex (positief) – ext (negatief)

Elleboog: pro (negatief) – sup (positief), flex (negatief) – ext (positief)

Tabel 7: Verwijderde data

	TAAK 1 EXO - ABD	TAAK 2 EXO	TAAK 3 ENDO - ADD	TAAK 4 HOR ADD	TAAK 5 ABD (FRONT VLAK)	TAAK 6 ANTEFLEX	TAAK 7 EXO	TAAK 8 ANTEFLEX	TAAK 9 ABD	TAAK 10 ABD (SCAP VLAK)
Scapula										
opw-keerw	0	0	0	0	1 (M3)	0	0	1 (M1)	0	0
pro-retr	0	0	0	0	1 (M3)	0	0	1 (M1)	0	0
post-ant tilt	0	0	0	0	1 (M3)	0	0	1 (M1)	0	0
Schouder										
abd-add	0	0	0	0	1 (M1) - 1 (M3)	1 (M1) - 2 (M3)	0	2 (M1)	0	3 (M1) - 2 (M2) - 2 (M3)
endo-exo	0	0	0	0	1 (M1) - 1 (M3)	0	0	2 (M1)	0	2 (M1) - 2 (M2) - 2 (M3)
flex-ext	0	0	0	0	1 (M3)	0	0	2 (M1)	0	0
Elleboog										
pro-sup	0	1 (M2)	3 (M2) - 2 (M3)	2 (M2)	1 (M1) - 1 (M3)	0	0	1 (M1)	2 (M2) - 2 (M3)	0
flex-ext	0	0	1 (M2) - 2 (M3)	0	1 (M3)	0	0	0	0	0

Aantallen per taak, M=meting

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:
De betrouwbaarheid van het meten van de range of motion in het scapulothoracale, het glenohumerale en het ellebooggewricht met behulp van inertieële sensoren bij personen met een frozen shoulder.

Richting: **master in de revalidatiewetenschappen en de kinesitherapie-revalidatiewetenschappen en kinesitherapie bij musculoskeletale aandoeningen**

Jaar: **2017**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Janssen, Robin

Roosen, Ulrike