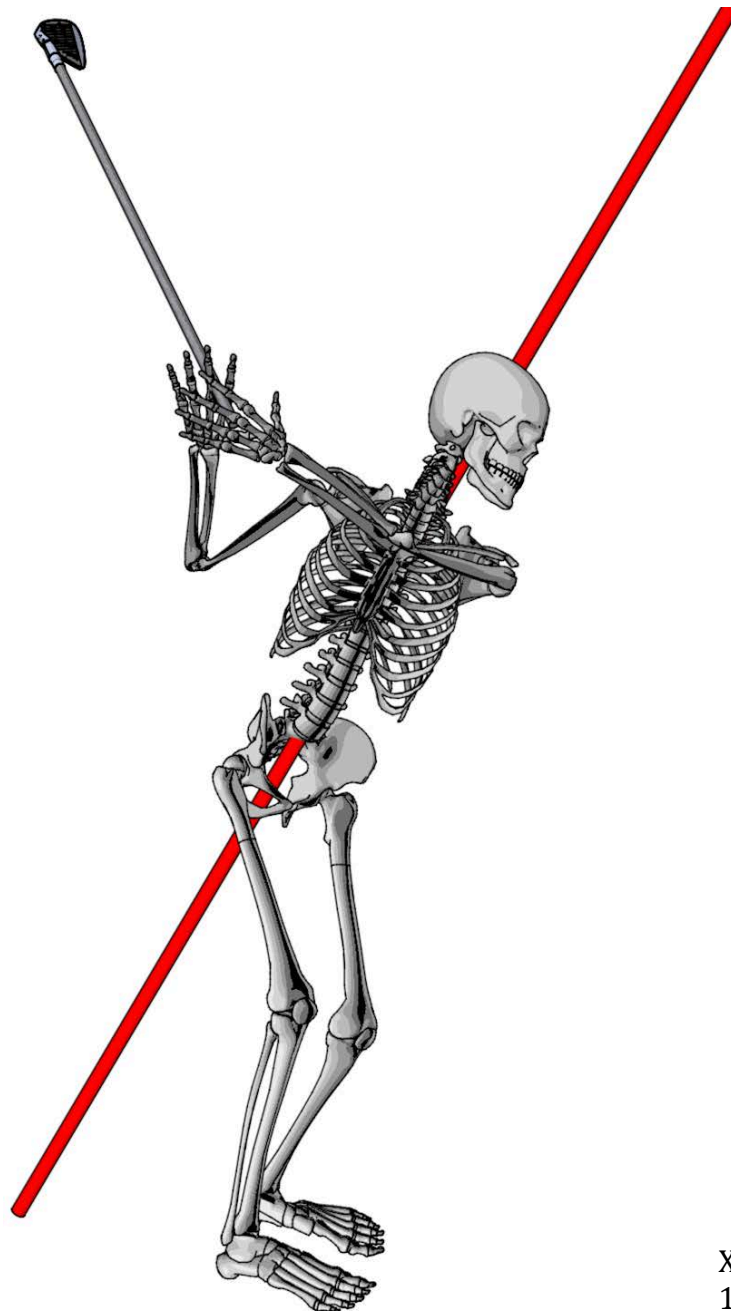


De rotatieketen bij de golfswing

De functie-mogelijkheden van de golfer versus de functie-eisen van de golfswing



Xander van Kooten
10080929

Bewegingstechnologie
Haagse Hogeschool
April 2015

De Rotatieketen bij de Golfswing

De functie-mogelijkheden van de golfer versus de functie-eisen van de golfswing

Naam: W.A.M. van Kooten

Studentnummer: 10080929

Email: wamvkooten@gmail.com

1^e begeleider: A.H. Lagerberg

2^e begeleider: C.J.W. Riezebos

Opleiding Bewegingstechnologie

Haagse Hogeschool

Den Haag

8 april 2015

Voorwoord

Voor dit onderzoek is hulp verkregen van verschillende mensen.

Graag wil ik de mensen van de werkplaats en het bewegingslab van de opleiding bewegingstechnologie bedanken voor de prettige samenwerking.

Ook wil ik een paar studenten bedanken die tijd hebben vrijgemaakt om te helpen met verschillende testje en proefmetingen.

In het bijzonder wil ik de volgende mensen bedanken:

A. Lagerberg voor het begeleiden van dit onderzoek.

M. Schrauwen voor het leveren van de apparatuur.

J. Cozijnsen voor het assisteren bij de metingen.

Als laatste maar zeker niet het minste gaat mijn dank uit naar alle deelnemers die tijd hebben vrij gemaakt om aan dit onderzoek mee te doen.

Iedereen bedankt namens:

Xander van Kooten

Samenvatting

Het doel van deze studie is het onderzoeken van de rotatieketen van de mens met betrekking tot het golfspel. De rotatiefunctie mogelijkheden van de speler zijn vergeleken met de functie-eisen van de golfswing. Tevens is er gekeken naar het vereenvoudigen van het registreren van de maximale rotatiebeweging en vervolgens is het meetsysteem gevalideerd met behulp van een gouden standaard.

Aan deze studie hebben 10 golfers deelgenomen (gemiddelde leeftijd = 40 ± 15.5 , gemiddelde speelervaring = 11.2 ± 6.2 en gemiddelde speelsterkte = 18.2 ± 6.6). Alle deelnemers moesten een maximale rotatiebeweging uitvoeren en een golfswing. De maximale rotatie beweging is geregistreerd met behulp van een 2D camerasysteem en een optokinetisch 3Dsysteem (optitracksysteem). De golfswing is alleen geregistreerd door het 3Dsysteem. Bij de bewegingen is er gekeken naar de ruimtelijke rotaties en onderlinge rotaties van segmenten.

De resultaten geven aan dat bij het 2Dsysteem versus het 3Dsysteem de verschillen van de limits of agreement ver uiteen liggen ($17,1^\circ$ - $35,9^\circ$). Resultaten over de percentages die de golfswing gebruikt van de maximale rotatiebeweging zijn soms wel over de 100%. Tevens liggen in gemiddelde waarden van de deelnemers onderling ver uit elkaar (95% betrouwbaarheidsinterval).

Er kan geconcludeerd worden dat dit onderzoek heeft aangetoond dat het 2D systeem geen goede vervanging biedt voor het vervangen van een duurder 3Dsysteem. Tevens is de conclusie getrokken dat de percentages van de golfswing in vergelijking met de maximale rotatiebeweging dusdanig hoog zijn dat de maximale rotatiebeweging geen goede maatstaaf is voor het weergeven van de maximale rotatiemogelijkheden van het lichaam.

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	3
Samenvatting.....	4
Inhoudsopgave.....	5
Figuren-en tabellenlijst.....	7
Afbeeldingen.....	7
Tabellen.....	7
Figuren.....	8
1 Inleiding en probleemstelling	9
2 Kinematische beschrijving van de golfswing	11
2.1 Globale fasering van de golfswing	12
2.2 De kinematica van de rotatieketen	12
2.3 Invloeden rotatieketen	16
2.3.1 Invloed hoofd.....	16
2.3.2 Invloed voeten	17
2.4 Rotaties in de golfswing.....	18
3 Onderzoeksmethode.....	22
3.1 Deelnemers	22
3.2 Algemene instrumentatie	22
3.3 Meetmethode.....	24
3.3.1 Beweging.....	25
3.3.2 Uitvoering maximale rotatie beweging.	25
3.3.3 Uitvoering golfswing	26
3.4 Data verzameling en verwerking.....	26
3.4.1 Statistische analyses.....	26
4 Onderzoeksresultaten.....	27
4.1 2Dsysteem en het 3Dsysteem.....	27
4.2 Maximale rotatie beweging en de Golfswing	28
5 Discussie.....	30
6 Conclusie	32
Literatuurlijst.....	33
Bijlage 1 Invloed stand van het hoofd	35
Bijlage 2 Plafond camera.....	36
Bijlage 3 Ontwerp 2D-tool	38
Bijlage 4 Meetprotocol checklist	41
Bijlage 5 Output Kinovea.....	42
Bijlage 6 Output Matlab maximale rotatiebeweging.....	43
Bijlage 7 Output Matlab golfswing.....	44
Bijlage 8 Scatter plots ruimtelijke rotaties.....	45

Bijlage 9	Scatterplots onderlinge rotaties	48
Bijlage 10	Bland Altman plots ruimtelijke rotaties.....	50
Bijlage 11	Bland Altman plots onderlinge rotaties.....	53
Bijlage 12	Intra class correlatie waarden	55
Bijlage 13	Gem. waardes van de ruimtelijke rotaties.....	55
Bijlage 14	Gem. Waardes van de onderlinge rotaties.....	56
Bijlage 15	Projectvoorstel	57
Bijlage 16	Competentieprofiel	65

Figuren-en tabellenlijst

Afbeeldingen

1. Anatomische bewegingsassen.
2. Events van de golfswing.
3. Rotatie van de schouderlijn volgens Okuda et al.
4. Rotatieketen van een ruimtelijke rotatie om de longitudinale as.
5. Vereenvoudigde weergave van de onderste extremiteit.
6. Bewegingsvrijheden van de gesloten keten met de pelvis, benen, voeten en de grond.
7. Schematische weergave van de test op de invloed van de stand van het hoofd.
8. Schematische weergave van de test op de invloed van de stand van de voeten.
9. De virtuele driehoek bij de set-up.
10. Beginnende pro- en retractie van de scapula tijdens de set-up vanuit een transversaalvlak.
11. Ruimtelijke en onderlinge rotaties van de thorax en pelvis volgens Meister et al.
12. Romp- en bekken rotatiestand in de backswing volgens Okuda et al.
13. De eindpositie van de golfswing.
14. Schematische weergave van het meetvolume van het optitrack systeem.
15. Cluster van het optitrack systeem.
16. Cluster verdeling op het pak van de deelnemer.
17. Weergave van de bevestigde markers voor het 2Dtool systeem.
18. Aanzicht vanaf de positie van de 2Dvideocamera.
19. Maximale rotatiebeweging om de longitudinale as.

Tabellen

1. Resultaten van de invloed van het hoofd op de ruimtelijke rotatie van de schouderlijn.
2. Resultaten ruimtelijke rotaties van de thorax en pelvis met verschillende standen van de voeten.
3. Romp- en bekken rotatie tijdens de golfswing volgens Okuda et al.
4. Overzicht met de specificaties van de deelnemers aan dit onderzoek.
5. Verschillen tussen de 2 meetsystemen (2D en 3D).
6. Percentages dat de golfswing gebruikt van het maximaal roteren bij ruimtelijke rotaties.
7. Percentages dat de golfswing gebruikt van het maximaal roteren bij onderlinge rotaties.

Figuren

1. Gemiddelde ruimtelijke rotatiehoeken van het rechtsom roteren en de backswing (n=10).
2. Gemiddelde ruimtelijke rotatiehoeken van het linksom roteren en de follow-through (n=10).
3. Gemiddelde onderlinge rotaties van het rechtsom roteren en de backswing.
4. Gemiddelde onderlinge rotaties van het linksom roteren en de follow-through.

1 Inleiding en probleemstelling

Golf is een populairdere sport aan het worden. Tussen 2008 en 2012 was er een stijging van het aantal golfers van 21% (van 311.000 naar 377.000). Volgens de NGF (Nederlandse Golf Federatie) waren er in 2013-2014 in Nederland zo'n 390.000 golfers actief. Eind 2014 zijn het aantal golfers geschat op 375.000, waarvan ruim de helft van de leeftijd heeft boven de 50 jaar, met een gemiddelde leeftijd van 53 jaar (NGF).

Zoals bij iedere sport komen ook bij de golfsport blessures voor.

De meest getroffen regio's zijn onderrug (15-36%), schouders (6-10%), polsen (13-36%), elleboog (7-50%) (Parziale, 2002) (Stover, Wiren, & Topaz, 1976) (Wadsworth, 2007). Hierbij worden overmatig veel golfen, een slechte swingtechniek en een slechte conditie (slechte kracht, uithoudingsvermogen en flexibiliteit) als belangrijkste factoren genoemd (Batt, 1992) (McCarrol & Gloe, 1982) (Wadsworth, 2007).

De gangbare verklaring voor het ontstaan van blessures bij het golfen is de herhaalde, bijna maximale inspanning in combinatie met overmatige krachten die ontstaan bij de golfswing (Gluck, Bendo, & Spivak, 2008) (Vaughn, 1979).

Deze algemene formulering geeft echter onvoldoende handvatten voor een goed begrip van het blessurerisico van een specifieke golfer. Om daar betere voorspellingen over te kunnen doen is zowel kennis nodig over de individuele functiemogelijkheden van de sporter als van de functie-eisen die de sport aan hem/haar stelt. Daar waar de functiemogelijkheden van de sporter (qua kracht, lenigheid en uithoudingsvermogen) ruimschoot voldoende zijn om aan de eisen van de sport te voldoen is het blessure risico laag. Indien een sporter echter functioneert aan de grenzen van zijn capaciteiten zal het blessurerisico sterk stijgen. In dergelijke gevallen zijn er twee mogelijkheden om het blessurerisico te verlagen; het verhogen van de functiemogelijkheden van de sporter of het verlagen van de functie-eisen door een aanpassing in de uitvoering van de golfswing.

Volgens Parziale (Parziale, 2002) kunnen veel problemen voorkomen worden door een juiste uitvoering van de swing en het wijzigen van de golfswing. Een voorbeeld hiervan is het terugbrengen van de backswing in graden. Een andere studie heeft onderzoek gedaan naar het verkorten van de backswing. Hierbij werd de backswing met ongeveer 45° verkort. Het verkorten van de backswing had positieve gevolgen voor de belasting van de onderrug. Het probleem verplaatste zich hierbij naar de schouders (Bulbulian, Ball, & Seaman, 2001). Een ander voorbeeld uit de literatuur is van een professionele golfer die aan chronische lage rugpijn herstelde, door behandeling en een wijziging in de swing techniek door de heup rotatie te verhogen waardoor de schouder rotatie verlaagd (Grimshaw & Burden, 2000).

De golfswing wordt beschouwd als een van de meest moeilijke sportbewegingen om uit te voeren, daarvoor is het begrijpen van de mechanica van de swing voordelig voor zowel de golfer zelf als de trainer (Vaughn, 1979). Voor het adviseren van een minder risicovolle uitvoering van de golfswing is er dus kennis nodig over de individuele functiemogelijkheden in relatie tot de eisen van de golfswing. Stel iemand met een verminderde lenigheid van de heupen (bijvoorbeeld iemand met een total hip) zal de golfswing anders moeten uitvoeren dan iemand met een ruimere bewegingsmogelijkheid in de heup. Met dit soort kwesties zal de golftrainer rekening moeten houden bij het aanleren van een golfswing.

De huidige praktijk leert echter nog dat er eerst de 'standaard swing' wordt aangeleerd en daarna wordt gekeken of iemand die beweging aan kan leren. Het ideale voor de persoon die wilt gaan golfen zijn dat er eerst wordt gekeken naar wat hij/zij wel dan niet kan bereiken in bewegingsuitslagen en daarop een golfswing op wordt bedacht.

Inzicht in de relatie tussen functie-eisen en functie mogelijkheden vereist dus zowel kennis van de individuele functiemogelijkheden van de golfer als van de eisen die de golfswing aan hem/haar stelt.

Bij de golfswing speelt het roteren van diverse lichaamssegmenten, om een longitudinale as, een belangrijke rol. De bewegingsuitslagen die hierbij gemaakt worden lijken dicht in de buurt te komen van de maximale range of motion (ROM) (Okuda, Gribble, & Armstrong, 2010). Dit is echter nooit onderzocht.

Er is veel literatuur te vinden over de kinematica van de golfswing, maar dergelijke studies geven niet aan hoeveel procent een persoon van zijn totale ROM gebruikt tijdens een golfswing (Adlington, 1996) (Burden, Grimshaw, & Wallace, 1998) (Okuda, Gribble, & Armstrong, 2010) (Meister, et al., 2011). Om dat te bepalen is er individuele informatie nodig over de maximale rotatiemogelijkheden van de golfer.

In dit onderzoek staat daarom de vraag centraal in welke mate een golfer de maximale (longitudinale) rotatiemogelijkheden van zijn onderste extremititeit, romp, schouders en cervicale wervelkolom aanspreekt bij een golfswing. Om deze vraag te beantwoorden worden de optredende rotaties bij een maximale poging tot roteren in stand vergeleken met de rotaties die optreden bij de golfswing. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een 3D optokinetisch systeem (optitrack).

In de dagelijkse praktijk van een golfinstructeur is een dergelijke meting echter niet uitvoerbaar. Vandaar dat er tevens een eenvoudiger uitvoerbare 2D variant van de maximale ROM meetmethode is ontwikkeld. De betrouwbaarheid van dit systeem zal worden bepaald door de uitkomsten te vergelijken met die van het 3D systeem.

In dit onderzoek wordt de focus gelegd op de kinematische rotatie eisen van de golfswing en de daarbij rotatiemogelijkheden van de golfer, de persoon zelf. Bij de golfswing speelt het roteren van diverse lichaamssegmenten, om een longitudinale as, een belangrijke rol.

De bewegingsuitslagen die bij de golfswing gemaakt worden doen een beroep op de volledige beschikbare range of motion van een groot aantal gewrichten (Russe, 1975).

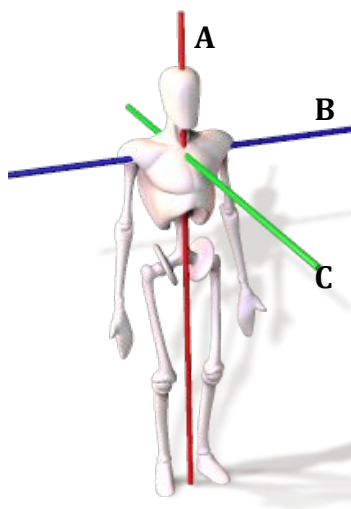
De individuele verschillen in bewegingsmogelijkheden van de gewrichten in deze rotatie keten zullen daarom direct gevolgen hebben voor de uitvoering van de swing.

Om deze individuele verschillen in rotatie van een golfer voor een golftrainer zichtbaar te maken zal er een eenvoudig uitvoerbare meetmethode ontwikkeld worden die de trainer informatie verschaft over de rotatiemogelijkheden van de golfspeler.

2 Kinematische beschrijving van de golfswing

In dit hoofdstuk wordt eerst de globale fasering van de golfswing toegelicht. Aangezien de focus in deze studie ligt op de optredende rotatie van de diverse lichaamsdelen om een longitudinale as wordt vervolgens meer in detail ingegaan op de optredende onderlinge rotatiebewegingen.

In deze studie worden de volgende bewegingen gedefinieerd (afbeelding 1: A: longitudinale rotaties van segmenten (links en rechtsom roteren/exo-endo roteren) om de longitudinale as, B: Voor en achterover kantelingen (flexie/extensie, ante-/retroflexie om de frontale as en C: Zijwaartse kantelingen (lateroflexie/ad-/abductie om de sagittale as (afbeelding1) als rotaties om de longitudinale as, ante-/retroflexie om de frontale as en ad-/abductie om de sagittale as (afbeelding 1).



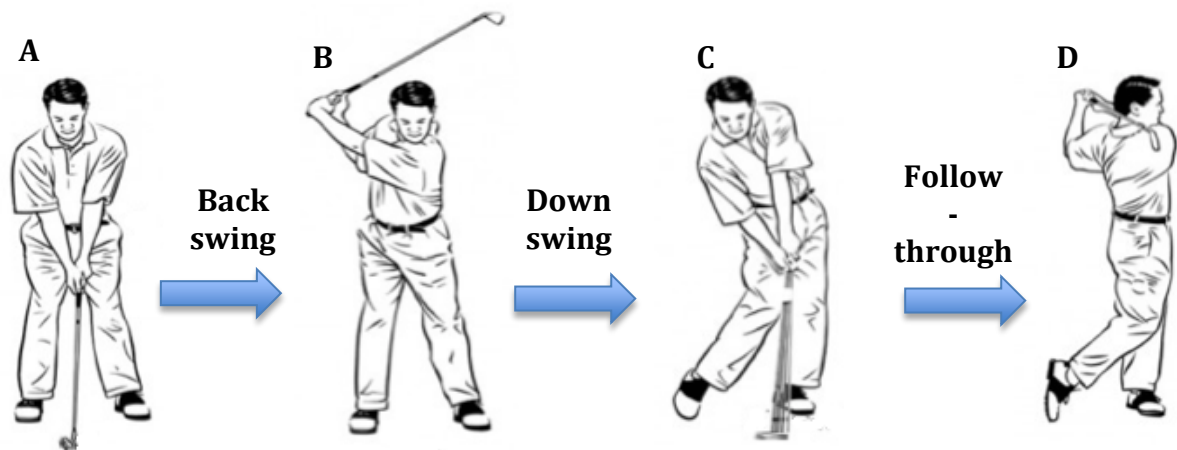
Afbeelding 1: Anatomische bewegingsassen.

A: longitudinale
B: frontale/transversale as
C: sagittale as

2.1 Globale fasering van de golfswing

De golfswing is een dynamische beweging die kan worden gedefinieerd als het proces van het zwaaien van de golfclub om zo de golfbal te raken.

In deze studie wordt de golfswing in 3 fases ingedeeld. De start en eindpunten van elke fase worden gemarkeerd door vier events. De events die in deze studie voor de swing worden gebruikt zijn set-up, top of the backswing, impact en eindstand (afbeelding 2).



Afbeelding 2: Events van de golfswing.

De fase tussen de set-up naar de top of the backswing is de backswing. Van de top of the backswing naar de impact is de fase downswing en de follow-through is de fase van de impact naar de eindstand.

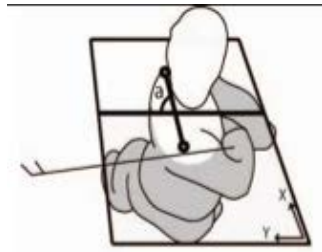
- A de set-up
- B de top of the backswing
- C de impact
- D de eindstand

Tussen deze events zitten de fases. In deze studie zijn de fases backswing (tussen set-up en top of backswing), downswing (tussen top of backswing en impact) en follow-through (tussen impact en eindstand). Onderstaande beschrijvingen zijn voor een rechtshandige golfer. Voor een linkshandige golfer gelden dezelfde events en fases maar zal de swing gespiegeld zijn met die van een rechtshandige golfer.

2.2 De kinematica van de rotatieketen

Uit diverse studies blijkt dat de schouderlijn in de top of the backswing, ten opzichte van de min of meer frontale uitgangspositie bij de set-up, 80° tot 110° geroteerd staat, afhankelijk van de kenmerken van de golfer, zoals leeftijd, flexibiliteit (Burden, Grimshaw, & Wallace, 1998) (McTeigue, Lamb, Mottram, & Pirozzolo F, 1994).

De rotatie waar voorgaande studies naar hebben gekeken is een lijn van het linker acromion naar de rechter en dan ruimtelijk gekeken hoeveel deze lijn roteert t.o.v. de beginpositie (afbeelding 3).



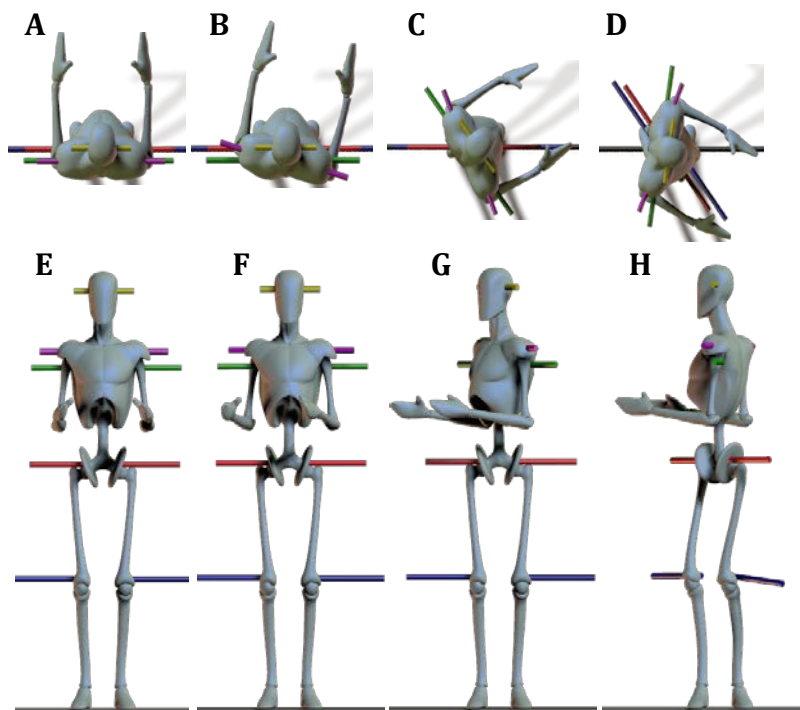
Afbeelding 3: Rotatie van de schouderlijn volgens Okuda et al. Lijn tussen het linker en rechter acromion, t.o.v. van de beginstand vanuit een transversaal vlak gekeken. De schouderlijn rotatie bij de backswing is 110° .

(Okuda, Gribble, & Armstrong, 2010)

De lijn waar in afbeelding 3 gekeken wordt is een lijn van de linker naar het rechter acromion (Okuda, Gribble, & Armstrong, 2010). Om van de beginstand, waarin de schouderlijn 0° is, naar de eindfase, schouderlijn 110° , te komen zijn er een aantal rotaties in het lichaam noodzakelijk. Alle rotaties worden beschreven aan de hand van een beginstand en eindstand of een rotatie van een segment t.o.v. een ander segment.

Om de schouderlijn ruimtelijk rechtsom te roteren over 110° is de bijdrage van een aantal onderlinge segmentrotaties noodzakelijk. Hierbij worden de volgende segmenten onderscheiden: scapula t.o.v. thorax, thorax t.o.v. pelvis, pelvis t.o.v. linker en rechter femur, linker en rechter femur t.o.v. de voeten.

Vanuit de beginpositie zal er om ruimtelijk rechtsom te roteren eerst in de linker scapula protractie plaats vinden en in de rechter scapula retractie. Dit is een rotatie rechtsom van de schoudergordel t.o.v. de thorax (afbeelding 4a en 4f). Vanuit een neutrale stand heeft men ongeveer 20° pro- en retractie (Russe, 1975). Na de rotatie van de scapula t.o.v. de thorax draait de thorax vervolgens t.o.v. de pelvis (afbeelding 4c en 4g). Vanuit een neutrale positie kan er maximaal 60° tot 80° linksom en rechtsom geroteerd worden (Debrunner, 1971). Hierna komt er een rotatie van de pelvis t.o.v. de linker en rechter femur (afbeelding 4d en 4h). Als de pelvis linksom het linkerbeen roteert heet dit in het linker heupgewricht endorotatie en in de rechterheup exorotatie. Als de pelvis rechtsom roteert t.o.v. het linkerbeen wordt dit exorotatie genoemd in het linker heupgewricht en endorotatie in het rechter heupgewricht. Maximale waarden van exorotatie is 60° en 30° endorotatie (Russe, 1975).



Afbeelding 4: Rotatieketen van een ruimtelijke rotatie om de longitudinale as.

Linksom roteren van beginstand tot eindstand, gekeken naar de schoudergordel lijn.

A t/m D worden bekeken vanuit een transversaal aanzicht en E t/m H vanuit een frontaal aanzicht.

A-E beginstand

B-F rotatie scapula t.o.v. thorax

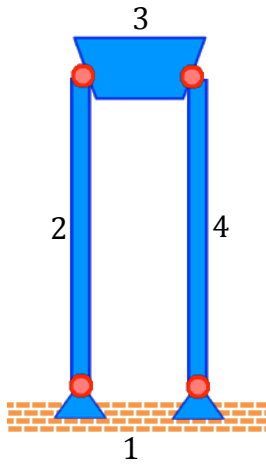
C-G rotatie thorax t.o.v. pelvis

D-H rotatie pelvis t.o.v. femur

Tot slot draait de femur t.o.v. de voeten. In dit geval zijn de voeten tevens de grond aangezien de voeten t.o.v. de grond niet (de grond is in dit geval de voeten, want die blijven recht vooruit staan en draaien niet t.o.v. de grond). In het afbeelding 4 wordt er uitgegaan van een rechtopstaande houding, waarbij de art. Genus in een gestrekte positie staan. De rotatie van het femur t.o.v. de onderliggende tibia is 0° , aangezien in gestrekte houding het art. Genus niet kan endo- of exoroteren.

Om uit te vinden of de enkels een bijdrage hebben in de rotatie van het been (femur en tibia worden samen genomen) t.o.v. de voet zal er een vrijheidsgraden analyse worden gedaan.

Om de vrijheidsgraden analyse te doen wordt de onderste extremiteit als een gesloten keten gezien, waarbij de grond de keten sluit (afbeelding 5).



Afbeelding 5: Vereenvoudigde weergave van de onderste extremiteit. Met de pelvis (3) en beide benen (2-4) op de grond (1).

In het art. Coxae bevinden zich 3 beperkingen en in het art. Talocruralis en art. Talocalcaneonavicularis bevinden zich samen 4 beperkingen.

Het articulatio Coxae is een kogelgewricht en heeft 3 beperkingen. Het articulatio Genus wordt buiten beschouwing gelaten (vanwege de gestrekte toestand) en worden de rechter femur en tibia-fibula en linker femur en tibia-fibula tezamen genomen. In de enkel zitten het articulatio Talocruralis en het articulatio Talocalcaneonavicularis (het onderste en bovenste spronggewricht), dit zijn 2 zadelgewrichten. Zowel het onderste als het bovenste spronggewricht hebben 2 beperkingen, wat maakt dat is de enkel 4 beperkingen zitten. Totaal zitten er 14 beperkingen in de keten, 2x3 beperkingen in de heup plus 2x4 beperkingen in de enkel.

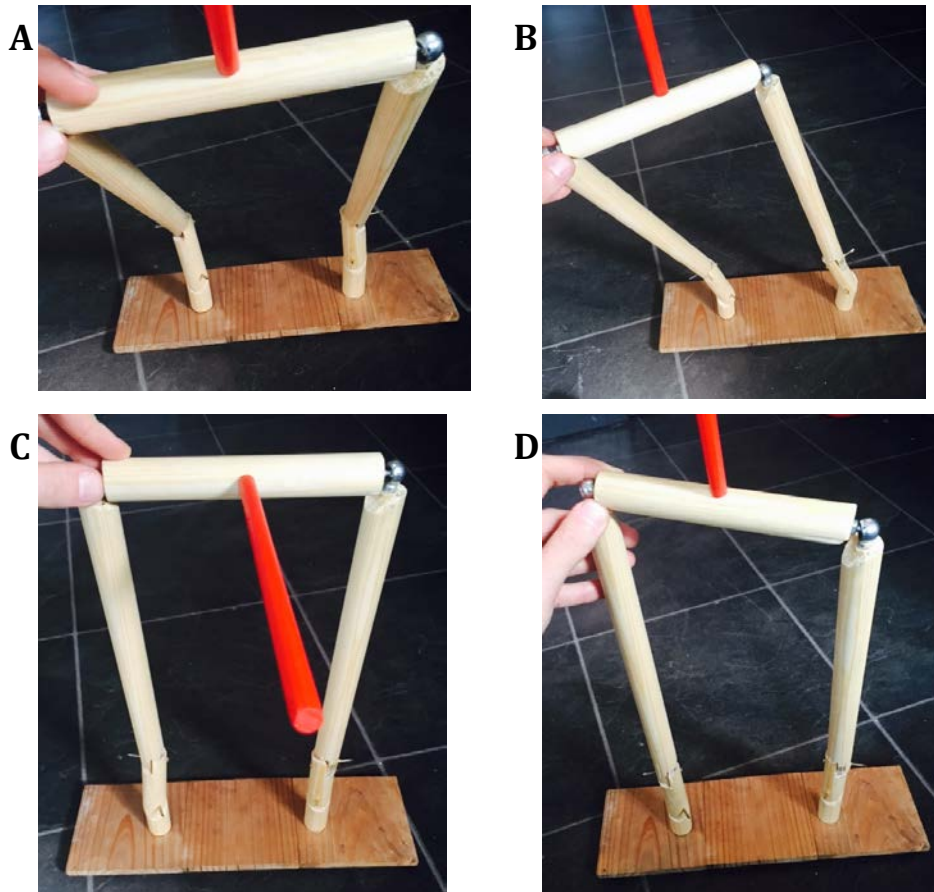
De rekensom om het aantal vrijheidsgraden uit te rekenen voor de heup t.o.v. de voeten wordt: $(6 * (4 - 1)) - (4 + 4 + 3 + 3) = 4 DF$. De heup heeft 4 vrijheidsgraden t.o.v. de voeten (die vast staan).

De eerste vrijheidsgraad is plantair-/dorsaal flexie in het bovenste spronggewricht. Hierbij zal de heup zuiver over de plantair-/dorsale as naar voren en naar achter bewegen t.o.v. de voeten (afbeelding 6A).

De tweede vrijheidsgraad is het van zuiver links naar recht bewegen in de enkel. Vanuit de neutrale positie (voeten recht naar voren en vast aan de grond) kan er naar lateraal bewogen worden. Beide benen moeten wel dezelfde kant opgaan. Dus beide benen bewegen t.o.v. de enkel naar rechts of naar links. Er is een combinatie tussen het onderste spronggewricht en bovenste spronggewricht (in-/eversie met dorsaal-/plantairflexie)(afbeelding 6B).

De derde vrijheidsgraad zit hem in de heup zelf. Er zal ante- en retroflexie in het heupgewricht zelf plaats vinden. De beweging zal het naar voren en achter kantelen van het bekken zijn t.o.v. de benen, waarbij de benen en enkels niet bewegen (afbeelding 6C).

De vierde vrijheidsgraad is een combinatie tussen het heupgewricht en de bovenste spronggewricht. Retroflexie in de heup en dorsaalflexie in de enkel aan de ene kant en de andere kant anteflexie (heup) en plantairflexie (enkel) (afbeelding 6D).



Afbeelding 6: Bewegingsvrijheden van de gesloten keten met de pelvis, benen, voeten en de grond.

A bewegingsvrijheid 1

B bewegingsvrijheid 2

C bewegingsvrijheid 3

D bewegingsvrijheid 4

2.3 Invloeden rotatieketen

Zowel de stand van de voeten als de positie van het hoofd heeft nog invloed op de ruimtelijke rotaties van de verschillende segmenten uit de rotatieketen.

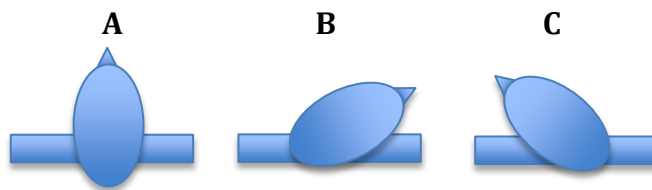
Met een aantal kleine testjes is er gekeken naar wat de invloed van de positie van het hoofd en van de voeten op de ruimtelijke rotatie van de schouderlijn.

2.3.1 Invloed hoofd

Als eerste zal de invloed van de stand van het hoofd t.o.v. de thorax op de ruimtelijke rotatie van de schouderlijn besproken worden.

Het hoofd heeft door middel van de cervicale wervels invloed op de totale rotatie van de wervels. Wat zich uit in de rotatie van de thorax t.o.v. de pelvis. Door wat kleine testjes is er gekeken naar de invloed op de stand van het hoofd t.o.v. de thorax.

Vanuit 3 verschillende beginposities (hoofd recht naar voren, hoofd naar rechts en hoofd naar links) werd er maximaal rechtsom en linksom geroteerd (afbeelding 7).



Afbeelding 7: Schematische weergave van de test op de invloed van de stand van het hoofd.

- A** Beginstand met het hoofd recht vooruit kijkend
- B** Beginstand met het hoofd naar rechts kijkend
- C** Beginstand met het hoofd naar links kijkend

De beginstand waarin het hoofd maximaal rechtsom geroteerd staat had een positieve bijdrage aan de rechtsom rotatie en negatief linksom. Bij het hoofd maximaal linksom geroteerd was dit net andersom (tabel 1).

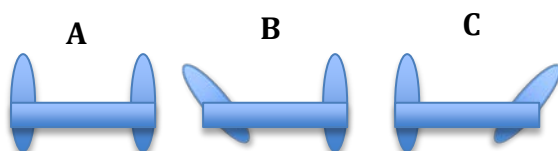
Tabel 1: Resultaten van de invloed van het hoofd op de ruimtelijke rotatie van de schouderlijn.

Beginstand	Rechtsom roteren	Linksom roteren
Hoofd naar voren	94°	93°
Hoofd naar rechts	115°	46°
Hoofd naar links	45°	101°

2.3.2 Invloed voeten

Ten tweede is de invloed van de stand van de voeten op de ruimtelijke rotatie van de schouderlijn getest worden.

In de test werd er gemeten met 3 verschillende beginstanden: beide voeten vooruit, vervolgens de linkervoet naar buiten (rechtervoet naar voren) en daarna de rechtervoet naar buiten (linkervoet naar voren). Een schematische weergave van deze test is te zien in afbeelding 8.



Afbeelding 8: Schematische weergave van de test op de invloed van de stand van de voeten.

- A** beginstand met beide voeten naar voren
- B** beginstand met linkervoet naar buiten gedraaid en rechtervoet vooruit
- C** beginstand met rechtervoet naar buiten gedraaid en linkervoet vooruit

Vervolgens werd er eerst rechtsom gedraaid en daarna linksom. Uit de test bleek dat als de linkervoet naar buiten wordt gedraaid t.o.v. de eerste stand er een positieve bijdrage levert aan de rotatie linksom, maar een negatieve bijdrage aan de rotatie rechtsom. De positie met de rechtervoet naar buiten had een positieve bijdrage rechtsom en negatief linksom (tabel 2).

Tabel 2: Resultaten ruimtelijke rotaties van de thorax en pelvis met verschillende standen van de voeten.

Beginstand	Segment	Rechtsom	Linksom
Voeten recht	Thorax	107°	102°
	Pelvis	53°	53°
Linkervoet buiten	Thorax	86°	108°
	Pelvis	39°	56°
Rechtervoet buiten	Thorax	112°	85°
	Pelvis	59°	36°

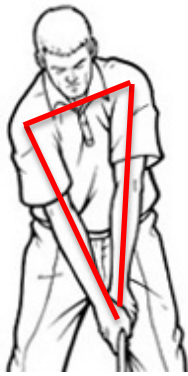
2.4 Rotaties in de golfswing

Nu de kinematica van de rotatieketen is uitgelegd, moet er worden gekeken naar de optredende rotaties in de golfswing. Er zal worden nagegaan bij welke eerder besproken events en/of fases in de golfswing hoge waarden (misschien wel maximale waarden) van rotaties worden behaald. De golfswing is een dynamische beweging die kan worden gedefinieerd als het proces van het zwaaien van de golfclub om zo de golfbal te raken. Tijdens deze beweging worden er complexe bewegingen gemaakt in de heupen en lumbale wervelkolom van de golfer (McTeigue, 1994).

De set-up is de beginstand van de golfswing. Hierbij richt de golfer zich naar het target (meestal de vlag). Bij de set-up zijn de benen iets uit elkaar gepositioneerd en ligt de bal in het midden (of iets links van het midden). De knieën worden iets gebogen en de rug wordt gerecht waarbij in de heup een lichte flexie zit. Het hoofd wordt tevens voorover gekanteld om zo naar de bal te kunnen kijken.

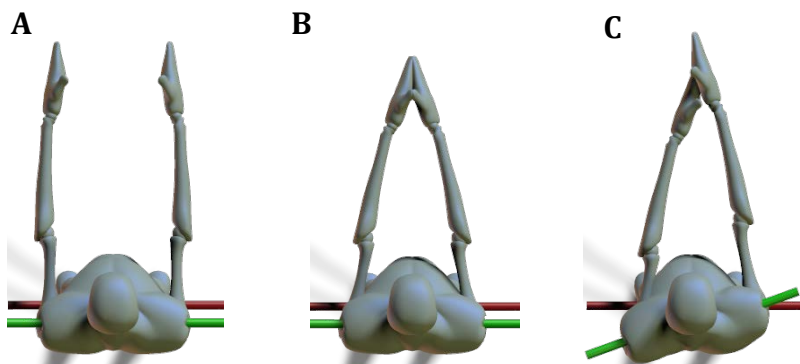
Bij de set-up staan voor een rechtshandige speler de voeten uit elkaar en zijn de voeten iets gedraaid naar buiten (lichte exorotatie van de benen in beide heupgewrichten), de linker voet staat iets meer naar buiten t.o.v. de x-as (20-30°) dan de rechtervoet 10° (McHardy, Pollard, & Bayley, 2006). Uit deze stand van de voeten moet, zoals eerder besproken, een hogere rotatie linksom uitkomen dan rechtsom. Oftewel zal er een hogere waarden moeten worden gevonden bij de eindstand dan de backswing.

De rechterhand wordt onder de linkerhand geplaatst op de grip van de golfclub, een visuele driehoek wordt gevormd (afbeelding 9).



Afbeelding 9: De virtuele driehoek bij de set-up. Deze wordt gevormd door de armen en de schouders in het frontale vlak.

Doordat de rechterhand onder de linkerhand wordt geplaatst, zal de linker scapula hoger staan en meer in retractie dan de rechter scapula, die meer in protractie staat (afbeelding 10).



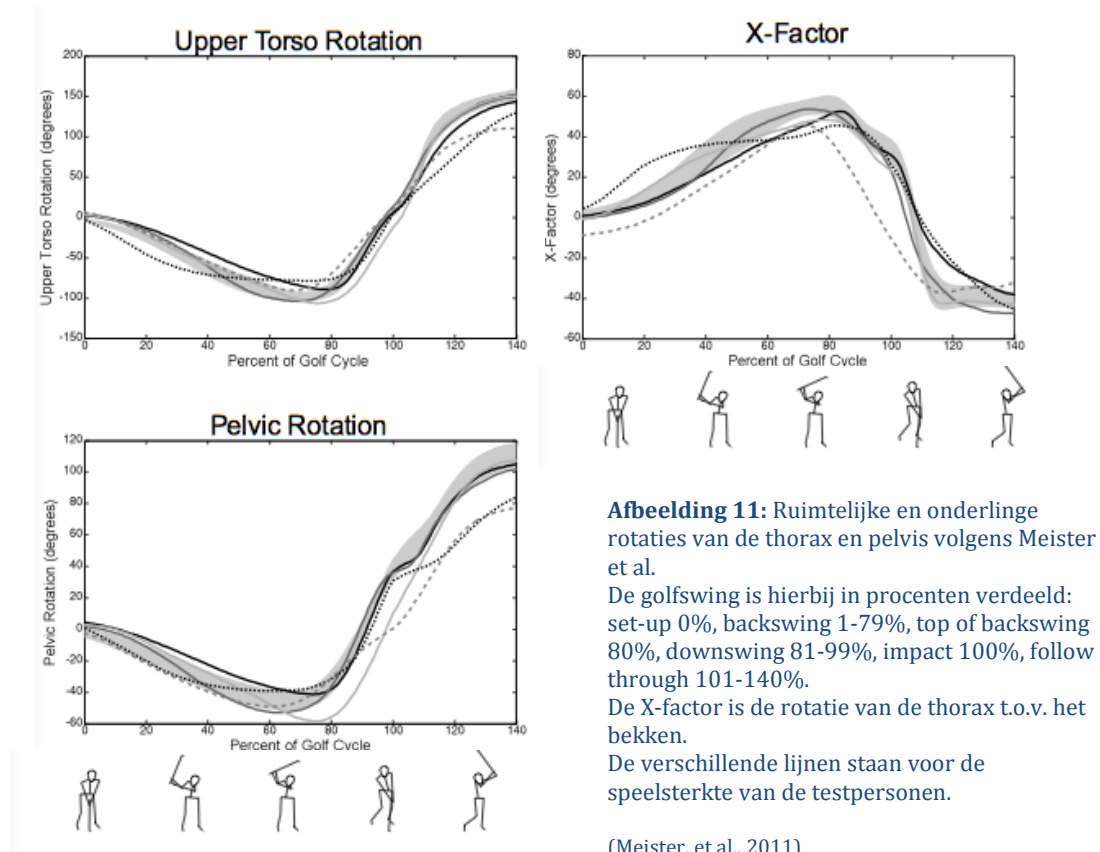
Afbeelding 10: Beginnende pro- en retractie van de scapula tijdens de set-up vanuit een transversaal vlak.

Als beide armen naar voren worden gebracht (A) kunnen vanuit die positie de handen naar elkaar worden gedaan (B). Hierdoor is er alleen sprake van adductie in beide art. Humeri. Bij een rechtshandige golfer moet de rechterhand onder de linkerhand worden geplaatst. Dit is mogelijk als er retractie in de linker scapula plaatsvindt en protractie in de rechter scapula (C). De rode lijn is het getrokken door de thorax. Deze blijft op dezelfde positie en roteert niet mee.

Dit veroorzaakt een lateraal flexie van 16° naar rechts voor een rechtshandige speler in de wervelkolom (Hume, Keogh, & Reid, 2005). Hierdoor staat het linker scapula iets in retractie en de rechter scapula in protractie. Vanaf de set-up wordt er bij een rechtshandige speler rechtsom geroteerd naar de top of the backswing.

Meister (Meister, et al., 2011) en Okuda (Okuda, Gribble, & Armstrong, 2010) hebben onderzoek gedaan naar hoeveel een golfer zijn thorax en pelvis ruimtelijk roteert vanaf de set-up tot aan de eindstand. De thorax is gemeten met een schouderlijn genomen van het linker tot het rechter acromion en voor het bekken is een lijn genomen van de linker en rechter spina iliaca anterior superior (sias). Tevens onderzoekt Meister (Meister, et al., 2011) de X-factor, dit is de hoekrotatie van de schouderlijn (thorax) t.o.v. de bekkenlijn (pelvis). De rotatie tussen de romp en het bekken creëert een mechanische belasting op de onderrug (Adlington, 1996) (Burden, Grimshaw, & Wallace, 1998) (McTeigue, Lamb, Mottram, & Pirozzolo F, 1994).

Afbeelding 11 laat data zien waarbij de golfswing in procenten is verdeeld. De set-up is 0% en eindstand 140%. De toppen in deze data zitten rond de 80% en 140%. Dit zijn de events top of the backswing en eindstand. Rechtsom roteren geeft een negatieve waarde en linksom een positieve waarde.

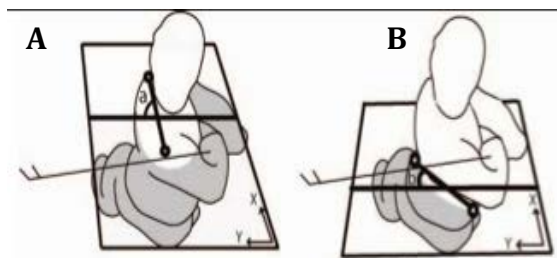


(Meister, et al., 2011)

Uit de data komt een ruimtelijke rotatie rechtsom van de thorax van 100° en linksom 150°, een ruimtelijke rotatie van tegen de 60° rechtsom en 120° linksom.

Vreemd genoeg is bij de X-factor rechtsom roteren positief is en linksom negatief. De waarden die worden behaald is dat de thorax t.o.v. het bekken tegen de 60° rechtsom roteert en 40° linksom roteert.

Uit de studie van Meister (Meister, et al., 2011) komt voort dat hoge rotaties van de thorax en pelvis in de golfswing zitten bij zowel de top of the backswing als de eindstand. Uit dit onderzoek is niet gebleken of deze waarden de maximale ROM waarde zijn van de spelers. Okuda (Okuda, Gribble, & Armstrong, 2010) heeft alleen onderzoek gedaan naar de ruimtelijke rotaties van de thorax en pelvis (afbeelding 12).



Afbeelding 12: Romp- en bekkenrotatie stand in de backswing volgens Okuda et al. A geeft de schouderrotatie aan en B de bekkenrotatie. In het onderzoek is een romprotatie van 97,8° en een bekkenrotatie van 51,5°.

(Okuda, Gribble, & Armstrong, 2010)

In het onderzoek van Okuda (Okuda, Gribble, & Armstrong, 2010) is gebleken dat de hoogste rotatie waarden in de top of the backswing en de follow-through zit. De top of the backswing heeft een waarde voor een romprotatie van 97,8° en de follow-through 55,2° (tabel 3).

Tabel 3: Romp- en bekkenrotatie tijdens de golfswing.

(Okuda, Gribble, & Armstrong, 2010)

	Set-up	Back swing	Top of backswing	Impact	Follow-through
Romp rotatie	-6,3°	40,7°	97,8°	-12,9°	-55,2°
Bekken rotatie	-3,1°	21,8°	51,5°	-33,7°	-44,6°

De ruimtelijke rotatie van het bekken is in de top of the backswing 51,5° en in de follow-through 44,6°. In dit onderzoek is de follow-through als eindstand genomen. De waarden linksom roteren (follow-through) zullen niet maximale rotatie zijn van de golfswing.

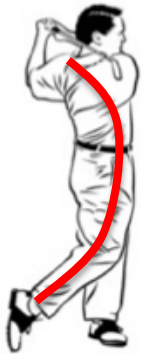
In beide onderzoeken komt uit dat er rechtsom roterend de maximale uitslag zit bij de top of the backswing en linksom roterend bij de eindstand.

De follow-through fase is de fase van de golfswing waarbij vertragingen van de romprotatie optreedt en er wordt bewogen richting de eindstand. In de follow-through wordt de swing afgeremd.

In de literatuur is gevonden dat de top of the backswing een hele hoge ruimtelijke schouderlijn rotatie heeft (Meister, et al., 2011). Dit is te verklaren door de stand en beweging van het hoofd en de stand van de voeten. Bij de backswing staat het hoofd gericht naar de bal en heeft geen ruimtelijke rotatie rechtsom. Het hoofd draait dan t.o.v. de thorax linksom. Bij de follow-through draait het hoofd mee (om zo de bal te volgen). Hierdoor hebben de cervicale wervels een bijdrage aan de rotatieketen. Tevens staat de linkervoet vanaf het begin van de swing iets naar buiten gedraaid (linkervoet staat 20-30° naar buiten gedraaid t.o.v. de grond en de linkervoet 10° (McHardy, Pollard, & Bayley, 2006).

Bij de eindpositie zal een hoge rotatie aanwezig zijn, aangezien de speler vast op de grond staat en toch de bal nakijkt. Het hoofd zal dus meedraaien en zo de cervicale wervels meedoen in de rotatie keten.

De eindpositie van de golfswing wordt vaak aangeduid als een omgekeerde C (Mitchell, Banks, Morgan, & Sugaya, 2003)(afbeelding 13).



Afbeelding 13: De eindpositie van de golfswing . De stand wordt ook wel vanuit een sagittaal vlak gezien als een omgekeerde C (rode lijn).

3 Onderzoeksmethode

3.1 Deelnemers

Aan dit onderzoek hebben 10 golfers deelgenomen die alle aan de criteria voldoen als leeftijd, handicap/speelsterkte, speelervaring. Alle deelnemers aan dit onderzoek waren rechtshandige spelers.

Een overzicht over de deelnemers is weergegeven in tabel 4.

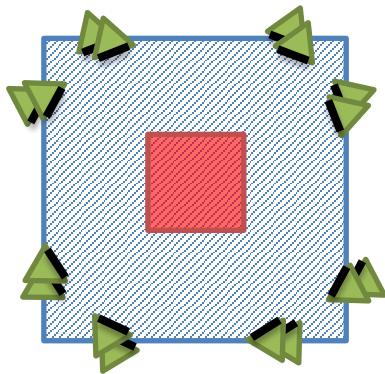
Tabel 4: Overzicht met de specificaties van de deelnemers aan dit onderzoek.
Gemiddelde waarden ($\pm$ Standaarddeviatie).

	Deelnemers (n=10)
Geslacht	7 mannen/3 vrouwen
Leeftijd (j.)	40 (15.5)
Speelervaring (j.)	11.2 (6.2)
Handicap/speelsterkte	18.2 (6.6)

3.2 Algemene instrumentatie

De ruimtelijke en onderlinge rotaties om de longitudinale as en de golfswing werden gemeten met behulp van een driedimensionale (3D) video analyse systeem, met 16 infrarood camera's van 120Hz (optitrack motive capture system, flex 13 camera's; Bewegingstechnologie te Haagse Hogeschool).

Voor beide onderzoeken werd gebruik gemaakt van het optitrack 3D-systeem. Het meetvolume van de metingen was $4,5\text{m}^3$. De 16 camera's werden gezet op de rand van een oppervlakte van ongeveer 9m^2 en een meetvolume van 8m^3 (afbeelding 14).



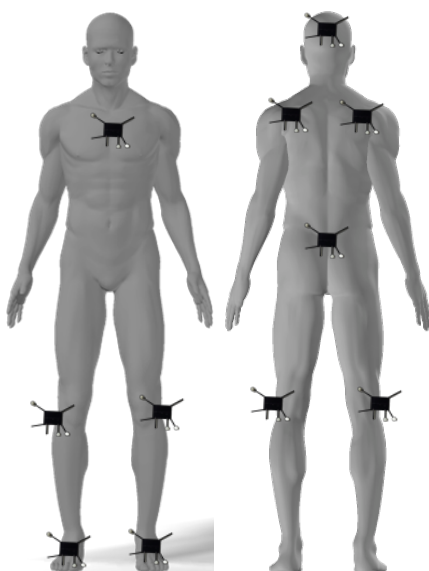
Afbeelding 14: Schematische weergave van het meetvolume van het optitracksysteem. Het rode gebied is het gebied waar de deelnemer staat ($4,5\text{m}^3$). Het blauwe gebied weergeeft het meetvolume van de camera's (18m^3). De groene driehoekjes zijn de camera's waar het zwarte gedeelte de lens van de camera voorstelt.

Voor het meten met het optitrack 3D-systeem hadden de deelnemers een pak aan met daarop 28 markers die onderverdeeld waren in 9 clusters. Aan een cluster zitten 3 tot 4 reflecteren markers bevestigd (afbeelding 15).



Afbeelding 15: Cluster van het optitracksysteem. Met 3 reflecterende markers/bolletjes voor de infrarood weerkaatsing van de camera's. Op de zwarte stokjes kunnen nog andere markers worden bevestigd.

De 9 clusters werden geplaatst zoals weergegeven in afbeelding 16.



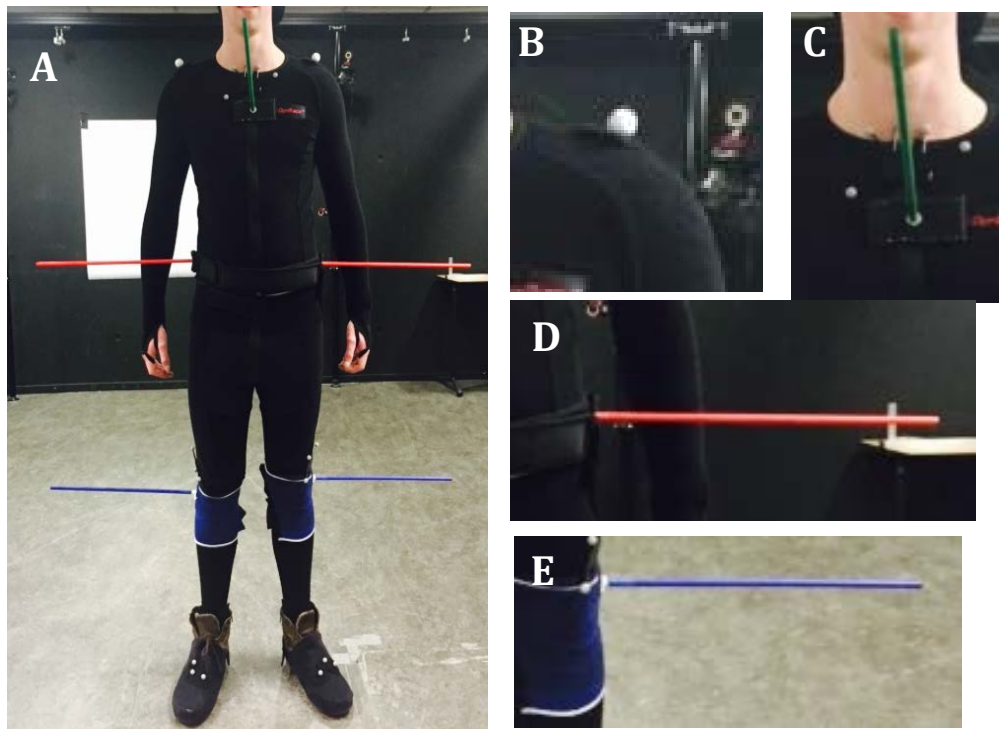
Afbeelding 16: Clusterverdeling op het pak van de deelnemer. Elk cluster wordt m.b.v. klittenband bevestigd aan het klittenbandpak.

Verdeling:

- 1 cluster op het hoofd
- 2 clusters op de scapula (links en rechts)
- 1 cluster op het sternum
- 1 clusters op het pelvis (het sucrum)
- 2 clusters op de condylus lateralis femur (links en rechts)
- 2 clusters op de wreef (links en rechts)

3.3 Meetmethode

Voor het meten met het 2Dtool systeem had de deelnemer, naast het 3D optitrack pak, 7 markers op geplakt gekregen die zichtbaar zijn voor de VIRB camera en niet voor de 3D infrarood camera's. De 7 markers voor de 2Dtool zijn 2 bolletjes en 5 staafjes. De 2 bolletjes worden op het linker en rechter acromion geplaatst en de 5 staafjes op het sternum, de linker en rechter spina iliaca anterior superior en de linker en rechter condylus lateralis van het femur (afbeelding 17).



Afbeelding 17: Weergave van de bevestigde markers voor het 2Dtool systeem.

Een wit bolletje op elk acromion, een groen stokje op het sternum, een rood stokje op elk spina iliaca anterior superior(SIAS), een blauw stokje op elk condylus lateralis van het femur.

A: overzicht van het gehele corpus met bij behorende bevestiging van markers.

B: ingezoomde weergave van de marker op het linker acromion

C: ingezoomde weergave van de marker op het sternum

D: ingezoomde weergave van de marker op de linker SIAS

E: ingezoomde weergave van de marker op het linker condylus lateralis van het femur

Vanaf een bovenaanzicht werd de rotatie beweging geregistreerd met een 2Dvideocamera. De camera hing ongeveer 1 meter boven de deelnemer. Om de deelnemer goed onder de camera te positioneren is er gebruik gemaakt van een 'life-view' optie. Een voorbeeld van hoe het eruit ziet vanuit een bovenaanzicht is weergegeven in afbeelding 18.



Afbeelding 18: Aanzicht vanaf de positie van de 2Dvideocamera.

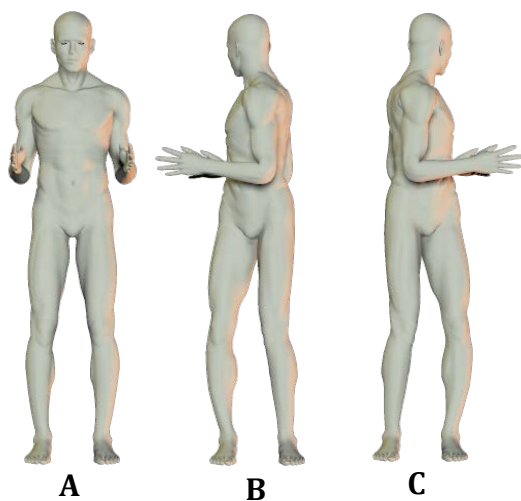
3.3.1 Beweging

De bewegingen die geregistreerd werden zijn een maximale rotatie rechts- en linksom vanuit de rechtopstaande beginpositie en een golfswing beweging.

Bij de maximale rotatie in stand is de proefpersoon gelijktijdig met het 2D en 3D systeem gemeten. De golfswing is uitsluitend met het 3D systeem gemeten. Na de meting van de maximale rotatie in stand werden de 2D markers (bolletjes en staafjes) verwijderd.

3.3.2 Uitvoering maximale rotatie beweging.

De beginstand is een rechtopstaande houding met 90° flexie in het articulatio Cubiti (afbeelding 16A). Belangrijk is dat er bij een rechtshandige golfer eerste rechtsom wordt geroteerd en vervolgens linksom (afbeelding 19). Bij een linkshandige speler is het net andersom. De beweging is in dit onderzoek 3x gemeten.



Afbeelding 19: Maximale rotatie beweging om de longitudinale as.

A: Beginhouding

B: Maximaal rechtsom

C: Maximaal linksom

De voeten van de persoon staan recht naar voren en mogen tijdens de beweging niet over de grond roteren. Wel mag er gekanteld worden over de laterale en mediale kant van de voeten.

De beweging vanuit de beginpositie is (voor een rechtshandige speler) rechtsom roteren om een longitudinale as. Het hoofd van de speler mag meedraaien (afbeelding 16B). Vervolgens vanuit de maximaal rechtsom geroteerde positie wordt er maximaal linksom geroteerd, ook hier mag het hoofd helemaal meedraaien (afbeelding 16C). Vervolgens beweegt de persoon weer terug naar de beginpositie. Deze beweging wordt 3x herhaald.

3.3.3 Uitvoering golfswing

Al hoewel er genoeg vrijheid was voor de deelnemers om de maximale rotatiebeweging om de longitudinale as te maken zijn er voor de golfswing een aantal aanpassingen aangebracht. Het plafond en de camera rails van het 3D systeem waren net iets te laag waardoor er met een verzwaarde stok in plaats van een golfclub is gemeten om zo schade te reduceren en het weerkaatsen van de infrarood straling van de camera's door de golfclub te voorkomen.

Doordat de deelnemers geen golfclub gebruikten was het overbodig om met een (plastic)bal te werken die de deelnemers weg konden slaan. Tevens zijn de golfers gemeten op normale schoenen op een gewone vloer en geen golfschoenen met spikes op (kunst)gras.

Zowel de maximale rotatiebeweging als de golfswing zijn 3x gemeten.

3.4 Data verzameling en verwerking

De ruwe markerdata is in de optitrack software, waar nodig, geïnterpoleerd (cubic interpolation; frame gap 20) en vervolgens met een lowpass butterworth filter (sampling rate 120 Hz, cut-off frequency 3 Hz, filter order 4) gefilterd in Matlab. Vervolgens zijn de maximale ruimtelijke en onderlinge longitudinale rotatiewaarden per segment bepaald met een zoekroutine (index minimale en maximale waarden vinden en bepalen van de minimale en maximale punten) in Matlab.

Met de 2D videocamera (1080p, 30fps) worden avi files verkregen. Dit zijn normale video bestanden. Deze data wordt ingelezen in het verwerkingsprogramma KINOVEA. Met dit programma werden met het hoekgereedschap de maximale en onderlinge longitudinale rotatiewaarden per segment bepaald.

3.4.1 Statistische analyses

Voor alle statistische analyses is gebruik gemaakt van SPSS (IBM SPSS Statistics v.20).

De betrouwbaarheid van het 2D systeem is bepaald door de limits of agreement (LOA) met behulp van de Bland Altman methode (BJA, 2007). Tevens wordt het verschil getoetst met behulp van een ANOVA test (LeCessie, 2012).

De vraag of er bij de golfswing dezelfde rotaties worden bereikt als bij de maximale test in stand is beantwoord door een t-test uit te voeren. Vanwege dat er 2 bewegingen (maximaal rotatie en golfswing) van eenzelfde persoon worden vergeleken volstaat een independent samples t-test (Ho, 2006).

4 Onderzoeksresultaten

4.1 2Dsysteem en het 3Dsysteem

Voor het analyseren van de data zijn de verschillende segmenten apart met elkaar vergeleken van de 2D meting met de 3D meting.

Uit de data komen verschillende lineaire regressies van de verschillen tussen het 2D systeem en 3D systeem van ruimtelijke rotaties van de schouderlijn ($r=.861$, $n=60$, $p>0.05$), sternum ($r=.870$, $n=60$, $p=0.05$), pelvis ($r=.861$, $n=60$, $p<0.05$), linker femur ($r=.867$, $n=60$, $p=0.05$), rechter femur ($r=.787$, $n=60$, $p>0.05$).

Voor de onderlinge rotaties van de segmenten door het 2Dsysteem vergeleken met het 3Dsysteem komen de volgende significanties voor de schouderlijn t.o.v. het sternum ($r=.302$, $n=60$, $p<0.05$), sternum t.o.v. pelvis ($r=.752$, $n=60$, $p<0.05$), pelvis t.o.v. linker femur ($r=.745$, $n=60$, $p<0.05$), pelvis t.o.v. rechter femur ($r=.729$, $n=60$, $p<0.05$).

Daarnaast zijn de intra correlatie coëfficiënten (ICC's) berekend voor de schouderlijn (.625), sternum (.930), pelvis (.924), linker femur (.867), rechter femur (.870).

Tevens zijn ook de ICC waarden voor de onderlinge rotaties van de segmenten berekend met voor de schouderlijn t.o.v. sternum (.415), sternum t.o.v. pelvis (.834), pelvis t.o.v. linker femur (.849), pelvis t.o.v. rechter femur (.840).

In bijlage 12 is een overzicht weergegeven van de lineaire verbanden en intra class correlatie coëfficiënten te vinden.

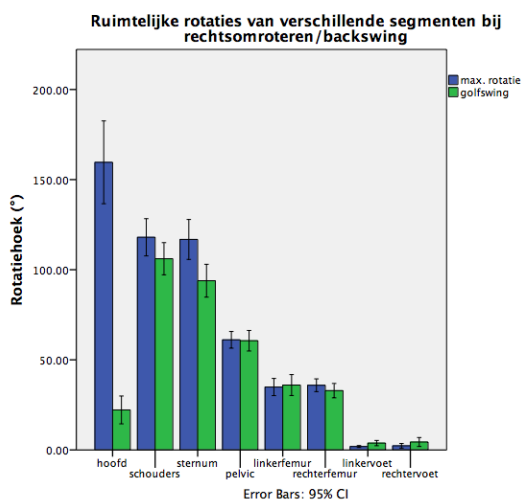
Na de ICC zijn de verschillende segmenten in scatterplots gezet voor een duidelijke weergave van elk segment met het 2Dsysteem tegen het 3D systeem uitgezet (bijlage 8 en 9). Voor de verschillende segmenten zijn de limits of agreement (LOA) berekend (tabel 5). Door het gebruik van Bland Altman plots zijn de LOA weergegeven (bijlage 10 en 11).

Tabel 5: Verschillen tussen de 2 meetsystemen (2D en 3D).
d=gemiddeld verschil, SD=standaard deviatie verschil, LOA=limits of agreement (min=d-2SD, max=d+2SD)

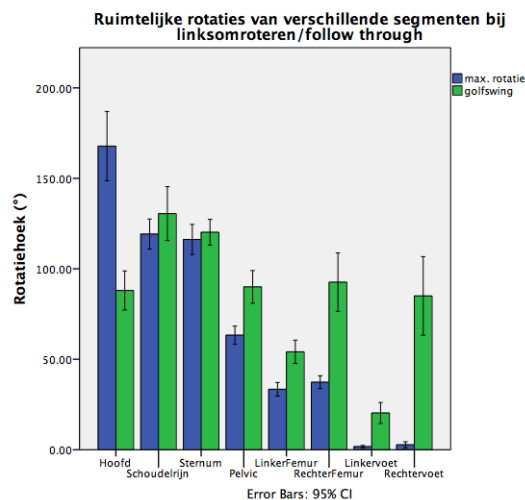
Segment	d	SD	LOA (d-2SD)	LOA (d+2SD)	Vershil LOA
Schouderlijn	.717	4.275	-7.833°	9.266°	17.1°
Sternum	-2.950	4.312	-11.573°	5.673°	17.2°
Pelvis	12.500	6.523	-.548°	25.548°	26.1°
Linker Femur	-2.650	5.012	-12.687°	7.386°	20.1°
Schouderlijn t.o.v. Sternum	1.750	3.322	-4.895°	8.395°	13.3°
Sternum t.o.v. Pelvis	-15.450	8.990	-33.431°	2.531°	35.9°
Pelvis t.o.v. Linker Femur	14.433	7.591	-.729°	29.595°	30.3°
Pelvis t.o.v. Rechter Femur	14.117	7.589	-1.062°	29.295°	30.7°

4.2 Maximale rotatie beweging en de Golfswing

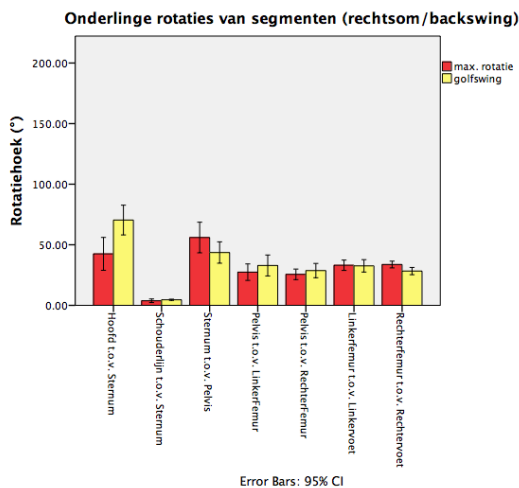
Bij het analyseren van de data van de maximale rotatiebeweging en de golfswing wordt het rechtsom roteren vergeleken met de backswing en het linksom roteren met follow-through. Er is gekeken naar wat elk segment ruimtelijk roteert (figuur 1 en 2) en wat de onderlinge rotaties zijn (figuur 3 en 4). Bij deze figuren zijn error bars ingevoerd met een betrouwbaarheidsinterval van 95%.



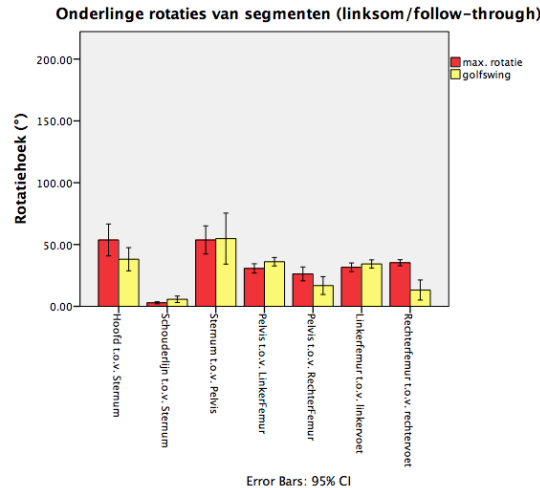
Figuur 1: Gemiddelde ruimtelijke rotatiehoeken van het rechtsom roteren en de backswing (n=10).



Figuur 2: Gemiddelde ruimtelijke rotatiehoeken van het linksom roteren en de follow-through (n=10).



Figuur 3: Gemiddelde onderlinge rotaties van het rechtsom roteren en de backswing (n=10).



Figuur 4: Gemiddelde onderlinge rotaties van het rechtsom roteren en de backswing (n=10).

In bijlage 13 en 14 zijn de gemiddelden te vinden per segment en beweging.

De gemiddelde verschillen tussen de maximale rotatie rechtsom en de backswing voor de verschillende segmenten zijn voor het hoofd 137,4° (p<0.05), schouderlijn 11,9° (p>0.05), sternum 22,9 (p<0.05), pelvis 0,5° (p>0.05), linker femur 1,1° (p>0.05), rechter femur 3° (p>0.05), linkervoet 1,9° (p<0.05), rechterschoon 2,1° (p>0.05).

Bij onderlinge rotaties zijn de verschillen bij het hoofd t.o.v. sternum 27,9° (p<0.05), schouderlijn t.o.v. sternum 0,8° (p>0.05), sternum t.o.v. pelvis 12,4° (p=0.05), pelvis t.o.v. linker femur 5,5° (p>0.05), pelvis t.o.v. rechter femur 3,1° (p>0.05), linker femur t.o.v. linker voet 0,5° (p>0.05), rechter femur t.o.v. rechterschoon 5,4 (p<0.05).

Voor het linksom roteren vergeleken met de follow-through zijn de volgende verschillen van segmenten voor het hoofd 79,8° (p<0.05), schouderlijn 11,3° (p>0.05), sternum 4° (p>0.05), pelvis 26,7° (p<0.05), linker femur 20,7° (p<0.05), rechter femur 55,3° (p<0.05), linkervoet 18,6° (p<0.05), rechterschoon 82,3° (p>0.05).

Bij onderlinge rotaties van het linksom roteren en de follow-through zijn de volgende gemiddelde verschillen gevonden voor het hoofd t.o.v. sternum 15,5° (p<0.05), schouderlijn t.o.v. sternum 2,8° (p<0.05), sternum t.o.v. pelvis 1,1° (p>0.05), pelvis t.o.v. linker femur 5,4° (p<0.05), pelvis t.o.v. rechter femur 9,4° (p<0.05), linker femur t.o.v. linkervoet 2,7° (p>0.05), rechter femur t.o.v. rechterschoon 22,1° (p<0.05).

Verder is er gekeken naar hoeveel procent de golfswing t.o.v. de maximaal rotatie beweging roteert per segment (tabel 6) en de van de onderlinge rotaties (tabel 7).

Tabel 6: Percentages dat de golfswing gebruikt van het maximaal roteren bij ruimtelijke rotaties. Verschillen van de ruimtelijke rotaties van de backswing met het rechtsom roteren en de follow-through met het linksom roteren.

Ruimtelijke rotaties	Rechtsom-Backswing(%)	Linksom-Follow-through(%)
Hoofd	13,9%	52,4%
Schouderlijn	89,9%	109,5%
Sternum	80,4%	103,4%
Pelvis	99,2%	142,2%
Linkerfemur	103,2%	161,9%
Rechterfemur	91,6%	248,3%
Linkervoet	200%	1194,1%
Rechtersvoet	191,3%	3148,3%

Tabel 7: Percentages dat de golfswing gebruikt van het maximaal roteren bij onderlinge rotaties. Met de backswing vergeleken met het rechtsom roteren en de follow-through met het linksom roteren.

Onderlinge rotaties	Rechtsom-Backswing(%)	Linksom-Follow-through(%)
Hoofd t.o.v. Sternum	165,6%	70,9%
Schouderlijn t.o.v. Sternum	121,1%	196,6%
Sternum t.o.v. Pelvis	77,9%	102,1%
Pelvis t.o.v. Linkerfemur	120,1%	117,6%
Pelvis t.o.v. Rechterfemur	112,1%	64,1%
Linkerfemur t.o.v. linkervoet	98,5%	108,5%
Rechterfemur t.o.v. rechtersvoet	83,9%	37,4%

5 Discussie

Deze studie is uitgevoerd om te kijken of een vereenvoudigd meetsysteem kan worden gebruikt om de rotatieketen te kunnen registreren en zo de functie eisen van de golfswing aan de functie mogelijkheden van de golfspeler aan te kunnen passen met duidelijke feedback waarden.

Tevens is er onderzocht hoeveel procent men gebruikt in de golfswing van de maximale rotatie beweging, waarvan wordt verwacht dat die beweging de ROM aangeeft van een persoon qua rotatie.

Hoewel er een lineair verband is tussen het 2Dsysteem en het 3Dsysteem, behalve de schouderlijn t.o.v. het sternum, laat de agreement statistiek zien dat er grote verschillen zitten

in de LOA van de meetsystemen. Ook liggen de minimale en maximale intra class correlatie waarden ver uiteen. Er kan met 95% zekerheid worden gesteld dat er over het algemeen (alle segmenten afzonderlijk) een significant verschil zit tussen de 2 systemen.

Het 2Dsysteem is nog niet geheel af om het 3Dsysteem (de gouden standaard) te kunnen vervangen en op golfclubs te kunnen worden gebruikt voor de golftrainer/coach.

In dit onderzoek zijn de gemiddelde waarden van de deelnemers (n=10) met elkaar vergeleken. De gemiddelden liggen ver uit elkaar (error bars met 95% betrouwbaarheidsinterval), waardoor er kan worden gesteld dat een golfer individueel moet worden gemeten en worden vergeleken. Wellicht dat een speler bijvoorbeeld 10x worden gemeten om daar vervolgens het gemiddelde uit te halen en dat te vergelijken met de gemeten ROM van de persoon. In dit onderzoek zijn de bewegingen 3 keer geregistreerd waardoor er geen zekerheid is van gemiddelden per persoon.

Kijkend naar hoeveel de golfswing van de maximale rotatie beweging inneemt kwamen te hoge percentages naar voren (bijvoorbeeld 196,6% bij de schouderlijn t.o.v. het sternum bij beide momenten). De hoge waarde van de schouderlijn t.o.v. het sternum kan het gevolg zijn van het feit dat men bij het maximale rotatiebeweging niet de armen volledig meeneemt. Bij een golfswing is dit wel het geval, aangezien de golfclub wordt vastgehouden en de armen als het ware een slinger vormen.

Het probleem van de schouderlijn t.o.v. de sternum zit in meerdere segmenten. De hoge percentages zijn wellicht toe te schrijven aan het gegeven dat de gestelde maximale rotatie beweging niet de maximale ROM van de persoon weergeeft. Een persoon kan wellicht veel meer roteren dan uit de waarden van de maximale rotatiebeweging kan worden opgemaakt.

Zo zijn sommige ruimtelijke rotaties van segmenten veel hoger bij de golfswing dan bij de maximale rotatiebeweging. De rechtervoet roteert ruimtelijk bij de golfswing in de follow-through fase ongeveer 3000% meer. Dit komt doordat de rechtervoet meedraait bij het golfen (er wordt verder op de tenen gedraaid). Hierdoor kan er meer ruimtelijk geroteerd worden aangezien bij de maximale rotatie beweging de voeten op de grond blijven staan (er mag wel gekanteld worden over de voetranden, mediaal en lateraal). Doordat bij de golfswing in de follow-through er over de tenen worden gedraaid drukt de linker femur de heup verder ruimtelijk linksom (142,2%). Hierdoor is er een mindere rotatie in de rechter heup dan in de linker heup.

De onderlinge rotatie van het hoofd t.o.v. het sternum is heel groot. Bij maximale rotatie beweegt het hoofd mee (om zo maximaal de schouderlijn en thorax te kunnen roteren), bij de backswing blijft het hoofd stil en naar de grond gericht waardoor de onderlinge rotatie veel hoger is. Wellicht heeft men een grote rotatie van het hoofd t.o.v. het sternum, maar de maximale rotatie beweging nodigt niet uit om het hoofd t.o.v. het sternum maximaal te roteren (zowel het hoofd als het sternum draaien ruimtelijk rechtsom, waardoor de onderlinge rotatie relatief klein blijft).

Door de vele verschillen onderling en de extreem hoge percentages die de golfswing t.o.v. de maximaal rotatiebeweging te zien geeft, is de maximale rotatiebeweging geen goede maatstaaf voor het meten van de ROM van de rotaties van de persoon.

Voor het bepalen van de maximale ROM van de rotaties van een persoon zou er moeten worden gekeken of er andere (betere) testen zijn zoals fysiotherapeutische testmethoden.

Een simpel registratie/meetsysteem blijft hierna voor de feedback voor een coach/trainer/golfer belangrijk.

6 Conclusie

Er kan worden geconcludeerd dat het 2Dsysteem niet gebruikt kan worden om de maximaal rotatie beweging te registreren. Er is een te grote spreiding tussen de metingen.

Tevens kan er een conclusie getrokken worden dat de maximaal rotatie beweging geen goede maatstaaf is om de ROM van de persoon te bepalen. De ruimtelijke rotatie en onderlinge rotatiewaarden waren over het algemeen veel hoger bij een golfswing, dus de persoon kon veel meer roteren dan bij de maximaal rotatie beweging werd behaald.

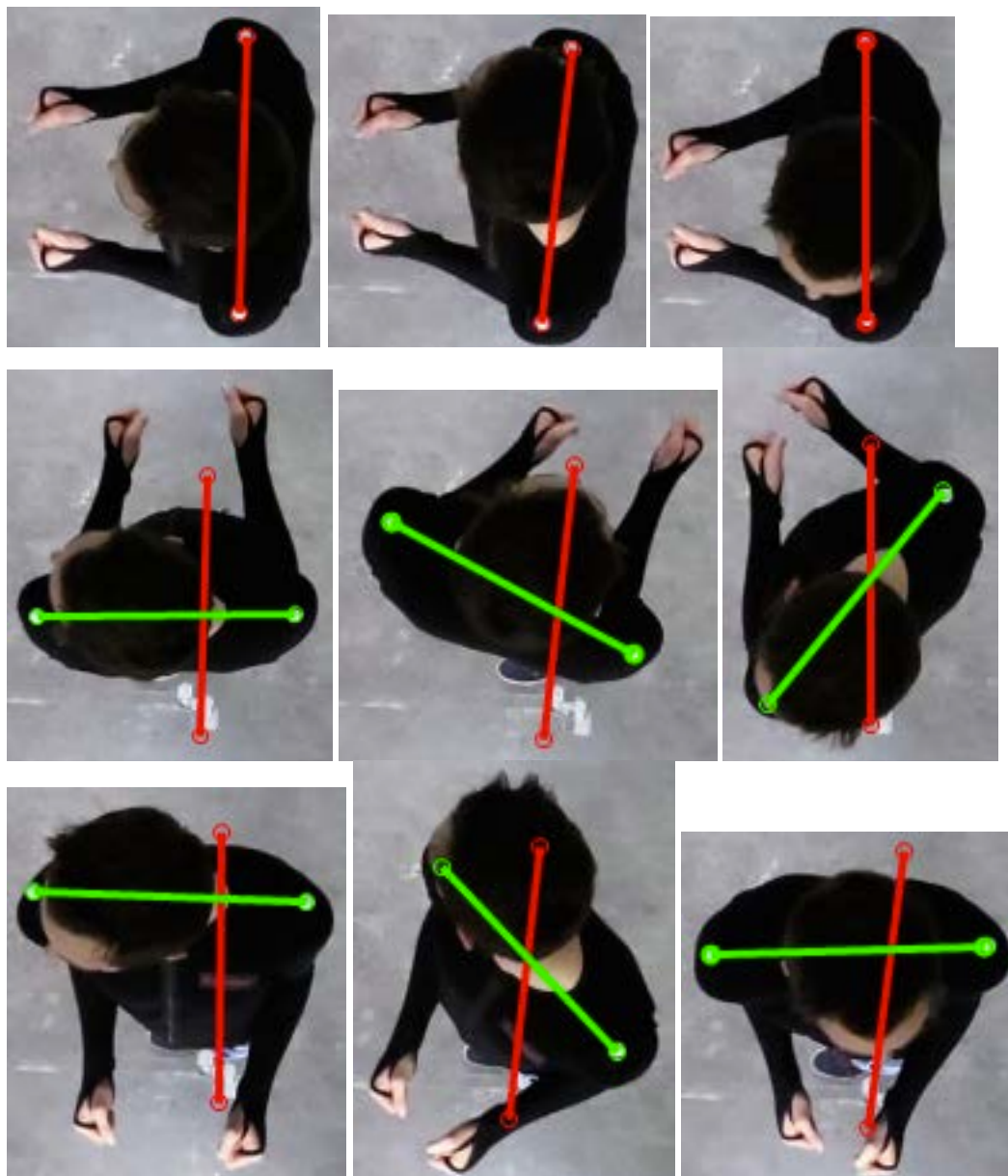
Door de bevindingen over dat de maximale rotatie beweging niet de ROM van een persoon weergeeft, is de functie van de 2Dtool niet meer van belang voor een golftrainer/coach. Wel blijft belangrijk dat er onderzoek moet worden gedaan naar de functiemogelijkheden van een persoon aangezien in deze studie hoge functie eisen van een golfswing worden geëist.

Literatuurlijst

1. Adlington, G. (1996). Proper swing technique and biomechanics of golf. *Clin Sports Med* , 9-26.
2. Batt, M. (1992). A survey of golf injuries in amateur golfers. *Sports Med* , 63-5.
3. BJA. (2007). Using the Bland-Altman method to measure agreement with repeated measures. *British Journal of Anaesthesia* , 99, 309-11.
4. Bulbulian, R., Ball, K., & Seaman, D. (2001). The short golf backswing: effects on performance and spinal health implications. *Manipulative Physiol Ther* , 569-75.
5. Burden, A., Grimshaw, P., & Wallace, E. (1998). Hip and shoulder rotations during the golfswing of 10 sub handicap players. *Sports Sci* , 165-76.
6. Debrunner, H. (1971). *Gelenkmessung (Neutral-0-methode), Langenmessung, Umfangmessung*. Bern: AO-Bulletin.
7. Gluck, G., Bendo, J., & Spivak, J. (2008). The lumber spine and low back pain in golf: a literature review of swing biomechanics and injury prevention. *The Spine journal* , 778-788.
8. Grimshaw, P., & Burden, A. (2000). Case report: reduction of low back pain in a professional golfer. *Med Sci Sports Exerc* , 1667-1673.
9. Ho, R. (2006). *Handbook of Univariable and Multivariate Data Analysis and Interpretation with SPSS*. Florida: Chapman & Hall/CRC.
10. Hume, P., Keogh, J., & Reid, D. (2005). The role of biomechanics in maximising distance and accuracy of golf shots. *Sports Med* , 429-49.
11. LeCessie, S. (2012). *SPSS handleiding*. Leiden: LUMC.
12. McCarrol, J., & Gloe, T. (1982). Professional golfers and the price they pay. *Phys Sports Med* , 64-70.
13. McHardy, A., Pollard, H., & Bayley, G. (2006). A Comparison of the modern and classic golf swing: A clinical perspective . *Sports Med* , 80-92.
14. McTeigue, M., Lamb, S., Mottram, R., & Pirozzolo F. (1994). Spine and hip motion analysis during the golf swing. *Science & Golf II, proceedings of the 1994 World Scientific Congress of Golf* , 50-8.
15. Meister, D., Ladd, A., Butler, E., Zhao, B., Rogers, A., Rose, J., et al. (2011). Rotational biomechanics of the elite golf swing: benchmarks for amateurs. *Applied Biomechanics* , 242-251.

16. Mitchell, K., Banks, S., Morgan, D., & Sugaya, H. (2003). Shoulder motion during the golf swing in male amateur golfers. *Orthop Sports Phys Ther* , 196-203.
17. Okuda, I., Gribble, P., & Armstrong, C. (2010). Trunkrotation and weight transfer patterns between skilled and low skilled golfers. *Sports Sci Med* , 127-133.
18. Parziale, J. (2002). Healthy swing: A golf rehabilitation model. *Phys Med Rehabil* , 498-501.
19. Russe, O. (1975). *International SFTR method of measuring and recording joint motion*. Bern: Hans Huber publishers.
20. Stover, C., Wiren, G., & Topaz, S. (1976). Modern golf swing and stress syndromes. *Phys Sportsmed* , 42-7.
21. Vaughn, C. (1979). A three-dimensional analysis of the forces and torques applied by a golfer during the downswing. *Biomechanics VII-B* , 325-331.
22. Wadsworth, L. (2007). When golf hurts: musculoskeletal problems common to golfers. *Curr sports med rep* , 362-5.

Bijlage 1 Invloed stand van het hoofd



Bijlage 2 Plafond camera

Voor het bovenaanzicht wordt er gebruik gemaakt van een Garmin Virb camera. De camera heeft een zogezegde 'fish-eye' lens waardoor de uiteindes van het beeld rond aflopen. Deze camera is voor het daadwerkelijke meting getest en/of de camera gebruikt kan worden voor het meten van bovenaf (zie foto 1). Voor het kunnen plaatsen van de camera voor een bovenaanzicht is er een ophangstelsel vervaardigd. Tevens kan de camera m.b.v. een smartphone (met daarop de Garmin Virb app) worden bestuurd. Via de smartphone kan de camera worden aan- en uitgezet en het opnemen kan ook via de smartphone.



Foto 1: gepositioneerde plafond camera. Type camera Garmin Virb

Ten eerste is er een test gedaan om de afstand goed te keuren die de camera moet vast leggen en dat de randen ervan niet door de 'fish-eye' worden afgerond. Voor deze test is er op de grond met behulp van tape een kruis getekend waar de afstand d.m.v. een meetlint is vastgelegd op 170 cm. Op het kruis is een balk van 100 cm gelegd om zo nog een vaste waarde te hebben (zie foto 2).

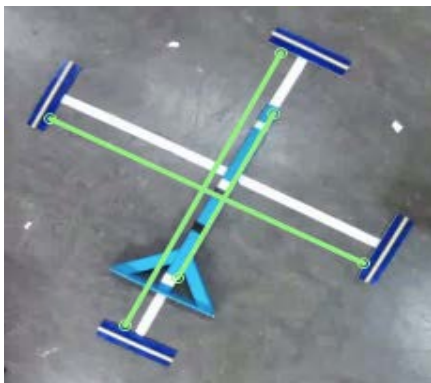


Foto 2: overzicht van de test om te bepalen of het meetgebied geen last heeft van de 'fish-eye' lens. Het gebied is 170 x 170 cm.

Daarna is de camera aangezet voor een korte opname van 10 sec. Er is gekozen om geen foto te nemen met de camera, maar een video opname aangezien er ook wordt gefilmd met de camera. De videobeelden zijn vervolgens m.b.v. Kinovea bestudeerd. Uit Kinovea werd gehaald dat de balk van 100 cm. 211 px. is en dat de afstand van de lijn 358 px is. Uit een kruislinkse berekening komt uit dat 358 px 170 cm is ($(358 \cdot 100) / 211 = 170$).

Voor het uitvoeren van een ROM beweging van rotatie en de golfbeweging is een oppervlakte van 170*170 cm genoeg. Er was geen last ondervonden op de 'fish-eye'.

Ten tweede is er gekeken naar de hoeken die de camera moet kunnen waarnemen. Dit werd met een zelf gelijke test als de afstand gedaan. Op de grond werd m.b.v. tape een hoek van 90° geplakt. De hoek is bepaald door een goniometer te gebruiken. Vervolgens is er een hoek geplakt van 30° en 55°. Vervolgens zijn er 3 korte video opnames gemaakt en deze opnames geanalyseerd in Kinovea. Uit de 90° meting kwam een hoek van 89°, die van 30° kwam een hoek van 31° en die van 55° een hoek van 56° (zie foto 3).

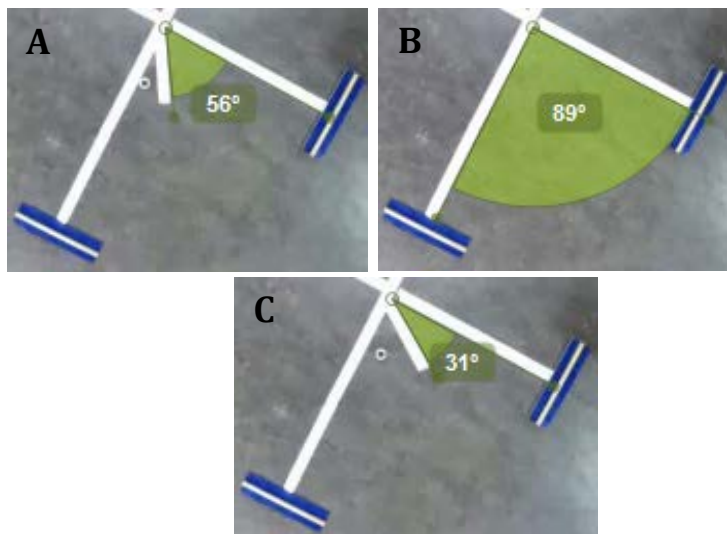


Foto 3: overzicht van de 2^e test m.b.t. de fish-eye lens en hoeken. De hoeken zijn bepaald m.b.v. een goniometer en uit de video-opname met Kinovea. Tussen de goniometer en de video-opname zit een verschil van 1°.

Bijlage 3 Ontwerp 2D-tool

De 2D-tool is min of meer een combinatie van camera's en markers.

Het doel voor de 2D-tool is het eenvoudig kunnen meten/weergeven van de rotatiemogelijkheden van de golfer. Met de data die hieruit volgt kan de golfcoach de swing zodanig aanpassen dat de swing beter bij de golfer past.

Bij het ontwerp van de 2D-tool voor het registreren van een rotatie zijn er een aantal zaken onderzocht (camerapositie, markers, analyse programma).

Voor het registreren van een zuiver longitudinale rotatie wordt er vanaf een bovenaanzicht gefilmd. Hierdoor moeten de markers goed zichtbaar zijn vanuit een bovenaanzicht. De markers die worden gebruikt moeten tevens een gemakkelijke bevestiging hebben, zodat de markers van de 2D-tool eenvoudig kunnen worden aangebracht en daarna worden verwijderd. De camera die wordt gebruikt is een Garmin VIRB camera. De Garmin VIRB camera maakt opnames in .avi, wat een normaal bestand is voor opnames. Zo kan een golftrainer zelf bepalen welk programma die gebruikt voor het analyseren, mits het wel tools heeft om hoeken te bepalen.

Eisen & wensen

Voor het ontwerpen van de 2D-tool zijn er een aantal eisen en wensen opgesteld waar deze aan moeten voldoen.

- De markers van het 2Dsysteem moeten zichtbaar zijn voor de camera die het transversale vlak filmt.
- De markers van het 2Dsysteem moeten gemakkelijk te bevestigen en zo ook weer te verwijderen zijn.
- De markers moeten onderling duidelijk herkenbaar zijn voor welk deel van het lichaam elke marker aangeeft.
- De markers van het 2D systeem moeten geen belemmering zijn voor het 3D systeem
- De meting moet uitvoerbaar kunnen zijn voor een golftrainer of coach.

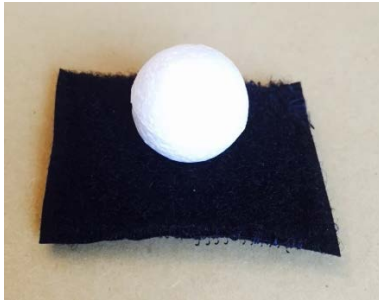
Ontwerp markers

De plaatsen waar de markers zullen komen zijn de linker en rechter acromion, sternum, linker en rechter SIAS, linker en rechter conylsus lateralis van het femur.

De markers zullen vanuit die plaatsen goed zichtbaar moeten zijn vanuit een bovenaanzicht.

Markers acromion

Voor de weergave van het acromion wordt er gebruik gemaakt van een wit bolletje met een diameter van 20 mm (afbeelding 1). Dit bolletje is bevestigd op een plaatje van klittenband. Dit plaatje kan daarna snel worden bevestigd aan een klittenband pak of band. De lijn die wordt getrokken tussen deze twee markers zal de schouderlijn weergeven.



Afbeelding 1: Markers voor het acromion. Op elk acromion wordt er een marker bevestigd m.b.v. het klittenbandplaatje van de marker aan het klittenbandpak of band.

Marker sternum en SIAS

Bij het sternum moet er rekening worden gehouden dat de marker onder het hoofd vandaan komt. Hierdoor is er gekozen voor een houten stokje met een diameter van 8 mm en een lengte van 400 mm (afbeelding 2). Het stokje is bevestigd op een plaatje van klittenband wat vervolgens weer eenvoudig kan worden bevestigd aan een klittenbandpak of band.

De kleur die het sternum moet aangeven is groen. Dit is een willekeurig gekozen kleur.



Afbeelding 2: Marker voor het sternum. Bevestiging is d.m.v. het klittenband.

Markers SIAS

Voor de markers voor beide SIAS is er ook gekozen voor een stokje (diameter 8 mm en lengte 400 mm). Dit stokje moet langer zijn dan het verschil van de schouders t.o.v. de bekken. De marker is ongeveer hetzelfde als de marker voor het sternum, alleen is deze marker rood gekleurd (afbeelding 3). De markers moeten zo zuiver mogelijk in het verlengde van elkaar worden aangebracht op de bijbehorende klittenbandband. Met een live zicht vanuit de camera kan dit goed.



Afbeelding 3: Markers voor de SIAS. Bevestiging is d.m.v. het klittenband. Via live zicht vanuit de camera kunnen de markers in elkaars verlengde worden geplaatst.

Markers epicondylus lateralis femur

De markers voor de epicondylus lateralis van het femur zijn net als de markers voor het sternum en SIAS voor een stokje met dezelfde afmetingen (afbeelding 4A). De bevestiging gaat via een knieband. Deze knieband kan d.m.v. klittenband makkelijk aan elkaar worden gezet en is verstelbaar door de elasticiteit van de knieband en klittenbandbanden (afbeelding 4B).

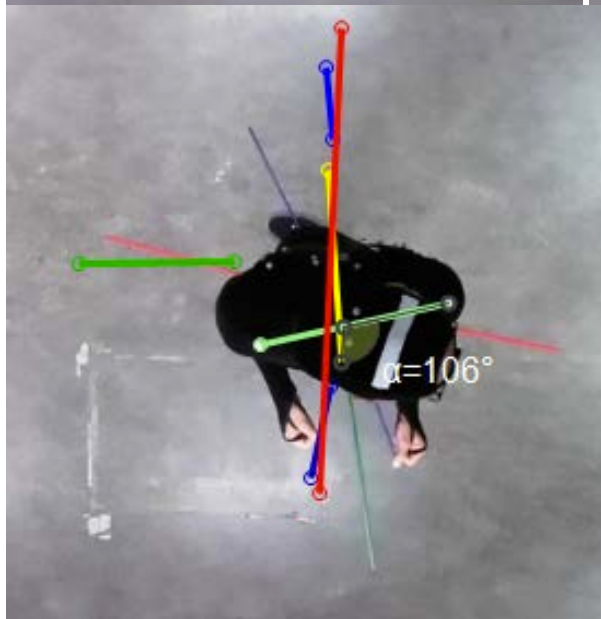
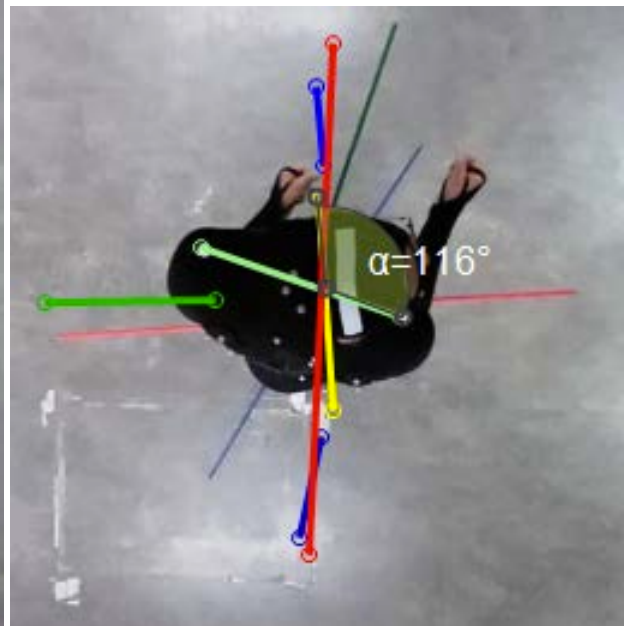
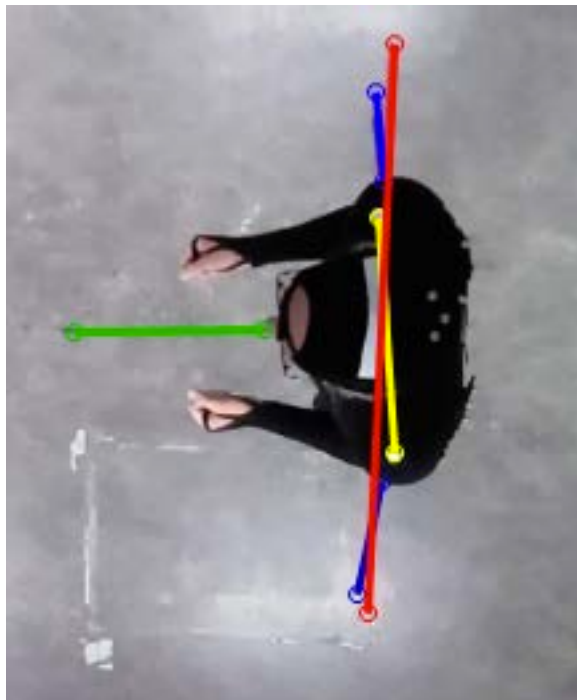


Afbeelding 4: Markers voor de epicondylus lateralis van het femur. Door de knieband met elastiek en een bevestiging van klittenband kan deze gemakkelijk worden bevestigd (B).

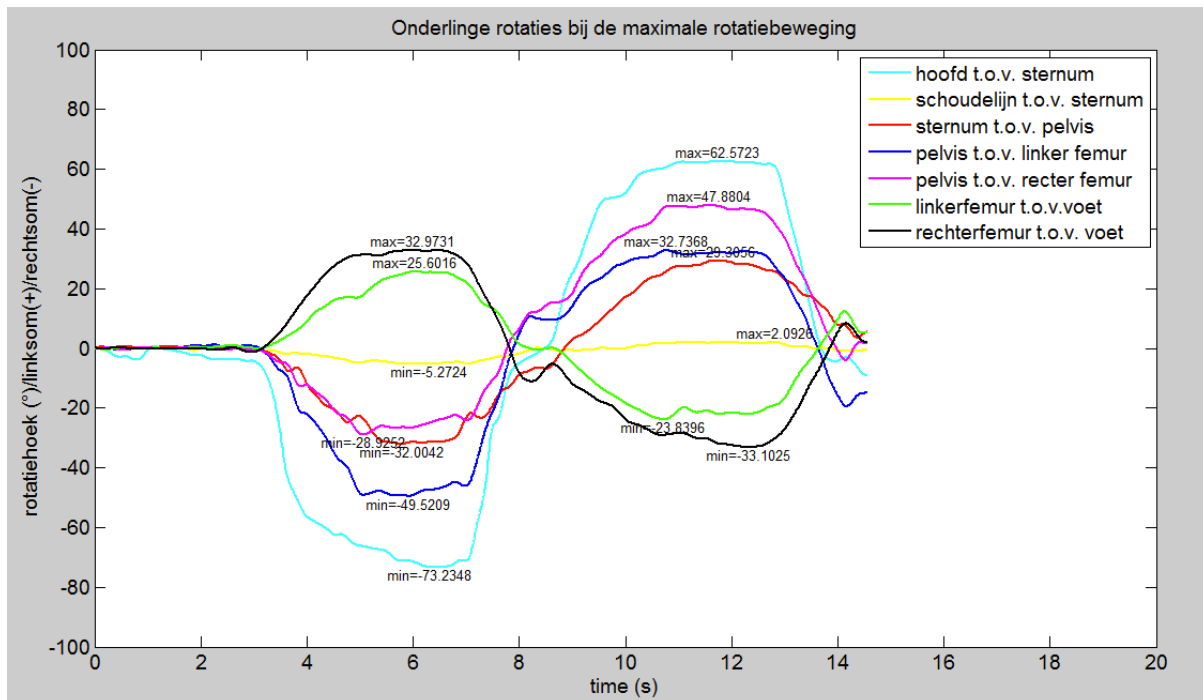
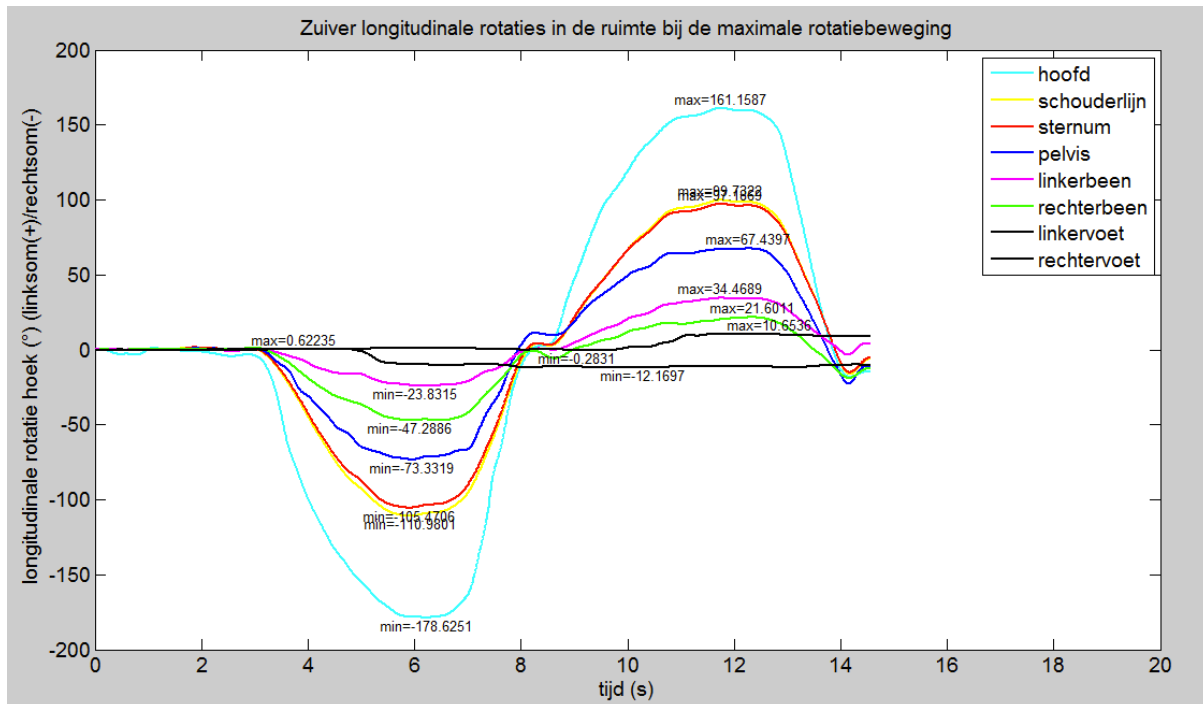
Bijlage 4 Meetprotocol checklist

Meetprotocol checklist			Datum:	
			Test subject:	
Check	Fase	Opmerkingen	Tijd	Omschrijving
	Voorbereiding			
	Plaats plafond camera			
	Plaats ventrale camera			
	Optitrack setup			
	Optitrack instellen			
	'Wand'			
	Calibreren	.cal		Naam file
	Plaats 'ground'	.cal		Naam file
	Prepareren testpersoon			
	Optitrack			
	Prepareren testpersoon			
	ROMtool			
	Meting			
	Start ventrale camera			
	Start plafond camera			
	Start optitrack			
	Record optitrack			
	Testpersoon paar seconden stil laten staan			
	3 rotatiebewegingen			
	Einde beweging			
	Stop Optitrack			
	Stop plafond camera			
	Stop ventrale camera			
	ROMtool verwijderen			
	Start optitrack			
	Start ventrale camera			
	Start plafond camera			
	Testpersoon paar seconden stil laten staan			
	3 rotatiebewegingen			
	3 golfswings			
	Stop optitrack			
	Stop plafond camera			
	Stop ventrale camera			
	Save optitrack project		.prj	Projectnaam
	Trajectorice meting		.tac	Naam file
	Export C3D		.c3d	Naam file

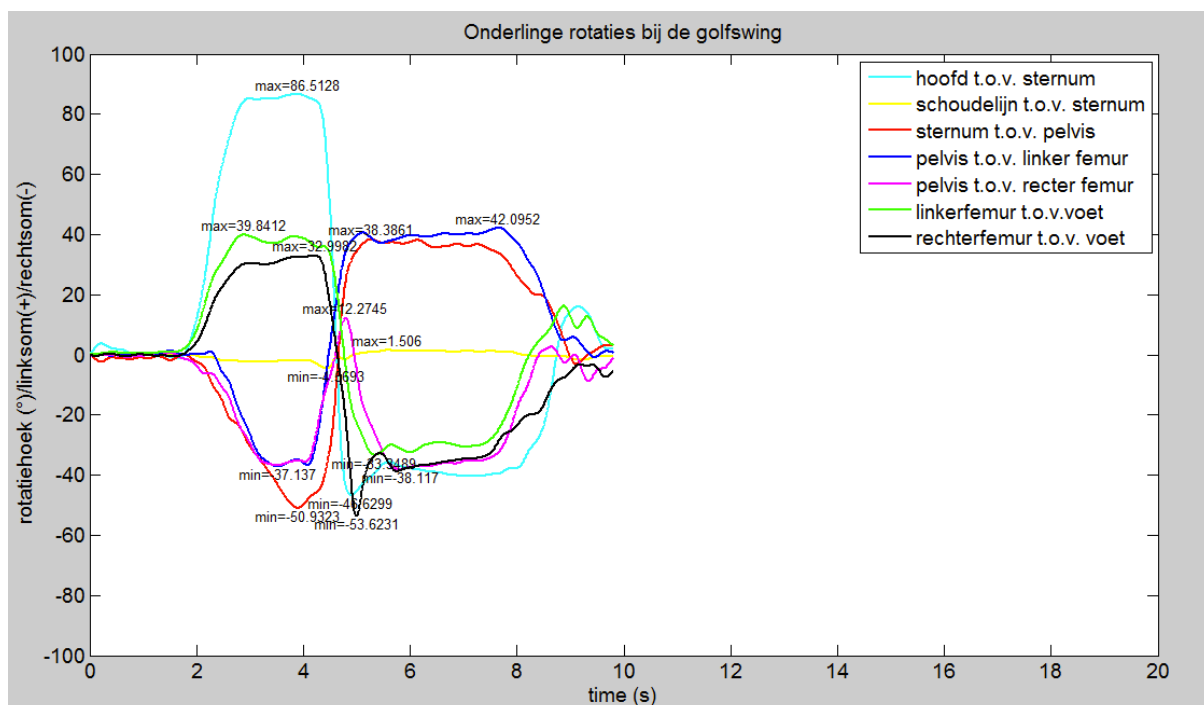
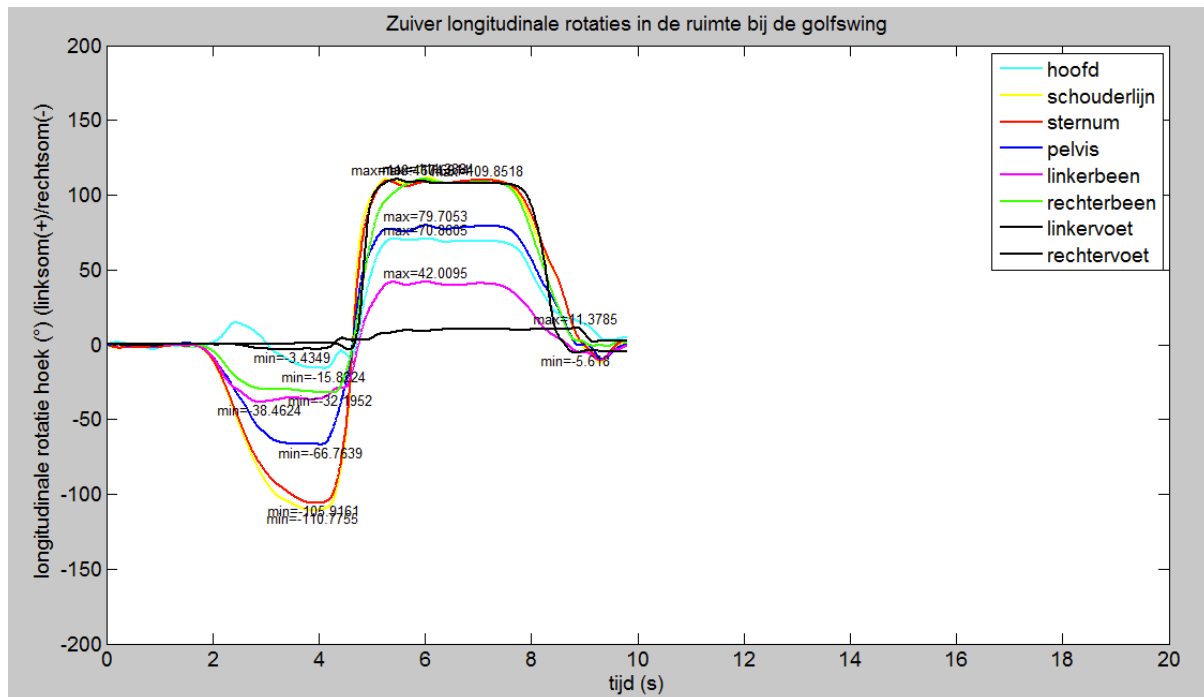
Bijlage 5 Output Kinovea



Bijlage 6 Output Matlab maximale rotatiebeweging

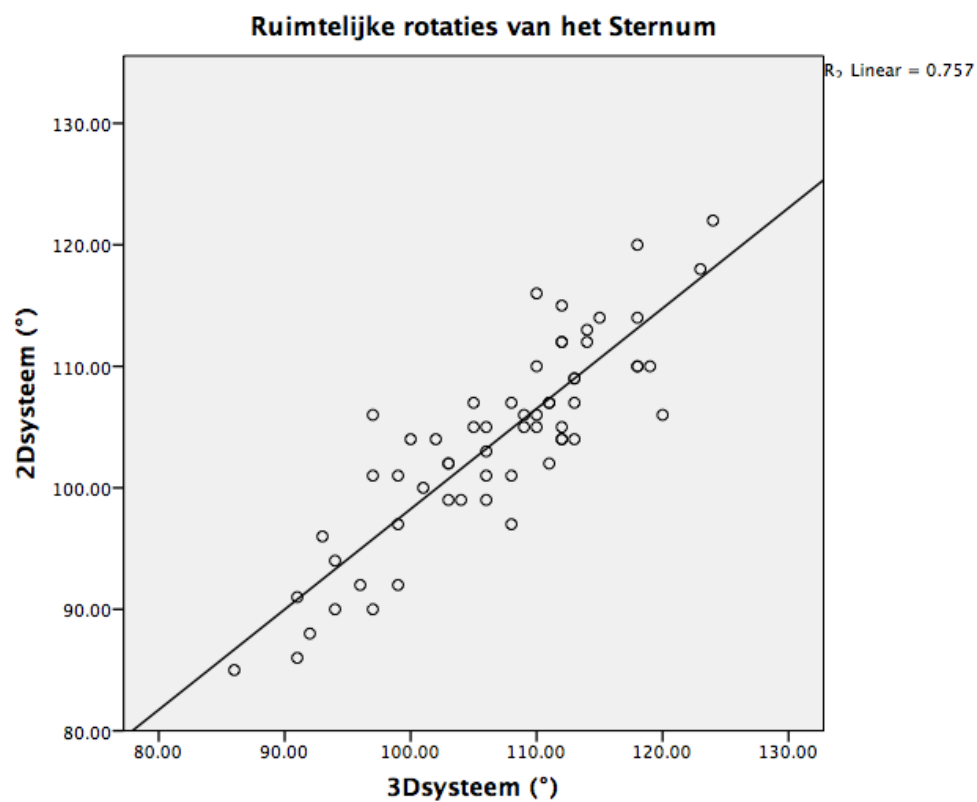
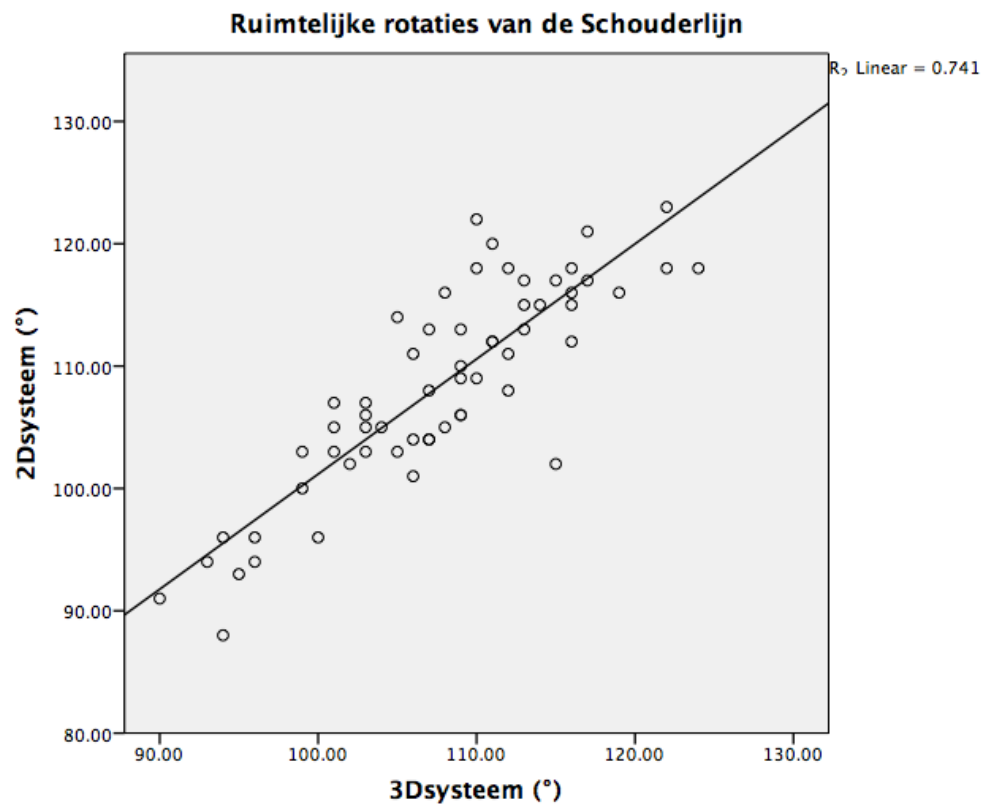


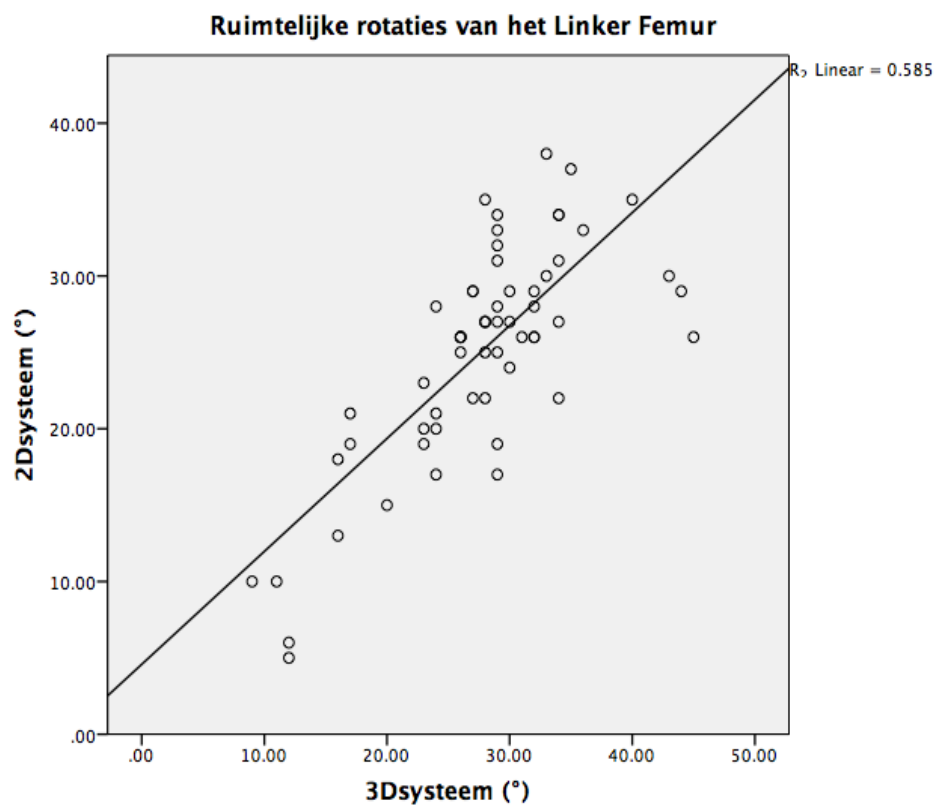
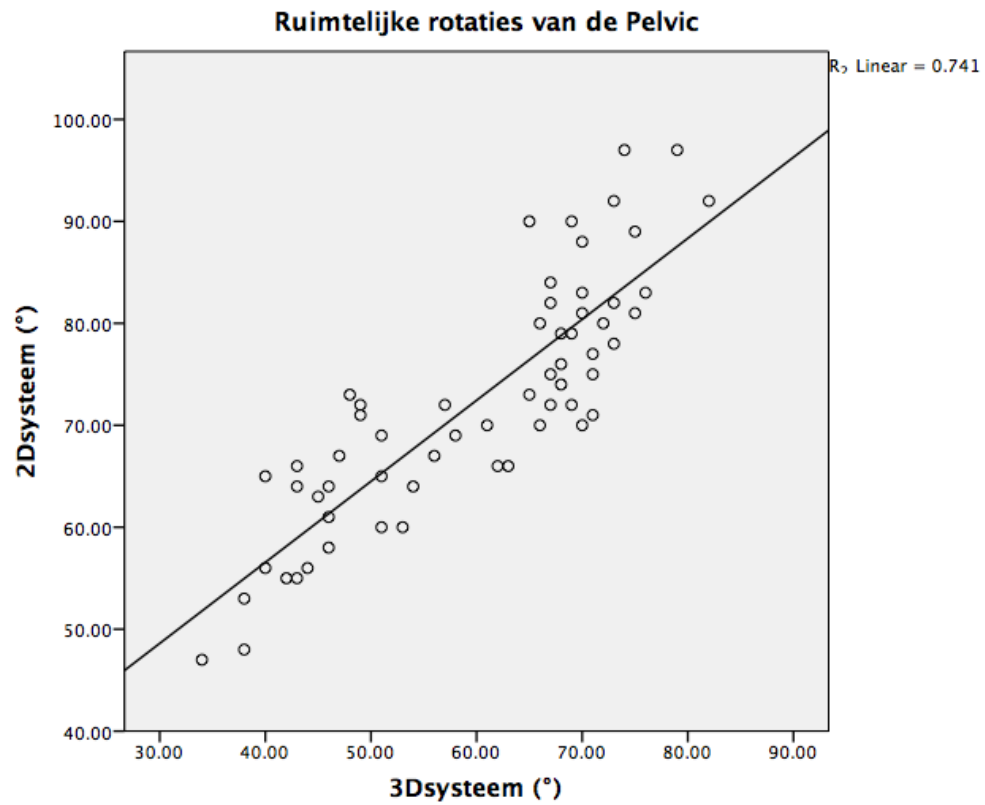
Bijlage 7 Output Matlab golfswing

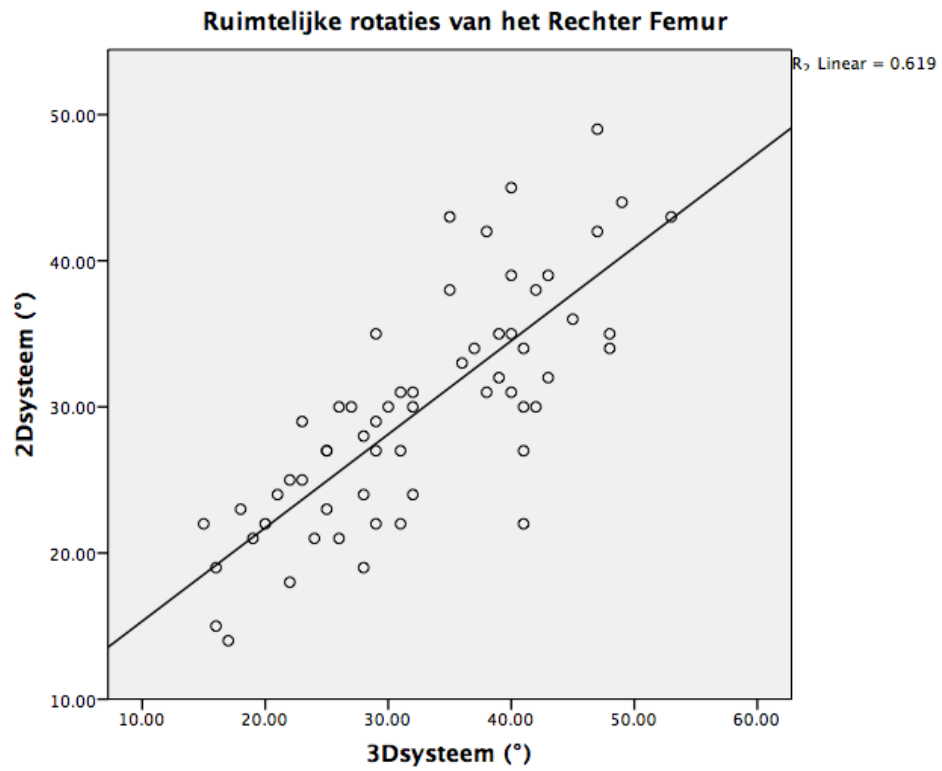


Bijlage 8

Scatter plots ruimtelijke rotaties

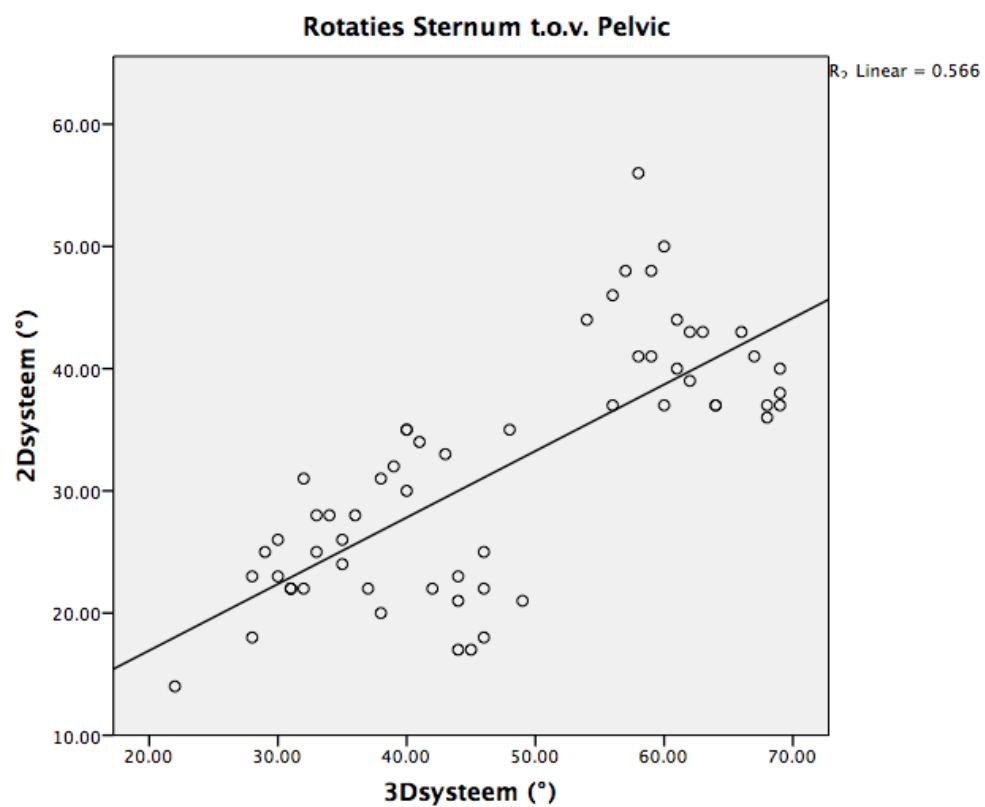
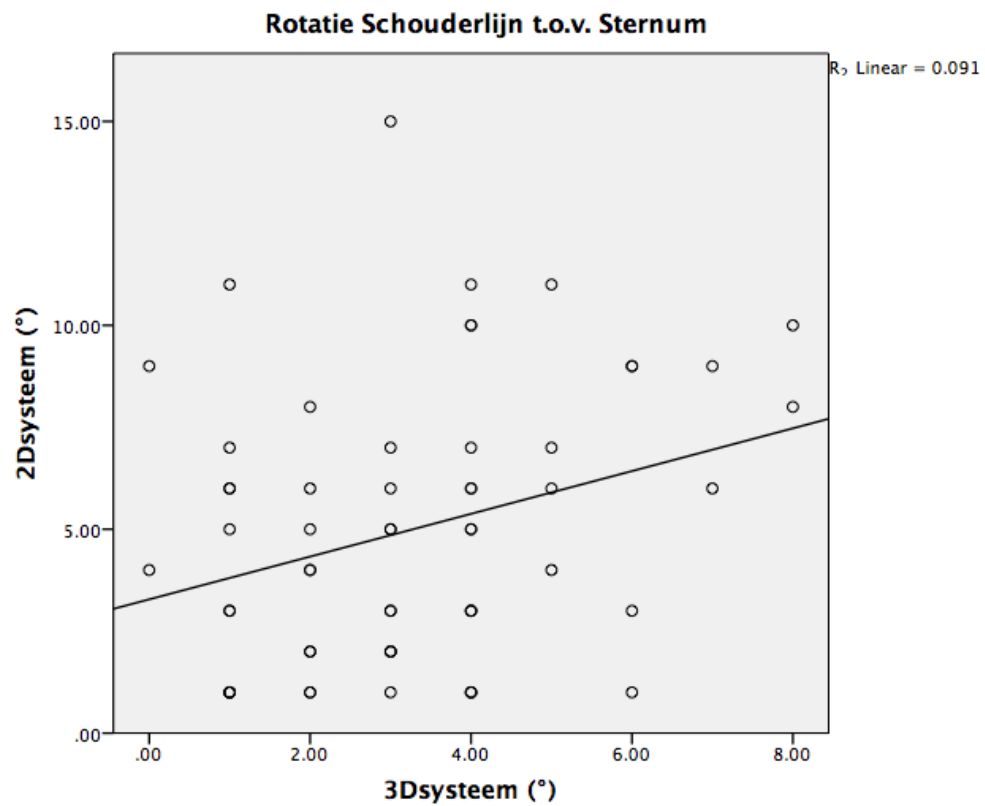


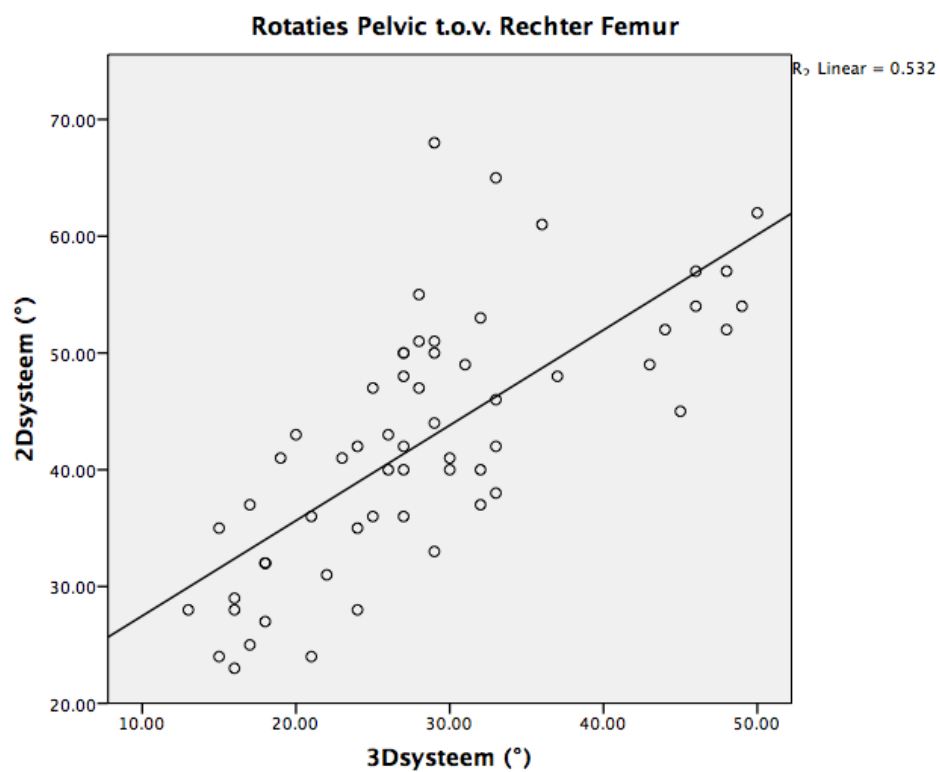
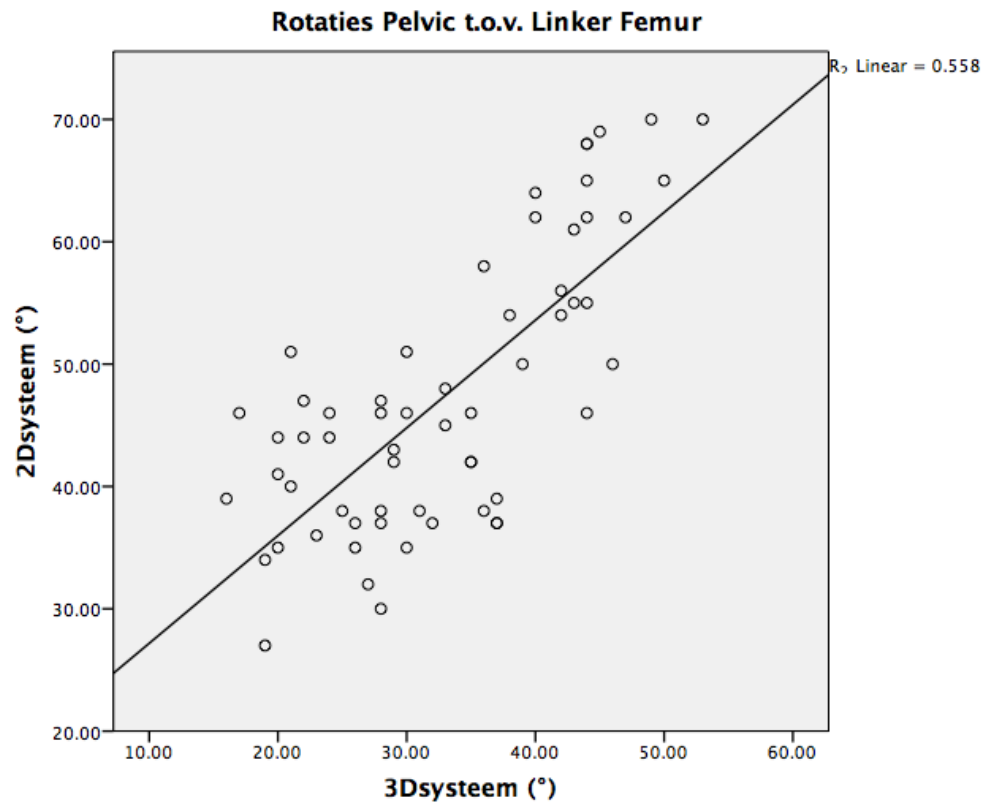




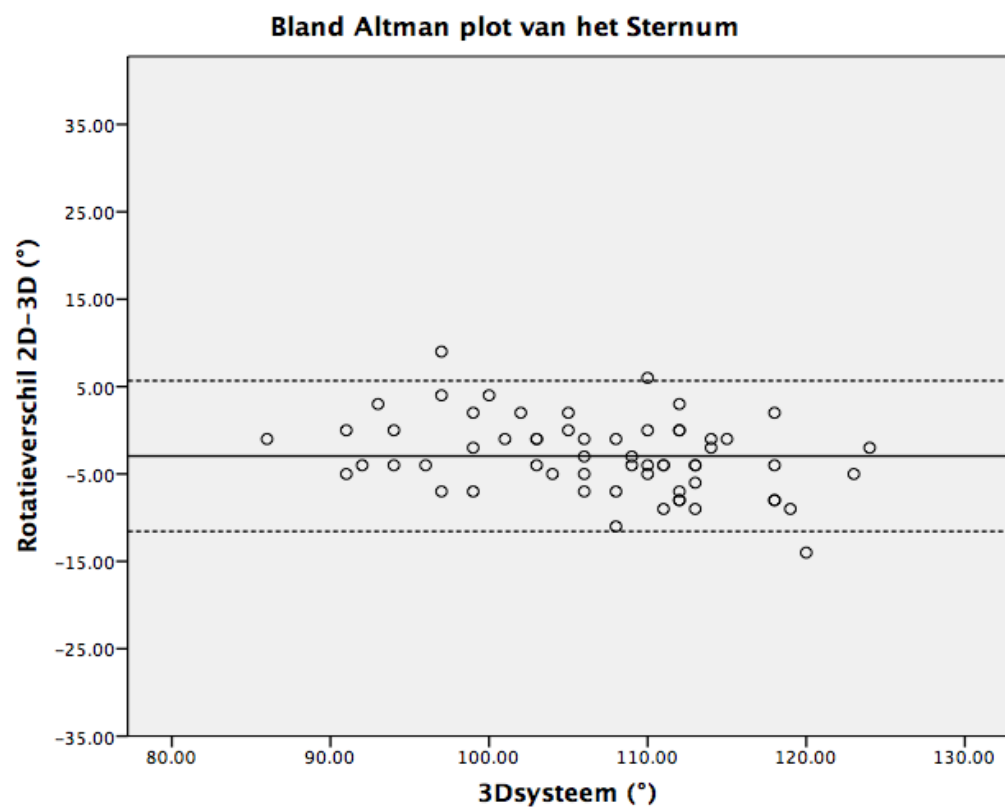
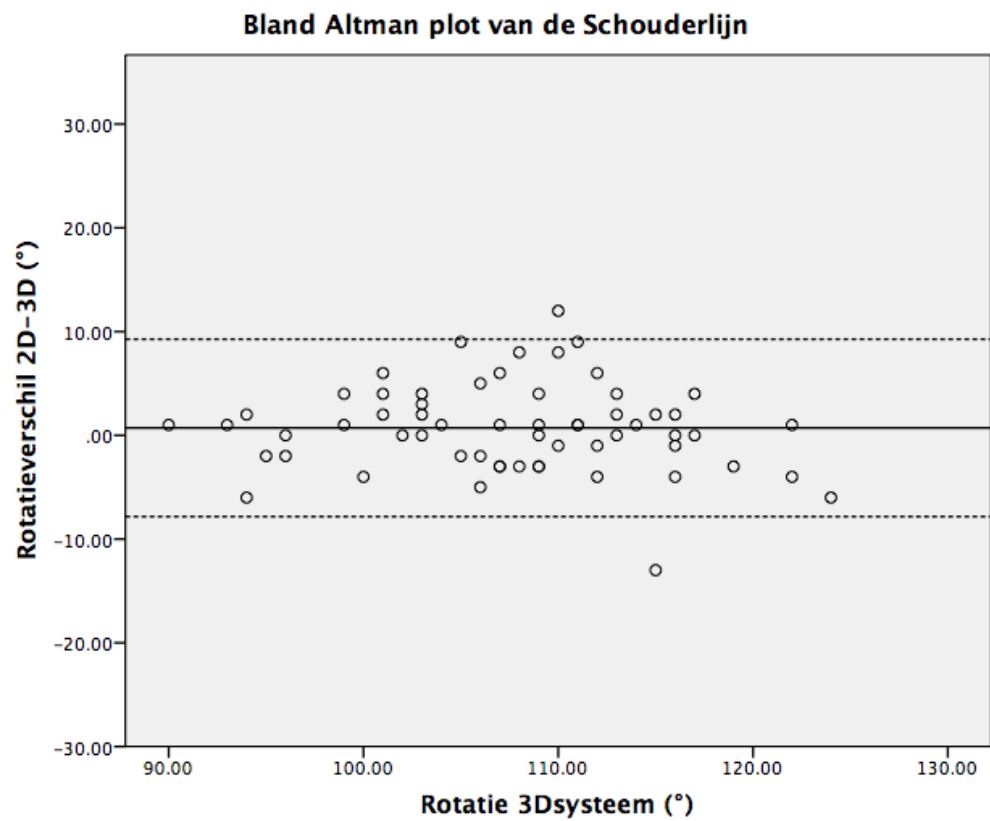
Bijlage 9

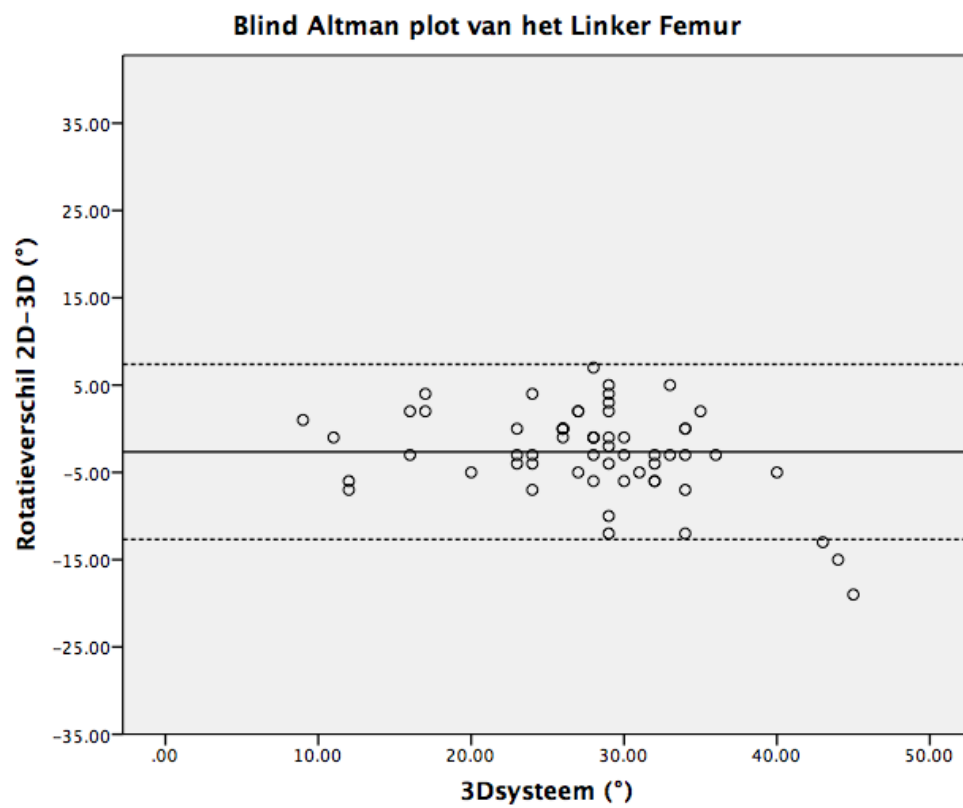
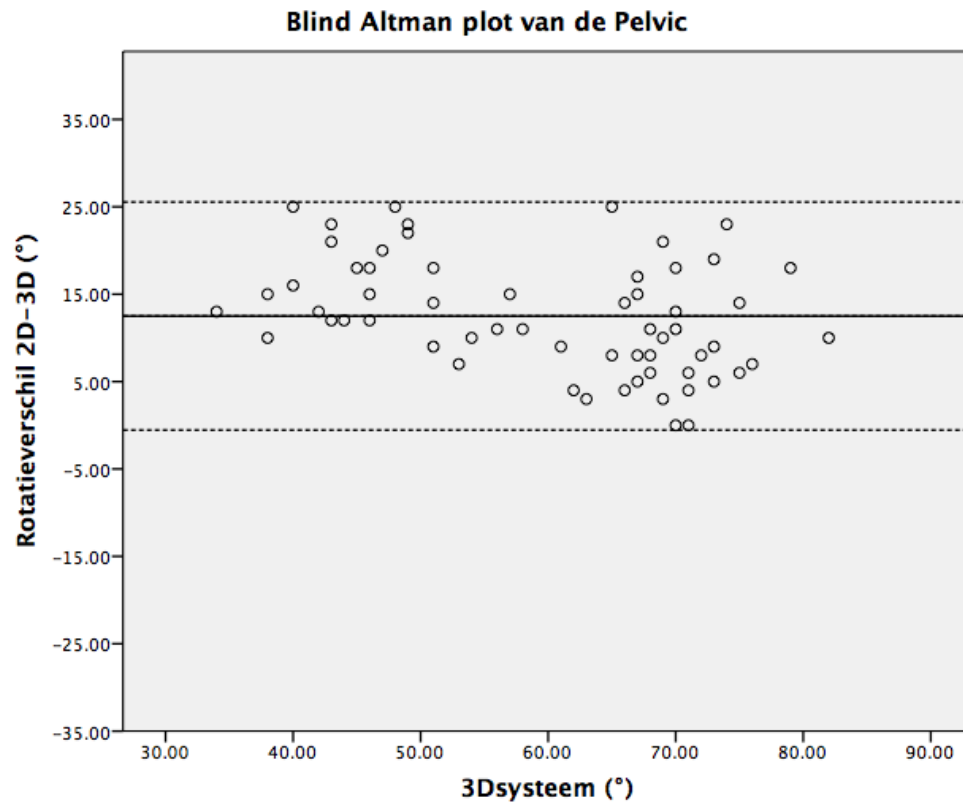
Scatterplots onderlinge rotaties

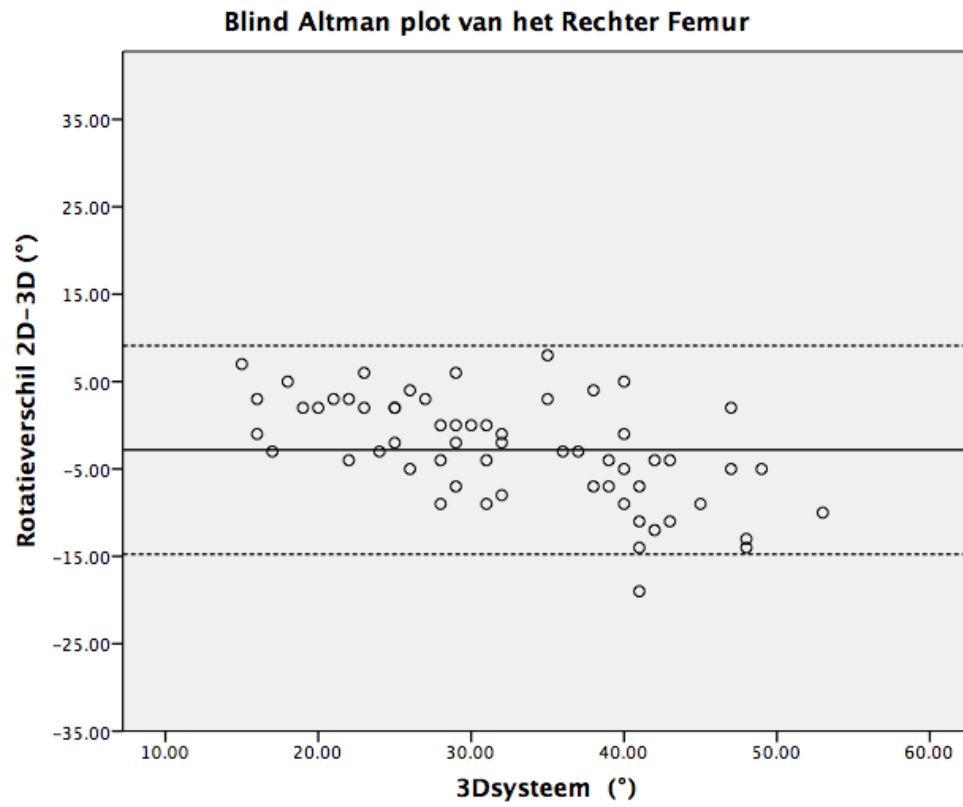




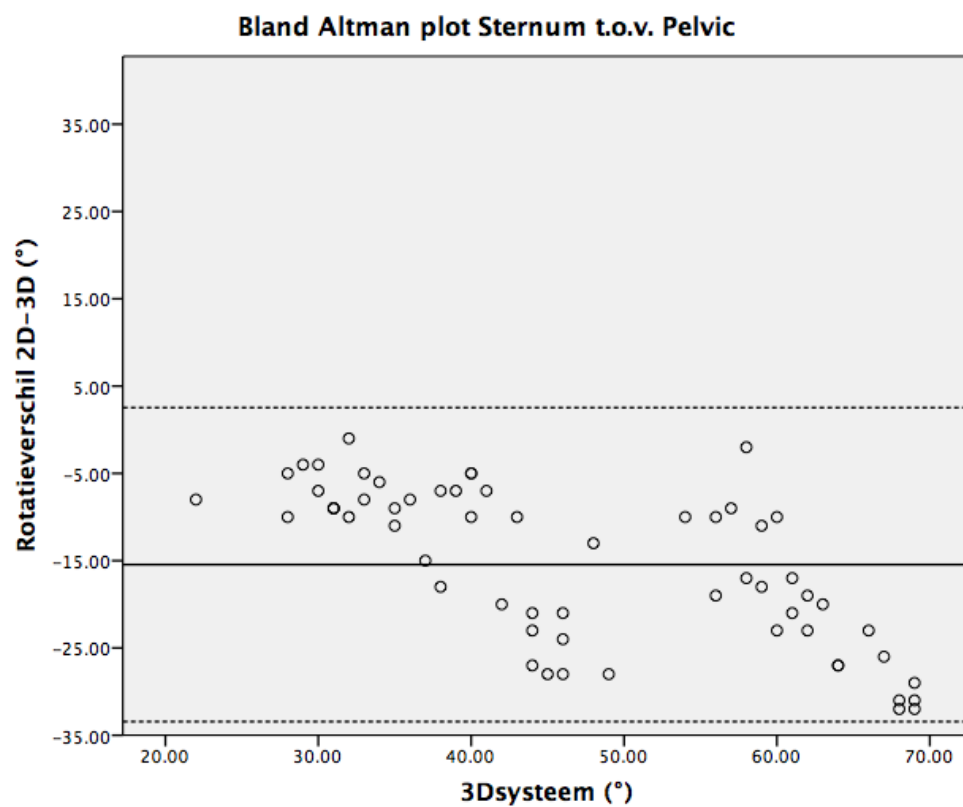
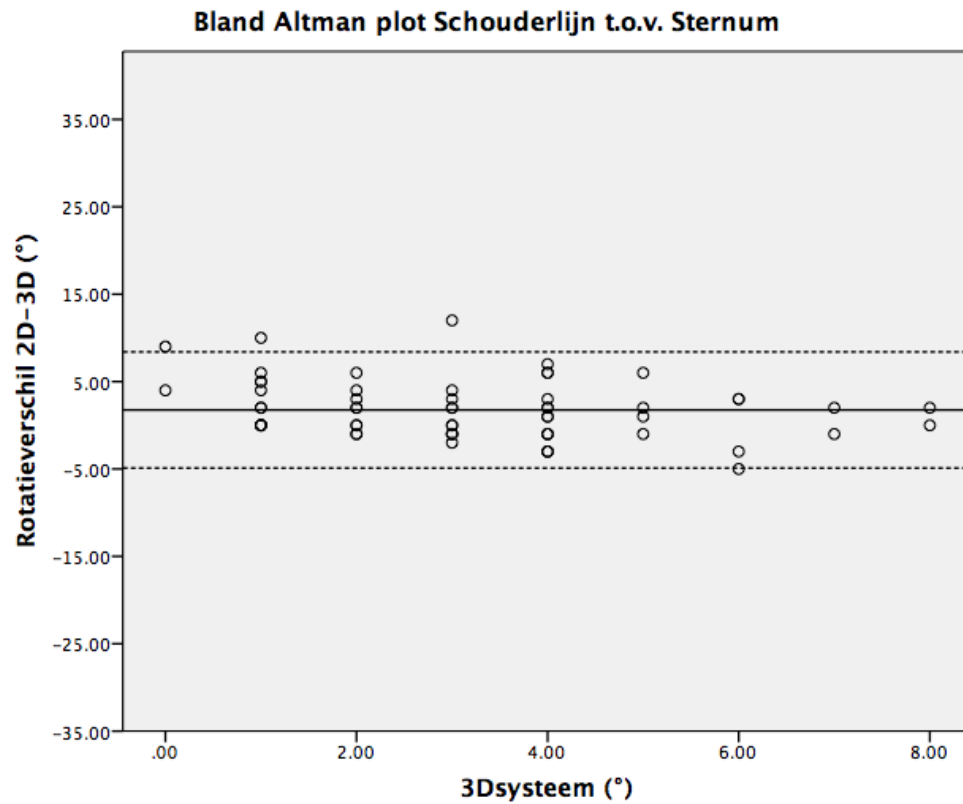
2.1.2. Bland Altman plots van de schouder en het sternum

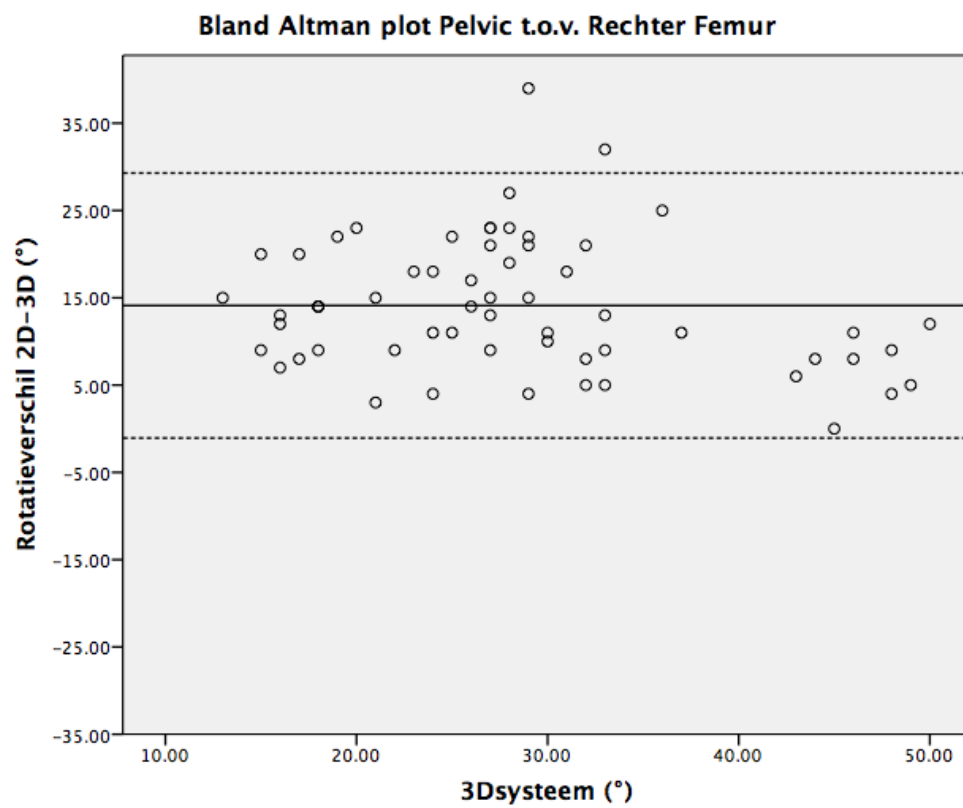
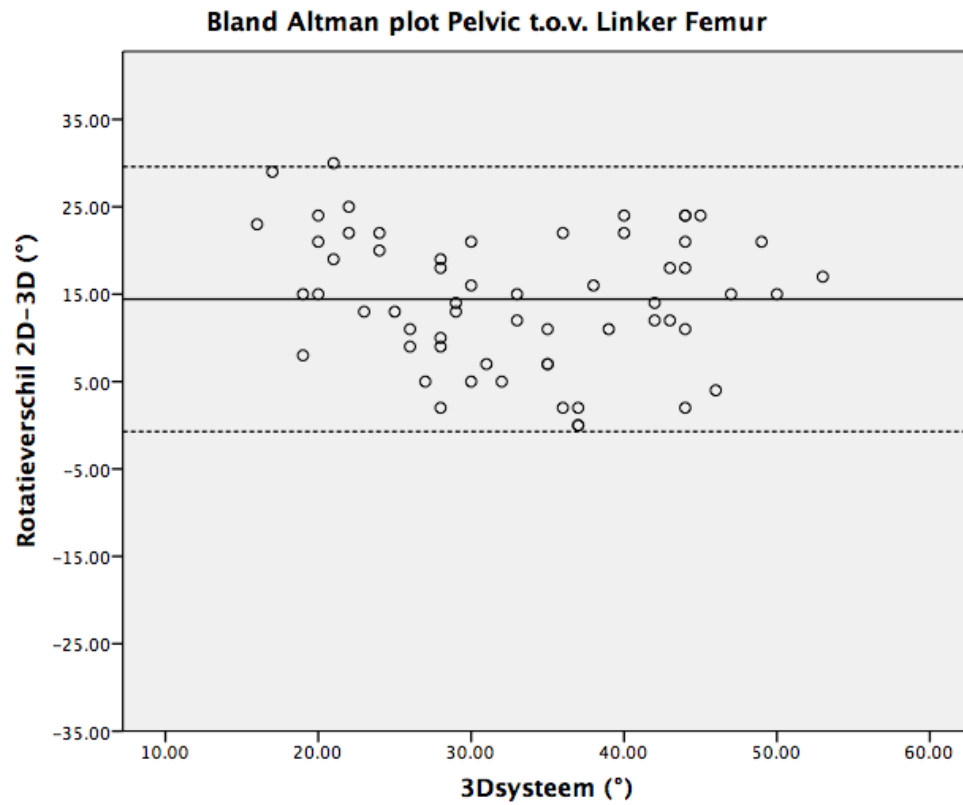






Bijlage 11 Bland Altman plots onderlinge rotaties





Bijlage 12 Intra class correlatie waarden

	R2	r	ICC	95% CI of ICC
Schouderlijn	.741	.861	.923	.871-.954
Sternum	.757	.870	.930	.883-.958
Pelvis	.741	.861	.924	.872-.954
Linker Femur	.585	.765	.867	.777-.920
Rechter Femur	.619	.787	.870	.783-.923
Schouderlijn t.o.v. Sternum	.091	.302	.415	.020-.650
Sternum t.o.v. Pelvis	.566	.752	.834	.721-.901
Pelvis t.o.v. Linker Femur	.558	.745	.849	.747-.910
Pelvis t.o.v. Rechter Femur	.532	.729	.840	.733-.905

Bijlage 13 Gem. waarden van de ruimtelijke rotaties

Ruimtelijke rotaties	Gem. Rechtsom roteren	Gem. Backswing	Gem. Linksom roteren	Gem. Follow-through
Hoofd	159,6°	22,2°	167,8°	88,0°
Schouderlijn	118,0°	106,1°	119,2°	130,6°
Sternum	116,8°	93,9°	116,2°	120,2°
Pelvis	61,1°	60,6°	63,3°	90,0°
Linkerfemur	34,9°	36°	33,4°	54,1°
Rechterfemur	35,9°	32,9°	37,3°	92,6°
Linkervoet	1,9°	3,8°	1,7°	20,3°
Rechervoet	2,3°	4,4°	2,7°	85,0°

Bijlage 14 Gem. Waardes van de onderlinge rotaties

Onderlinge rotaties	Gem. Rechtsom roteren	Gem. Backswing	Gem. Linksom roteren	Gem. Follow-through
Hoofd t.o.v. Sternum	42,5°	70,4°	53,7°	38,1°
Schouderlijn t.o.v. Sternum	3,8°	4,6°	2,9°	5,7°
Sternum t.o.v. Pelvis	56,0°	43,6°	53,7°	54,8°
Pelvis t.o.v. Linkerfemur	27,4°	32,9°	30,7°	36,1°
Pelvis t.o.v. Rechterfemur	25,6°	28,7°	26,2°	16,8°
Linkerfemur t.o.v. linkervoet	33,1°	32,6°	31,6°	34,3°
Rechterfemur t.o.v. rechervoet	33,7°	28,3°	15,3°	13,2°



The Hague University
Bewegingstechnologie

Golfswing onderzoek

Onderzoek naar de swingsnelheden van golfprofessionals, amateurs en recreatiegolfers.

Xander van Kooten

Identiteit

Titel:	Golfswing onderzoek
Naam:	Willem Alexander Michiel van Kooten
Roepnaam:	Xander
Studentnummer:	10080929
Email:	wamvkooten@gmail.com
Studiepunten mod. 9 t/m 12:	33/33
Datum:	16-09-2014
Intern/extern:	Intern
Werkveld:	Sport
Beroepsrol:	Onderzoeker/analist

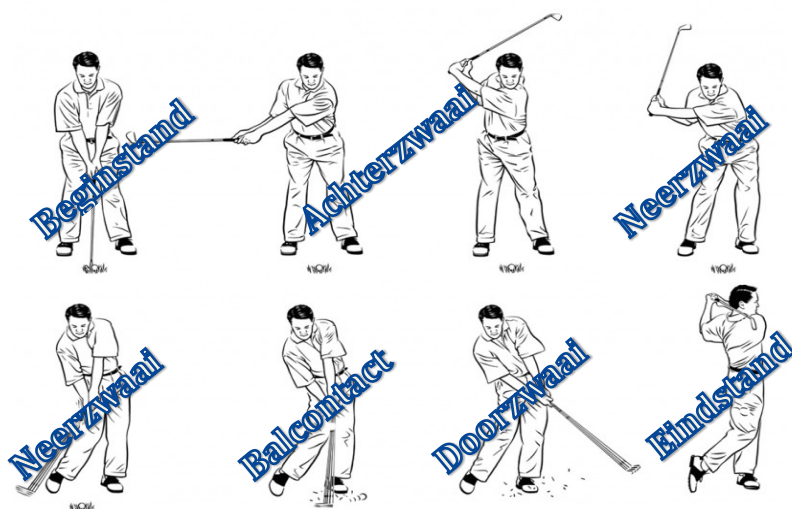
Projectdefinitie

Aanleiding

De golfswing is een complexe beweging waar rotaties en versnellingen in zitten. De perfecte swing bestaat niet, maar er zijn begrippen die iets over de golfswing kunnen zeggen. Zo is de impact van de bal bepalend over de vlucht. Het inkomen van de golfclub naar de bal zegt iets over het effect van de bal. Snelheid van de swing zegt iets over de afstand dat een golfer kan halen. Zo slaat een professional verder dan een amateur, maar is inderdaad dan de swingsnelheid groter. Bij het afslaan van een hole wilt de golfer zo ver mogelijk komen, mits het een par 3 is. Afslaan doen golfers met een driver. De driver is een golfclub waarmee de verste afstand kan worden behaald. Professionals slaan verder dan amateurs en recreatie golfers. Hieruit zou moeten blijken dat de snelheid van de swing van de professional groter is dan die bij minder goede golfers⁸. Eerdere onderzoeken⁸ tonen aan dat per 1 mph (0,45 m/s) de afstand met 3 yards (2,7 m) verbeterd kan worden. Verder is in voorgaande onderzoeken⁶ gebleken dat de gemiddelde clubsnelheid bij mannelijke amateurs op 90 mph (40,2 m/s) en vrouwen op 79 mph (35,3 m/s) ligt. Bij mannelijke professionals 113 mph (50,5) en vrouwelijke professionals 90 mph (40,2 m/s).

Uitdaging/probleemstelling

De uitdaging in dit project is om de snelheid van de swing te analyseren en daaruit op te maken bij welke groep de swing snelheid het hoogste is. Is de swingsnelheid over het hele traject sneller of alleen in bepaalde delen van de swing (afbeelding 1). Verder wordt er onderzocht of er een verband is tussen clubsnelheid en swingsnelheid.



Afb. 1: verschillende fases van de golfswing.

Bron:
sportstoenjoy.weebly.com/uploads/1/0/8/2/10822425/8361173_orig.jpg?512

Doelstelling

De doelstelling van dit project is om de swingsnelheid in kaart te kunnen brengen. Waar zit de grootste snelheid van de swing en is de snelheid van de swing te koppelen aan de speelsterkte van de speler.

In dit project zal er alleen gekeken worden naar de dynamische swingonderdelen. Beginstand en eindstand zullen buiten beschouwing worden gelaten.

Hoofd-/deelvragen

De hoofdvraag in dit onderzoek is of een speler met een betere handicap een grotere snelheid heeft dan een speler met een slechtere handicap.

Deelvragen met betrekking tot dit onderzoek:

- Is de snelheid van de kop van de driver het grootst bij de swing van een professional net voor de impact met de bal?
- Is de rotatiesnelheid van de schouders het grootst bij de swing van een professional tijdens de achterzwaai?
- Is de rotatiesnelheid van de schouders het grootst bij de swing van een professional tijdens de neerzwaai?
- Is de rotatiesnelheid van de heup het grootst bij de swing van een professional tijdens de achterzwaai?
- Is de rotatiesnelheid van de heup het grootst bij de swing van een professional tijdens de neerzwaai?
- Is de snelheid van de armen het grootst bij de professionals tijdens de gehele achterzwaai en neerzwaai van de swing?
- In welk deel van de golfswing zit de grootste snelheid van de swing en zit hier verschil in bij amateurs en professionals.

Projectresultaat

Het resultaat zal zijn dat er is aangetoond dat er in de snelheden van de golfswing van verschillende speelsterktes verschil zit. Hoe beter de handicap, des te hoger de swingsnelheid. Tevens worden de snelheden gemeten door middel van een 3D-systeem. Hiervoor moet een protocol worden geschreven. Dit zal ook een resultaat zijn.

Afbakening

Onderzoek naar het andere geslacht valt buiten dit onderzoek. Tevens het onderzoek naar andere clubs zal weggelaten worden en behoort dan ook niet tot dit project.

Bij dit project wordt alleen gekeken naar snelheid en daaruit geleidt dat dit een bepaalde afstand meebrengt. Of de balvlucht recht is of afbuigt zal in verdere projecten onderzocht moeten worden.

Randvoorwaarden

Er zullen een aantal randvoorwaarden aan dit onderzoek moeten worden gesteld welke worden, zodat afbakening van het project plaats kan vinden.

- Maandag 29 september 2014 zal er worden gestart met de uitvoeringsfase.
- Deze uitvoeringsfase zal een periode zijn van 14 weken.
- Het eindproduct dient in week 10 van blok 2 te worden ingeleverd aan de commissieleden van de Haagse Hogeschool.
- De club waarmee wordt gemeten is eenzelfde club. Dit zal een driver zijn van de onderzoeker zelf.
- Er wordt alleen gekeken naar de swingsnelheid.
- Alle testpersonen zullen met dezelfde Driver slaan.

Methode

Om de snelheid van de club, armen en schouders te kunnen meten zal er gebruik worden gemaakt van een 3D-systeem. Hiervoor is er gekozen om te werken met het Optitrack systeem dat beschikbaar is op de opleiding bewegingstechnologie.

Hierin moet worden gekeken worden of er gewerkt wordt met clusters van markers en/of anatomische punten voor markers.

Bij dit onderzoek wordt er gekeken naar de snelheid. In voorgaande golfonderzoeken^{7,8} doen ze dit in miles per hour (mph). Deze snelheidsmaat is geen uitkomstmaat dat in Nederland wordt gebruikt en daarom zal er gewerkt worden met meter per seconde (m/s).

Doelgroep

De doelgroep voor dit project bestaan uit 6 personen in de leeftijd van 30 jaar +/- 10 jaar. Deze 6 testpersonen worden onderverdeeld in 3 groepen: professionals (0 hcp.), amateurs (10 hcp.) en de recreatie golfers (hcp 20).

Er wordt tevens gekeken naar het geslacht. Uit voorgaande onderzoeken¹ is gebleken dat er een verschil in de golfswing zit tussen mannen en vrouwen. Daarom wordt er maar 1 geslacht onderzocht. De mannen worden in dit project onderzocht.

Meetprotocol

Voor de metingen zal er een meetprotocol worden opgesteld waarin de metingen duidelijk worden beschreven.

Vanwege het gebruik van 3D-camera's (het optitrack systeem) zal de meting in een zonlicht afgesloten ruimte zijn. De ruimte zal genoeg bereik (zowel breedte als hoogte) hebben om een golfswing te kunnen uitoefenen. In de ruimte zal er een oefenmatje worden neergelegd van kunstgras. Hierop kunnen de spelers slaan. De richting zal worden aangeduid met een net. Hiertegen zullen de testpersonen de golfballen slaan.

De testpersonen krijgen vooraf de meting reflecterende markers aangebracht. Deze markers zullen als clusters op verschillende segmenten van het lichaam worden aangebracht m.b.v. banden.

Er zal onderzocht moeten worden of er segmenten met clusters of anatomische markers worden gemerkt.

Rondom de mat zullen 3D-camera's komen te staan. Het aantal camera's die zullen worden gebruikt voor deze meting zal uit testmetingen duidelijk moet worden.

Tijdens de meting wordt er met 1 golfclub gemeten. Dit is een driver die met markers is beplakt zodat de clubsnelheid kan worden gemeten.

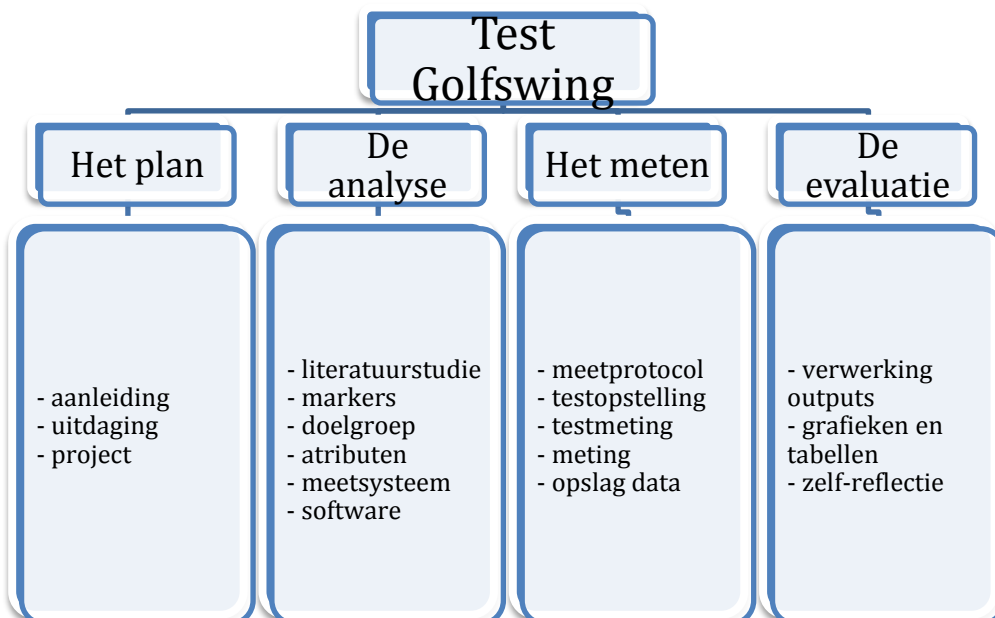
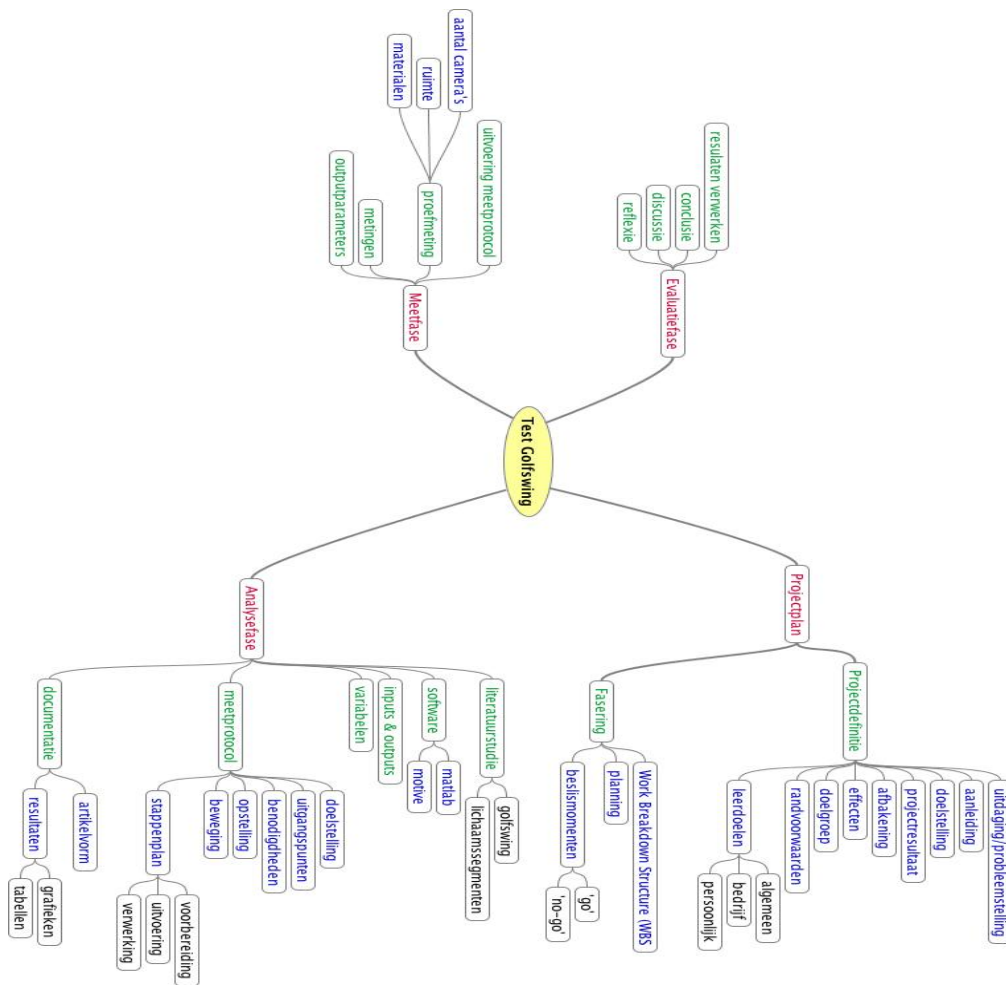
Een golfclub kan verschillen in lengte, gewicht en in shaft. Uit voorgaande onderzoeken is gebleken dat de shaft van invloed is op de balimpact⁵. Daarom zal iedereen met dezelfde driver slaan. De plaatsing van markers en of er met clusters moet worden gewerkt zal uit literatuuronderzoek moeten komen.

Fasering

Work breakdown structure

Om structuur aan te brengen in het project wordt er op een ordelijke manier de te doorlopen fases in kaart gebracht. Dit is een Work Breakdown Structure (WBS). Onderstaande WBS (gemaakt met behulp van een mindmap) begint in het midden wat het doel/project is.

Daaromheen zijn er 4 verschillende fases aangegeven. Iedere fase heeft stappen die moeten worden doorlopen. Eerder als die stappen niet allemaal zijn doorlopen is de fase niet af.



Beslismomenten (go/no go)

Tijdens de gehele afstudeerperiode zal het project geëvalueerd worden. Hierbij zal het draaien om hoe het project gaat en het verloop ervan. Ook zal de planning erbij worden gehaald om te zien of het project nog op schema ligt. In de planning zullen er een aantal belangrijke deadlines worden gesteld. Bij deze deadlines zullen er go's of no go's worden gegeven aan de hand van het verkregen materiaal.

Tevens zullen er in de projectperiode gesprekken plaatsvinden tussen alle betrokken partijen en zullen er kleine go/no go momenten zijn m.b.t. het uitvoeren van verschillende fases.

Voorlopige literatuurlijst

In dit project zullen gebruikte literatuurstudies en bronnen worden aangegeven in vancouver-stijl. Deze stijl is geen aanslag in de tekst zelf, maar geeft wel duidelijk aan of er een bron is gebruikt.

1. Horan SA, Evans K, Kavanagh JJ (2011); Movement variability in the golf swing of male and female skilled golfers.
2. Moran KA, McGrath T, Marshall BM, Wallace ES (2009); Dynamic stretching and golfswing performance.
3. Sommer M, Hager C, Ronnqvist L (2014); Synchronized metronome training induces changes in the kinematic properties of the golfswing.
4. Smith CJ, Callister R, Lubans DR (2011); A systematic review of strength and conditioning programmes designed to improve fitness characteristics in golfers.
5. Worobets J, Stefanyshyn D (2012); The influence of golfclub shaft stiffness on clubhead kinematics at ball impact.
6. <http://members.swingmangolf.com/average-golf-swing-speed-chart-2/>
7. http://mytpi.com/articles/swing/should_you_swing_the_driver_at_80_effort
8. <http://mytrackman.com/explore/trackman-data/trackman-club-data/club-speed>

Verklarende woordenlijst

In dit project over golf zullen golfbegrippen uit worden gelegd zodat geïnteresseerde niet-golfers ook het project kunnen volgen. Tevens zullen anatomische begrippen worden uitgelegd waar markers komen en ook zullen verschillende begrippen qua systemen worden verklaard.

(Golf)Swing	→	De slagtechniek die nodig is bij het golfen
Golfclub	→	Het materiaal waarmee golfers hun bal slaan
Golfset	→	Aantal golfclubs in een tas bij elkaar.
Shaft	→	Materiaalstijfheid van de golfclub van het dunne gedeelte.
Driver	→	Golfclub waarmee men afslaat op een hole.
Hole	→	Parcours van de afslagplaats naar de vlag.
Handicap	→	Speelsterkte van een speler, hoe lager het getal des te beter de speler
Optritrack	→	3D-meetsysteem

Planning



Planning afstudeerproject																	
	Jaar																
	Weeknr	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Activiteit																	
Aanmelden																	
<i>Projectdefinitie</i>																	
Uitdaging/probleemstelling																	
Aanleiding																	
Doelstelling																	
Projectresultaat																	
Afbakening																	
Effecten																	
Doelgroep																	
Randvoorwaarden																	
<i>Fasering</i>																	
WBS																	
Planning																	
Beslissingsmoment (project)																	
<i>Analysefase</i>																	
Literatuurstudie																	
Software																	
Inputs & outputs																	
Variabelen																	

	Weeknr	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Documentatie																	
Meetprotocol																	
Beslissingsmoment (meten)																	
<i>Meetfase</i>																	
Uitvoering meetprotocol																	
Proefmeting																	
Metingen																	
Resultaatopslag																	
Beslissingsmoment (verwerking)																	
<i>Evaluatiefase</i>																	
Resultaatverwerking																	
Conclusie																	
Discussie																	
Reflexie																	
Scriptie klaar																	
INLEVEREN SCRIPTIE																	

Bijlage 16 Competentieprofiel

Beroep specifieke Competenties	
Competentie 1: Bewegingsanalyse;	
Bewegingsregistratie: De bewegingstechnoloog kan met behulp van bewegingsregistratie technieken verschillende parameters op het terrein van bewegingen vastleggen, kwantificeren en analyseren.	
Leerdoelen:	
Met behulp van zelf gekozen meetsystemen een onderzoek opzetten en daarmee de golfswing (golfbeweging) vastleggen. Daarna kijken en analyseren wat er precies gebeurt in de swing en de effecten erop.	
Acties:	
In de voorbereiding goed kwantificeren welke parameters ik nodig heb. Daaruit moet ik een goed meetsysteem bij zoeken en deze leren kennen. Daarna gebruik maken van de verworven kennis om met het systeem om te kunnen gaan.	
Evaluatie leerdoel aan het eind van de afstudeerperiode:	
De maximale rotatiebeweging heb ik gemeten met een 2Dsysteem en 3Dsysteem. Daarna gekeken of het 2Dsysteem valide is voor de registratie. Daardoor heb ik een beweging met 2 systemen kunnen registreren die elk een andere techniek hebben om de data uit te lezen. Zowel het 2D als 3D systeem ging goed om uit te lezen en te verwerken.	
Competentie 2: Testen en onderzoeken;	
De bewegingstechnoloog kan op basis van een probleemstelling een onderzoek opzetten en uitvoeren op bewegingstechnologisch gebied. Dit kan hij zowel in de vorm van een theoretisch onderzoek (literatuurstudie en modelvorming) als in de vorm van een toegepast onderzoek (gebruiksonderzoek)	
Leerdoelen:	
Hierbij wil ik leren om bij een probleemstelling zelf een vraagstuk bij te bedenken en op te lossen. Hierbij gebruik maken van eerdere onderzoeken (literatuurstudie) en daarna een mooi onderzoek te bedenken.	
Acties:	
Om dit te kunnen bereiken is er veel overleg met verschillende partijen nodig. Deze inputs en feedback verwerken en daarna zelf tot een mooi onderzoek brengen.	
Evaluatie leerdoel aan het eind van de afstudeerperiode:	
Aan het begin van de afstudeerperiode was mijn onderzoek/probleemstelling en vraagstukken nog niet duidelijk. Samen met mijn begeleider heb ik een passend onderzoek met bijbehorende probleemstellingen weten te formuleren. Daarbij vraagstukken opgesteld en opgelost.	
Algemene Beroepsgerichte Competenties	
Competentie 1: Communicatie;	
De bewegingstechnoloog kan een heldere rapportage (onderzoeksrapport, adviesprotocol, literatuurstudie e.d.) opstellen.	
Leerdoelen:	
Het onderzoek is niks als het niet goed wordt gerapporteerd. Het doel is om een onderzoeksrapport op te stellen die voldoet aan alle eisen waar een rapport aan moet voldoen.	

Acties: Hierbij zal ik opzoeken wat er in een onderzoeksrapport moet staan. Welke indeling en hoe het taalgebruik moet zijn.
Evaluatie leerdoel aan het eind van de afstudeerperiode: Via handige sites heb ik gevonden waar een scriptie aan moet voldoen. Qua taalgebruik enzovoorts heb ik feedback gekregen van verschillende mensen waaronder mijn begeleider.
Competentie 2: ICT; De bewegingstechnoloog kan zelfstandig softwareprogramma's ontwikkelen en toepassen voor randapparatuur en bewegingstechnologische toepassingen.
Leerdoelen: Voor het verkrijgen van data zijn verschillende software en registratieprogramma's nodig. Om deze vervolgens met elkaar te kunnen combineren of vergelijken is er een programma nodig die dit kan.
Acties: Met behulp van Matlab wil ik dit programma gaan schrijven. Hierin zal gekeken moeten worden wat voor bestanden er moeten worden ingeladen en of er met matrixen moet worden gerekend.
Evaluatie leerdoel aan het eind van de afstudeerperiode: Voor het optitracksysteem is het nodig om in Matlab een code te maken die de ruwe data uit het optitrach systeem kan lezen. Er waren al bestaande codes, maar de hoofdcode moest nog gemaakt worden voor dit onderzoek. Met veel hulp en feedback van mijn begeleider heb ik een mooi werkend Matlab code kunnen maken.
Persoonsgebonden Competenties
Competentie 1: Initiatief & aanpassingsvermogen; De bewegingstechnoloog toont initiatief, kan zich snel aanpassen aan veranderende werkomgevingen, en kan op basis van doorzettingsvermogen prestatiegericht werken.
Leerdoelen: Hierbij wil ik leren om met tegenslagen/veranderingen om te gaan. Een project kan nooit meteen goed gaan.
Acties: Stel er zijn tegenslagen of veranderingen ga ik overleggen met mijn begeleiders en samen oplossingen bedenken. Het er vanuit gaan dat ik zelf eerst met ideeën kom en dan feedback ontvang en dit verwerk.
Evaluatie leerdoel aan het eind van de afstudeerperiode: In het begin waren er nog veel veranderingen in mijn project. Mijn eerste projectvoorstel werd afgewezen door de commissie. Mijn tweede voorstel werd goed gekeurd, maar moest nog veel veranderd worden zodat het aan de richtlijnen voldeed. Ik had nogal moeite met de opstart van het onderzoek. Tijdens het onderzoek had ik nog niet echt veel tempo waardoor ik de eerste deadline niet haalde. Na die tegenslag ben ik extra hard gaan werken om de deadline erna wel te kunnen halen.