

# Analyse van het sprongschot bij handbal

het belang van romprotatie.

Annemarieke Gorter  
Kim Helderman  
Aad Lagerberg

Annemarieke Gorter, Bewegingstechnologe,  
Kim Helderman, Bewegingstechnologe,  
Aad Lagerberg, Vakgroep Beweging & Analyse,  
opleiding Bewegingstechnologie, Haagse Hogeschool.

## Inleiding en probleemstelling

**V**ideo-analyse is een hulpmiddel dat in de sport regelmatig wordt ingezet. Van oudsher is de voornaamste toepassing hierbij het bieden van feedback aan de sporter door terug te kijken naar de eigen prestatie. Digitale video in combinatie met speciale analyse-software (in dit geval Silicon Coach<sup>(6)</sup>) verruimt de mogelijkheden op dit gebied aanzienlijk. In het kader van een afstudeerproject bij de opleiding Bewegingstechnologie van de Haagse Hogeschool is door de twee eerstgenoemde auteurs, in opdracht van het regiosteunpunt talent en topsport in Den Haag, een video-analyse gemaakt van het handbal sprongschot.

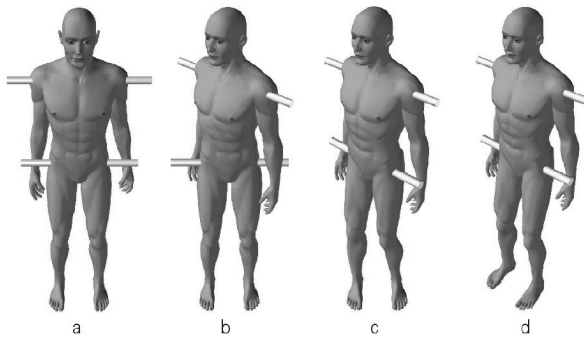
De uitkomsten van deze analyse zijn verwerkt in een protocol (een zogenaamde wizard) dat door trainers gebruikt kan worden om de bewegingsuitvoering van hun pupillen te vergelijken met de uitvoering van een topspeelster. In dit artikel gaan we in op een deelaspect van dit protocol namelijk de bijdrage van romprotatie aan de werpbeweging.

Met name uit bestudering van het pitchen (honkbal) is bekend dat rompbewegingen (rotatie, lateraalflexie en flexie) een belangrijke rol spelen bij het bereiken van een hoge werpsnelheid bij een bovenhandse worp<sup>(1,2)</sup>. De vraag die in dit artikel centraal staat is of, en zo ja op welke wijze, rompbewegingen bij het handbal sprongschot worden aangewend. Het feit dat er geworpen wordt terwijl het lichaam los is van de grond compliceert het inzetten van de romp immers aanzienlijk.

## Definitie van romprotatie

De definities van flexie en lateraalflexie van de romp behoeven geen nadere uitleg. Het roteren van de romp is echter een beweging die om heldere definities vraagt. Het gaat hierbij om de vraag wat er roteert ten opzichte van wat. Met name het roteren van de romp als geheel en het roteren in de romp (de schouder-

gordel ten opzichte van het bekken) dienen nadrukkelijk gescheiden te worden van elkaar (figuur 1).



Figuur 1.

Definitie van romprotatie.

- a. Uitgangspositie.
- b. Rotatie in de romp (inclusief de bewegingen in de schoudergordel).
- c. Rotatie van de romp ten opzichte van de voeten.
- d. Rotatie van het gehele lichaam in de wereld.

Bij de beoordeling van de mate van rotatie van de romp zijn twee denkbeeldige lijnen van belang: de denkbeeldige verbindingslijn tussen de schoudergewrichten en de denkbeeldige verbindingslijn tussen de heupgewrichten (figuur 1a). Rotatie in de wervelkolom leidt tot een verschil in de oriëntatie van de schouderlijn ten opzichte van de heuplijn (figuur 1b). Een dergelijk verschil in oriëntatie van de schouderlijn ten opzichte van de heuplijn kan natuurlijk ook het gevolg zijn van pro- en retractiebewegingen van de schoudergordel. In dit artikel worden de beweging van de schoudergordel en de rotatie in de romp niet afzonderlijk benoemd. Rotatie van de romp als geheel (dus samen met het bekken) ten opzichte van de voeten leidt tot een gelijke rotatie van beide lijnen ten opzichte van de voeten (figuur 1c). Een laatste manier om de romp te draaien is natuurlijk het roteren van het lichaam als geheel ten opzichte van de buitenwereld (figuur 1d). Bij een analyse van het werpen worden de hier genoemde denkbeeldige verbindingslijnen gebruikt om de rotatie van de romp te bepalen. Samenvattend



komt het er op neer dat een waargenomen rotatie van de schouderlijn bij een werpbeweging het gevolg kan zijn van verschillende rotaties: een rotatie in de wervelkolom of de schoudergordel, een rotatie van de romp ten opzichte van de voeten, of een rotatie van het lichaam als geheel. Een waargenomen rotatie van het bekken kan duiden op een rotatie van de romp ten opzichte van de voeten of een rotatie van het lichaam als geheel. Deze laatste bewegingsmogelijkheid is natuurlijk in principe onbegrensd. De twee andere niet. Mensen kunnen in stand (dus zonder de voeten te verplaatsen) de schouderlijn gemiddeld zo'n 90 graden naar links en rechts draaien (figuur 2).

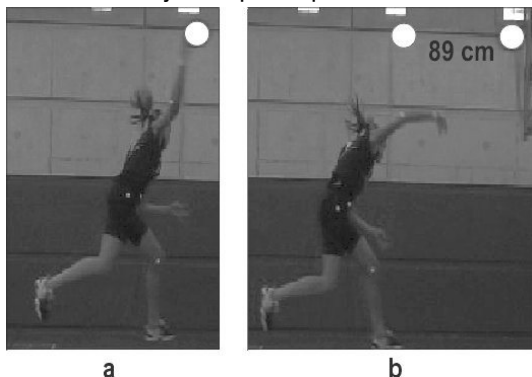
Ongeveer de helft van deze uitslag komt voor rekening van de wervelkolom, de rest is het gevolg van rotatie van het bekken.

Figuur 2.

De in stand mogelijke rotatie van de schouderlijn is een optelsom van de bewegingen uit figuur 1b en 1c.

## Het belang van romprotatie

Een succesvolle worp wordt bepaald door de richting en de snelheid van de worp. Bij deze analyse zullen we ons in eerste instantie beperken tot de balsnelheid. Met behulp van de videoanalyse kan de balsnelheid die bereikt wordt, worden vastgesteld. Hiertoe moet eerst een bekende maat in het beeld worden bepaald. In het videobeeld van figuur 3 is dat de afstand (145 cm) tussen twee lijnen op de sportvloer.



Figuur 3. Meting van de balsnelheid (verdere verklaring in de tekst).

Vervolgens wordt de positie van de bal op het moment van bal-los bepaald. Door een meting van de afstand die de bal in twee beeldjes aflegt (bij 50 Hz is dat 0,04 sec) kan de snelheid worden uitgerekend. In dit voorbeeld bedraagt de afgelegde weg in 0,04 seconde 89 cm. Omgerekend komt dit neer op ca. 80 km/h.

Deze snelheid sluit redelijk aan bij ander onderzoek op dit gebied<sup>(3,4)</sup>. De snelheid die een bal bereikt op het moment dat deze wordt losgelaten hangt af van de beginsnelheid, de versnelling die aan de bal gegeven wordt en de tijd dat deze versnelling op de bal werkt. In formule:

$$V_t = V_0 + at$$

In woorden:

De snelheid van de bal op tijdstip  $t$  ( $V_t$ ) is gelijk aan de beginsnelheid ( $V_0$ ) vermeerderd met het product van de versnelling ( $a$ ) die op de bal werkt en de tijd ( $t$ ) dat deze versnelling werkt.

Indien de beginsnelheid 0 is, wordt de eindsnelheid dus uitsluitend bepaald door de aangebrachte versnelling en de tijd dat deze werkt.

De versnelling die iemand aan een bal kan geven, wordt bepaald door de kracht die kan worden uitgeoefend op de bal. De tijd dat de versnelling kan werken hangt samen met de lengte van het traject ( $S$ ) waarover de bal versneld kan worden.

$$S = V_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

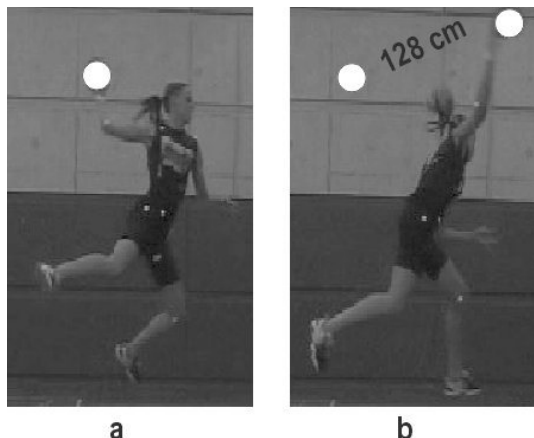
Uit een eenvoudig rekenvoorbeeld wordt de samenhang duidelijk. De top-handbalster uit de video werpt met een snelheid van 80 km/h.

De uitvoering van de worp vindt plaats in ongeveer 0.12 seconde (6 frames in een digitale video met 50 beeldjes per seconde).

De gemiddelde versnelling op de bal bedraagt dan 185,4m/sec<sup>2</sup> (bij een eenparige versnelling).

Met behulp van de gemeten uitvoeringstijd in combinatie met de berekende versnelling die aan de bal gegeven wordt, kan de lengte van het traject waarover de versnelling is aangebracht worden uitgerekend.

Bij een beginsnelheid van 0 m/sec levert dit een weg (S) waarover de bal wordt versneld van 134 cm. De ordegröte van deze uitkomst kan met behulp van de videoanalyse worden gecontroleerd. Meting van de afgelegde weg van de bal in het videobeeld levert een afstand op van 128 cm (figuur 4).



Figuur 4. Meting van het traject waarover de bal versneld wordt (verdere verklaring in de tekst).

Het verschil tussen de gemeten en de berekende waarde vindt zijn oorsprong in de onnauwkeurigheid van de bepaalde uitvoeringstijd van de worp (er kan slechts in stappen van 0,02 seconde worden gemeten), de projectie van een 3d gebeurtenis in één vlak, de aanname over de beginsnelheid van de bal en de

aanname dat de versnelling constant is. Uit nauwkeuriger onderzoek blijkt dat ruim 70% van de energie die de bal op het moment van loslaten bezit, wordt overgedragen in de laatste 50 milliseconde van de worp. De snelle palmairflexie van de pols in de eindfase van de worp is verantwoordelijk voor ongeveer 30% van deze toename van de energie inhoud van de bal <sup>(4)</sup>.

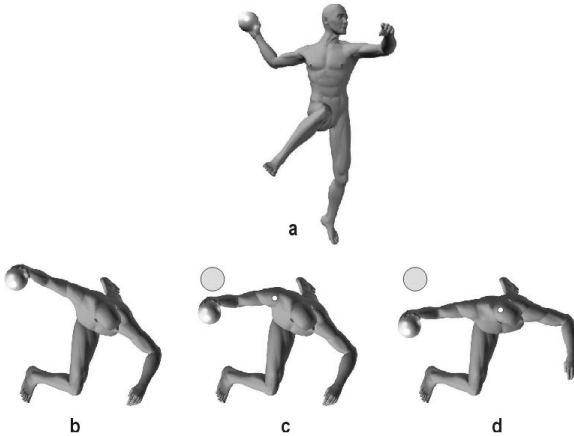
De geleverde kracht, het beschikbare traject en de balsnelheid die bereikt wordt hangen via bovenstaande formules direct met elkaar samen.

Indien het traject waarover de bal versneld kan worden korter is dan in het bovenstaande voorbeeld, zal, bij een gelijke versnelling van de bal, de maximale balsnelheid lager zijn. Of: bij een lagere versnelling dient de beschikbare weg groter te zijn om een gelijke balsnelheid te behalen. Weer anders geformuleerd: bij een korter traject zal de versnelling groter moeten zijn om dezelfde balsnelheid te bereiken. Hard werpen is dus niet alleen een kwestie van kracht, maar evenzeer van een voldoende lang traject om de bal te versnellen. Het is vooral dit aspect van de uitvoering van de beweging dat sterk wordt beïnvloed door de inzet van romprotatie.

De lengte van de weg waarover de versnelling wordt aangebracht hangt af van de beschikbare bewegingstrajecten in de gewrichten die ingezet worden en de afstand van de bal tot de draaipunten in die gewrichten.

In algemene zin kan worden gesteld dat een beweging in een gewricht een grotere bijdrage aan het bewegingstraject van de bal levert naarmate het gewricht in het vlak van de rotatie verder van de bal verwijderd is.

Dit principe wordt toegelicht in figuur 5. De in figuur 5a getoonde positie van de uitvoering van het sprongschot wordt in de figuren b tot en met d in bovenaanzicht getoond.



Figuur 5.  
Het effect van de ligging van het draaipunt op de verplaatsing van de bal (verdere verklaring in de tekst).

Figuur 5b toont in bovenaanzicht de startpositie van deze analyse (identieke positie als in figuur 5a).

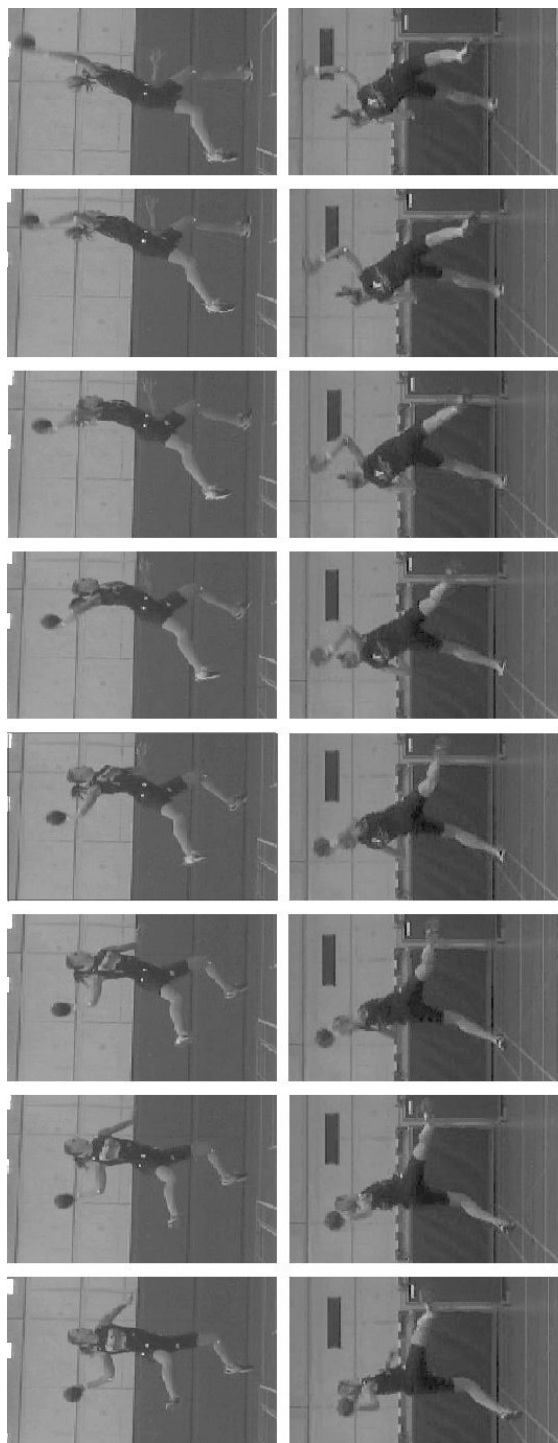
In figuur 5c wordt het effect op de verplaatsing van de bal bij een horizontale adductie in het schoudergewricht over 30 graden getoond.

In figuur 5d wordt eveneens over 30 graden geroteerd, maar nu in de wervelkolom. Vergelijking van de optredende verplaatsing van de bal maakt duidelijk dat de rotatie in de wervelkolom (over dezelfde hoek als in de schouder) een grotere verplaatsing van de bal oplevert. Voor een gelijke baansnelheid van de bal volstaat daarom een lagere rotatiesnelheid. Bij een gelijke hoekversnelling levert een rotatie van de romp dus ook een grotere (lineaire) versnelling van de bal op en daarmee een hogere balsnelheid aan het eind van het traject.

Uiteraard heeft dit alles ook een prijs. Bij een rotatie in de wervelkolom moeten er veel grotere deelmasa's worden versneld dan bij een rotatie in het schoudergewricht. Het moment dat spieren moeten leveren om dezelfde hoekversnelling te genereren bij rotatie in de wervelkolom, ligt dus hoger dan in de schouder. Daar staat echter weer tegenover dat er ook grotere spiergroepen beschikbaar zijn voor de rotatie van de romp dan voor een rotatie in de schouder.

Van de uitvoering van een bovenhandse worp bij honkbal is bekend dat de hoekstandsveranderingen in het schoudergewricht tijdens de worp naar ab- en adductie en horizontale ab-en adductie in de fase dat de bal versneld wordt, gering zijn. De bovenarm van de pitcher wordt, in de fase waarin de bal het meest versneld wordt vrijwel in het verlengde van de schouderlijn gehouden. De rotatiesnelheid van de arm om de lengte-as van de bovenarm, de streksnelheid van de elleboog en de snelheid van de pols naar palmairflexie zijn overigens zowel bij handbal als honkbal wel zeer hoog <sup>(1,2,4)</sup>.

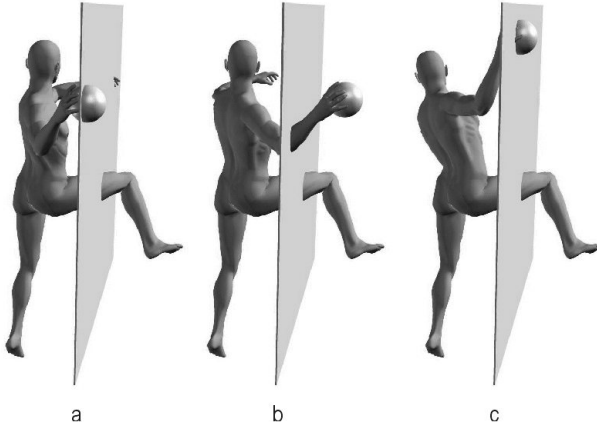
Bestudering van het sprongschot bij handbal levert ook voor wat betreft de rotatiesnelheden in de schouder een met honkbal vergelijkbaar beeld op. Ter illustratie worden in figuur 6 de 8 frames waarin de schouderlijn geroteerd wordt getoond. De bovenste afbeelding toont het zij-aanzicht, de onderste een achter-aanzicht. Merk op dat de schouderlijn in het eerste frame (a) min of meer evenwijdig aan de werprichting staat. In het laatste frame (h) (het moment van ballos) staat de schouderlijn 90° geroteerd en dus haaks op de werprichting. Bestudering van de diverse frames leert dat de bovenarm deze rotatie van de schouderlijn volgt. Pas nadat de bal de hand heeft verlaten (niet in deze serie te zien) draait de arm in het schoudergewricht snel naar horizontale adductie. Dit traject wordt dus vooral gebruikt om de arm af te remmen, niet om de bal te versnellen.



Figuur 6.  
Zijaanzicht en achteraanzicht van de uitvoering van het sprongschot. De tijd tussen de frames bedraagt 0,02 seconde.

u  
g  
f  
e  
d  
c  
b  
a

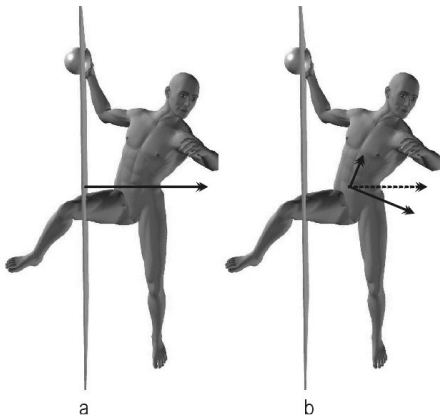
Ook de mate van abductie van de arm is redelijk constant. Bij bestudering van het zijaanzicht is weliswaar duidelijk waar te nemen dat de bovenarm aan het eind van de werpbeweging meer verticaal staat dan in het eerste frame, maar bestudering van het achteraanzicht maakt duidelijk dat deze heffing van de arm niet het gevolg is van een abductie in het schoudergewricht, maar van een lateroflexie van de romp. Deze lateroflexie draagt niet rechtstreeks bij aan het voorwaarts versnellen van de bal, maar heeft wel een andere belangrijke functie. Dit wordt verduidelijkt in figuur 7. Bij het werpen van de bal is niet alleen de snelheid, maar ook de richting van belang. In figuur 7a is de richting waarin de speler de bal wil werpen weergegeven met een vlak. Een geïsoleerde rotatie van de romp zou er toe leiden dat de bal uit dit vlak beweegt (figuur 7b). Een combinatie van flexie, lateroflexie en rotatie zorgt er voor dat de versnelling van de bal zodanig plaatsvindt dat de bal in het vlak blijft.



Figuur 7.  
Lateroflexie van de romp is noodzakelijk om de bal te versnellen in de gewenste richting (hier weergegeven met een vlak).

- a. Uitgangspositie.
- b. Effect van een geïsoleerde rotatie in de romp.
- c. effect van een combinatie van rotatie en lateroflexie (de bal blijft in het vlak).

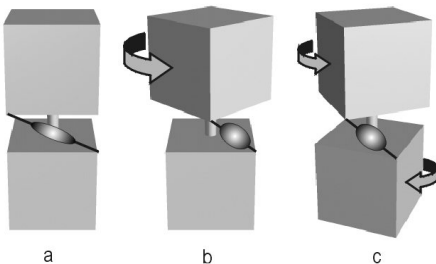
In figuur 8 wordt de situatie in vooraanzicht getoond. Om de bal in het getoonde vlak te bewegen dient de combinatie van optredende gewrichtsbewegingen in elleboog, schouder en romp zodanig te zijn dat de optelsom van al deze rotatievectoren loodrecht op het vlak staat waarin de werper de bal wil versnellen.



Met een combinatie van rotatie en flexie van de reeds gelateroflecteerde romp is dit mogelijk.

Figuur 8.  
Een as loodrecht op het vlak waarin de bal versneld wordt kan worden ontbonden in linksom rotatie en flexie van de reeds gelateroflecteerde romp (verdere verklaring in de tekst).

### Rotatie en massa traagheid



Bestudering van de fotoserie van figuur 6 leert dat de schouderlijn bij het sprongschot over ruim  $90^\circ$  linksom geroteerd wordt. Ook het bekken roteert in dezelfde richting. Het tot stand brengen van deze rotaties wordt gecompliceerd door het feit dat het lichaam los is van de grond.

Figuur 9a toont twee identieke elementen die ten opzichte van elkaar kunnen roteren om de afgebeelde as.

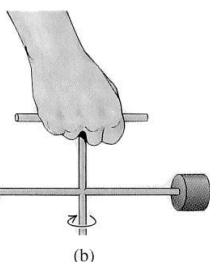
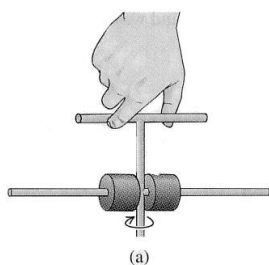
Figuur 9.

Modelmatige voorstelling van het tegenroteren van heup- en schouderlijn (verdere verklaring in de tekst).

Het bovenste element staat model voor het bovenste deel van de romp (met de schouderlijn), het onderste voor het bekken. De in het model aangebrachte spier (schuine buikspier) is in staat om de elementen ten opzichte van elkaar te draaien. Indien het onderste element op de grond staat zal een contractie van de spier het bovenste element linksom draaien ten opzichte van het stilstaande onderste element (9b). De spier trekt welliswaar even hard aan het bovenste element (linksom) als aan het onderste (rechtsom), maar het feit dat er daarbij geen rechtsom rotatie van het onderste element ontstaat, is het gevolg van wrijvingskrachten op de onderlaag. Indien beide elementen echter vrij in lucht hangen zal het aanspannen van de spier wel resulteren in een rotatie van beide elementen (9c) (in tegengestelde richting). Toepassing van deze bevindingen op het sprongschot zou betekenen dat een poging om de schouderlijn ten opzichte van het bekken linksom te draaien gepaard zal gaan met een tegengestelde rotatie van het bekken ten opzichte van de buitenwereld. Bestudering van de fotoserie leert echter anders. Zowel het bekken als de schoudergordel roteren linksom in de wereld. Om dit te bereiken maakt de werpster op ingenieuze wijze gebruik van het principe van massastraagheid. De voor het sprongschot zo karakteristieke strekking van het geabduceerde been aan de zijde van de werparm speelt hierbij een belangrijke rol.

In het model van figuur 9 was er sprake van twee identieke elementen die ten opzichte van elkaar roteren. Onder dergelijke omstandigheden geldt dat (vrij van de onderlaag) beide elementen in gelijke mate tegengesteld zullen draaien.

Massa's verzetten zich (ook zonder contact met de onderlaag) tegen een poging om ze in beweging te brengen (massastraagheid). Voor een translatie van een massa gehoorzaamt dit verzet aan de wet  $F=m \cdot a$ . Het vereist een kracht om een massa te versnellen of te vertragen. Deze kracht is groter naarmate de massa groter is. Het verzet tegen een rotatie (traagheidsmoment) wordt niet alleen bepaald door de grootte van de massa, maar ook in belangrijke mate door de verdeling van de massa ten opzichte van de rotatie-as. Met behulp van het model van figuur 10 wordt het principe uiteengezet.

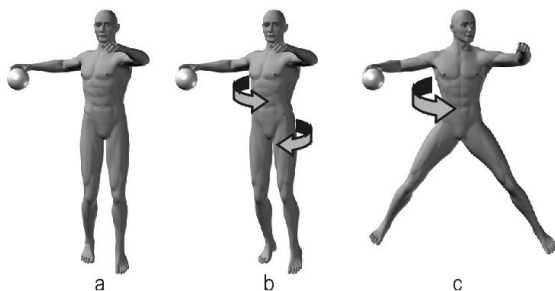


Het systeem wordt om een verticale as gerotereerd. De twee verzwaarde cilinders kunnen op elke willekeurige positie op de horizontale stang worden gefixeerd. Als de twee massa's dicht bij de rotatie-as worden geplaatst, is het traagheidsmoment relatief klein en kost het weinig moeite om het systeem te draaien (a). In situatie b zijn de cilinders verder van de rotatie-as geplaatst waardoor het verzet van het systeem tegen rotatie sterk toeneemt.

Figuur 10.

Het principe van vergroting van het traagheidsmoment door een toename van de afstand van de massa tot de rotatie-as.

De handbalster die de schoudergordel wil roteren om daarmee de bal te versnellen ziet niet graag dat een deel van de poging die zij daartoe doet 'verloren gaat' in een ongewenste tegenrotatie van het bekken. Los van de grond zou zij dit kunnen voorkomen door het verzet van de onderliggende massa (bekken plus benen) tegen rotatie te vergroten (figuur 11).

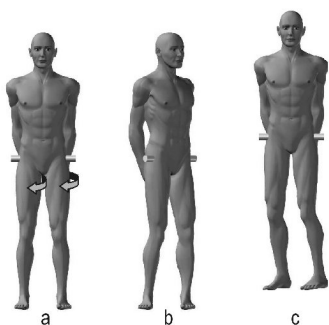


Figuur 11.  
Vergroting van het traagheidsmoment van bekken en benen door het spreiden van de benen.

Een methode om dit te bereiken is het spreiden van de benen. Zoals al werd opgemerkt, weet de handbalster echter niet alleen te voorkomen dat

het bekken rechtsom draait, zij slaagt er zelfs in om het bekken, in een voor het versnellen van de bal effectieve, linksom rotatie te bewegen. Deze rotatierichting is niet te verklaren op basis van het bovenstaande.

In stand op twee benen komt linksom rotatie van het bekken tot stand door het leveren van roterende momenten met spieren rond de heupgewrichten (figuur 12). (De hierbij eveneens noodzakelijke bewegingen in de enkelgewrichten laten we buiten beschouwing).



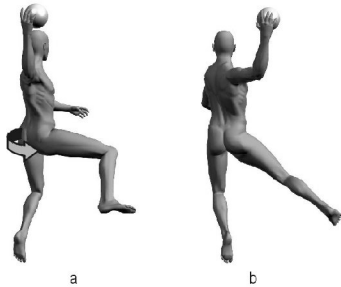
Figuur 12a tm c.

- Het effect van het leveren van een exoroterend moment rond de rechter heup en een endoroterend moment rond de linker heup.
- In stand zal het bekken roteren ten opzichte van de benen.
- Vrij in de lucht zullen de benen roteren ten opzichte van het bekken.

Linksom draaien vraagt een exoroterend moment rechts en/of een endoroterend moment links. Het feit dat hierbij het bekken roteert en de benen niet in de tegengestelde richting draaien is te danken aan het contact van de voeten met de vloer en de wrijvingskrachten die daar heersen. Alle tussenliggende gewrichten (tussen heupen en voetzolen) moeten daarbij overigens wel gefixeerd worden om deze wrijvingskrachten ook over te brengen.

In een identieke onderlinge positie, maar dan los van de grond, leidt het leveren van exo- of endoroterende momenten rond de heupen voornamelijk tot het roteren van de benen om hun lengte-as (figuur 12c). Bij een rotatie van het been om

zijn lengte-as is het traagheidsmoment immers klein (de massa van het been ligt niet ver verwijderd van de rotatie-as). Om los van de grond het bekken te roteren moet het traagheidsmoment van het been dus worden vergroot. De manier bij uitstek om dit te bereiken wordt schematisch getoond in figuur 13.

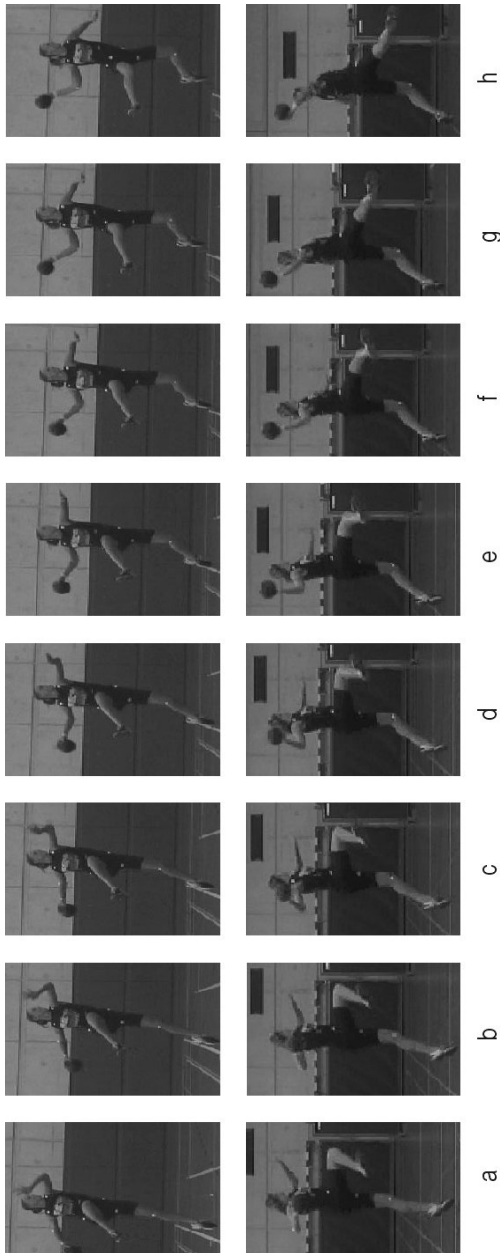


Figuur 13.

Linksom rotatie van het bekken (a) door het uitoefenen van een exoroterend (= horizontale abductie) moment in de rechter heup (b) (verdere verklaring in de tekst).

Indien er een exoroterend moment wordt uitgeoefend in het heupgewricht bij een geabduceerde positie van het gestrekte been ("horizontale abductie") is het traagheidsmoment van het been aanzienlijk groter. Het verzet van het been tegen het

uitgeoefende moment is groter waardoor er een linksom rotatie van het bekken op zal treden. Gewapend met deze inzichten kijken we naar de afbeeldingen in figuur 14.



Figuur 14.  
 Zij- (a) en achteraanzicht(b) van de uitvoering van de bekkenuitrotatie (verdere verklaring in de tekst).

De voor het sprongschot zo kenmerkende achterwaartse beweging van het geabduceerde been (= exorotatie of "horizontale abductie") aan de zijde van de werpam, voldoet prachtig aan de genoemde voorwaarden voor het uitvoeren van een linksom rotatie van het bekken. Een ander opvallend fenomeen is het gelijktijdige gedrag van de linker arm. In de fase waarin het bekken wordt geroteerd wordt de geabduceerde linker arm achterwaarts bewogen. Samen met de nog redelijk gestrekte werpam in deze fase zorgt dit voor een vergroting van de traagheid van de schoudergordel. De schouderlijn blijft hierdoor achter bij het linksom roteren van het bekken waardoor er aanvankelijk sprake is van rechtsom rotatie van de schoudergordel ten opzichte van het bekken. Direct daarop roteert de schoudergordel echter weer linksom ten opzichte van het bekken. Deze plotselinge omkering van de bewegingsrichting staat bekend als een "countermovement". De spieren die de schoudergordel ten opzichte van het bekken linksom kunnen roteren zijn door de countermovement al voor aanvang van de linksom rotatie excentrisch actief (om de rechtsom rotatie af te remmen). Dit maakt dat de desbetreffende spieren in de concentrische fase direct optimaal kracht kunnen leveren. Zonder countermovement zou er kostbare tijd verloren gaan. Het activeren van musculatuur kost namelijk tijd <sup>(5)</sup>.

## Discussie

Bovenhands werpen blijkt ook bij het handbal sprongschot een activiteit te zijn die voor een belangrijk deel berust op de bijdrage van rompbewegingen. In de warming up voor een handbalwedstrijd wordt er over het algemeen veel aandacht besteed aan de bewegingsvrijheid van de arm ten opzichte van de romp, maar een warming up gericht op de belangrijkste bewegingsrichtingen in de romp en het heupgewricht is heel wat minder gangbaar. Bovenstaande analyse maakt duidelijk dat daar toch veel voor te zeggen is. Een lange busrit naar een verre uitwedstrijd kan bijvoorbeeld gemakkelijk leiden tot enige beperking van de bewegingsuitslagen van de romp. Werpen met een minder optimale rompinzet leidt of tot lagere balsnelheden of tot compensatoire extra inspanning van andere delen van het lichaam (in de schouderregio bijvoorbeeld) om toch tot een succesvolle worp te komen. Het is niet ondenkbaar dat het juist deze ongebruikelijke functie-eisen aan andere delen van het bewegingsapparaat zijn die tot blessures kunnen leiden.

De hier gepresenteerde video-analyse is onderdeel van een omvangrijker protocol in silicon coach (een zogenaamde wizard) waarin de op video vastgelegde uitvoering van de beweging van een willekeurige sporter naast de uitvoering van een topspeelster gelegd kan worden. Bij een dergelijke vergelijking van de uitvoering is zorgvuldigheid en terughoudendheid vereist. Verschillen in lichaamsbouw en -functie kunnen immers maken dat de 'ideale' uitvoering van de beweging niet voor iedereen even ideaal en/of uitvoerbaar is.

## LITERATUUR

1. Fleisig G.S, Barrentine S.W, Zheng N, et al.  
Kinematic and kinetic comparison of baseball pitching among various levels of development  
Journal of Biomechanics 32 (1999) 1371-1375.
2. Fleisig G.S, Andrews J.R, Dillman C.J et. al.  
Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms.  
American Journal of Sports Medicine 23 (1995) no. 2 233-239
3. Gorostiaga EM, Granados C, Ibanez J, Izquierdo M.  
Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players.  
Int J Sports Med. 2005 Apr;26(3):225-32.
4. Joris H.J.J., Edwards van Muyen A.J., van Ingen Schenau G.J., Kemper H.C.G.  
Force, velocity and energy flow during the overarm throw in female handball players.  
Journal of Biomechanics 18 (1985) pp 409-414
5. Bobbert MF, Gerritsen KG, Litjens MC, Van Soest AJ.  
Why is countermovement jump height greater than squat jump height?  
Med Sci Sports Exerc. 1996 Nov;28(11):1402-12.
6. <http://www.siliconcoach.com>

Andere handbal websites: <http://www.nhv.nl> <http://www.handbalsport.nl/>  
<http://www.handbalstartpunt.nl/> <http://www.eurohandball.com/> <http://handbal.beginthier.nl/>