

## I. BEWEGINGEN EN ASSENSTELSELS

Beweging is relatief. Beweging is een positieverandering van "iets" ten opzichte van "iets anders". Voor "iets" kan van alles worden ingevuld: een punt, een lijn, een vlak of een voorwerp, zoals bijvoorbeeld een wervel. Bij de invulling van "iets anders" zijn wij vrij in de keuze: het ene referentiekader is niet beter of slechter dan het ander. De keuze hangt af van het doel dat men met de bewegingsbeschrijving wil bereiken; het inzicht dat men wil verkrijgen. De beweging ten opzichte van het ene kader kan namelijk fundamenteel verschillen van dat van een ander. Stel een fysiotherapeut en een patiënt lopen naast elkaar door een gang. Plotseling versnelt de fysiotherapeut de pas. De patiënt beweegt dan ten opzichte van de fysiotherapeut naar achter, doch blijft ten opzichte van de gang naar voren gaan. Welke referentie gekozen wordt, de gang of de fysiotherapeut, hangt af van de vraag of men erin geïnteresseerd is waar de fysiotherapeut naar toe gaat, of dat men wil weten of de patiënt zijn behandelaar nog kan inhalen.

Indien iemand loopt en men wil weten waar deze persoon naar toe gaat, beschrijven wij de verandering van positie van het lichaam ten opzichte van de omgeving. In zo'n geval wordt gekozen voor een rechthoekig assenstelsel, dat ten opzichte van die omgeving niet meebeweegt. Als wij echter geïnteresseerd zijn in de mate waarin zo iemand de armen meezwaait, wordt de verandering van positie van de bovenste extremiteiten beschreven ten opzichte van een assenstelsel, bevestigd op de rest van het lichaam.

Willen we daarbij weten hoe de onderarm zich verplaatst ten opzichte van de bovenarm, dan gebruiken we een assenstel, bevestigd op de humerus.

Als we, tenslotte, geïnteresseerd zijn in de wijze waarop de gewrichtsvlakken van radius en ulna zich verplaatsen over de bijbehorende gewrichtsvlakken van de humerus, dan dient een assenstelsel op de gewrichtsvlakken van de humerus geplaatst te worden.

In het algemeen onderscheiden we, gezien het voorgaande, de volgende assenstelsels.

Om bewegingen van een deel van het lichaam te beschrijven ten opzichte van de rest van het lichaam, wordt gebruik gemaakt van het *descriptief anatomisch assenstelsel*.

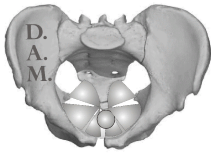
Voor het beschrijven van de bewegingen van een botstuk ten opzichte van een aanliggend (articulerend) botelement, wordt een *osteokinematisch assenstelsel* gebruikt.

Om de verplaatsingen van twee gewrichtsprofielen ten opzichte van elkaar weer te geven, wordt gebruik gemaakt van een *arthrokinematisch assenstelsel*.

### ASSENSTELSELS

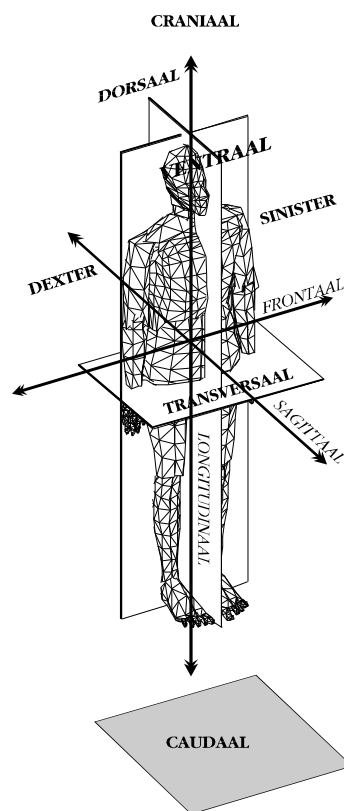
#### *Descriptief anatomisch assenstelsel*

Dit wordt binnen de fysiotherapie het meest gebruikt. De bewegingen van lichaamsdelen worden beschreven ten opzichte van een assenstelsel zoals gedefinieerd in de zo genaamde anatomischehouding (figuur 1). "Anteflexie van de arm in het sagittale vlak om een frontale as", "abductie van het been in het frontale vlak om een sagittale as" en "rotatie van de nek in het transversale (horizontale) vlak om een longitudinale (verticale) as" zijn hier voorbeelden van. De genoemde assen en vlakken zijn gebaseerd op het feit dat een mens een duidelijk herkenbare



## Driedimensionale Arthrokinematische Mobilisatie BEKKEN

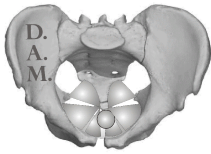
voor- en achterkant, boven- en onderkant en linker- en rechterzijde heeft, zoals zo treffend wordt uitgedrukt in het schone lied: "ik ben zo blij, zo blij, dat mijn neus van voren zit en niet opzij". Het maakt dan ook niet uit hoe iemand staat, zit of ligt. Bewegingen en posities worden steeds "terugvertaald" naar de anatomische houding. Zowel bij iemand die op de buik ligt als bij iemand in ruglig, bevindt de achillespees zich aan de "dorsale" zijde van het onderbeen. Ook bij een acrobaat die omgekeerd aan de rekstok hangt, bevindt de thorax zich, evenals bij een rechtopstaand iemand, "craniaal" van het bekken. De romp kan bijvoorbeeld descriptief anatomisch de volgende bewegingen uitvoeren: flexie, extensie, lateraalflexie naar links / rechts en rotatie linksom / rechtsom.



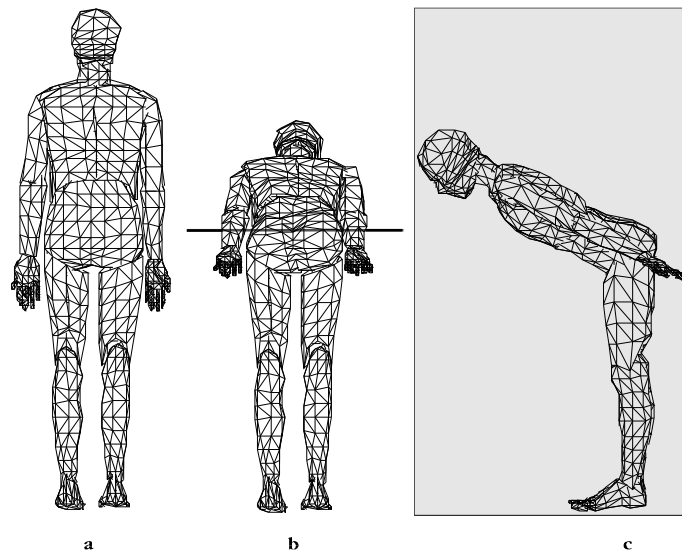
Figuur 1

Terzijde zij opgemerkt dat het innemen van de anatomische houding in werkelijkheid niet mogelijk is. Deze houding is immers slechts een denkbeeldige, tussen anatomen afgesproken, positie. De anatomische houding dient als referentiekader, zodat bewegingen en onderlinge relaties van lichaamsdelen éénduidig kunnen worden beschreven. In deze houding werken geen krachten: noch de zwaartekracht, noch spierkrachten of uitwendige belastingen. Bij afspraak wordt dan ook geen contact gemaakt met de onderlaag; *het lichaam hangt dus in de lucht*. De origo van een spier wordt verondersteld "gefixeerd" te zijn, enz..

Verder in de tekst bedoelen wij met de anatomische houding de rechtopstaande stand, zoals in werkelijkheid kan worden ingenomen.

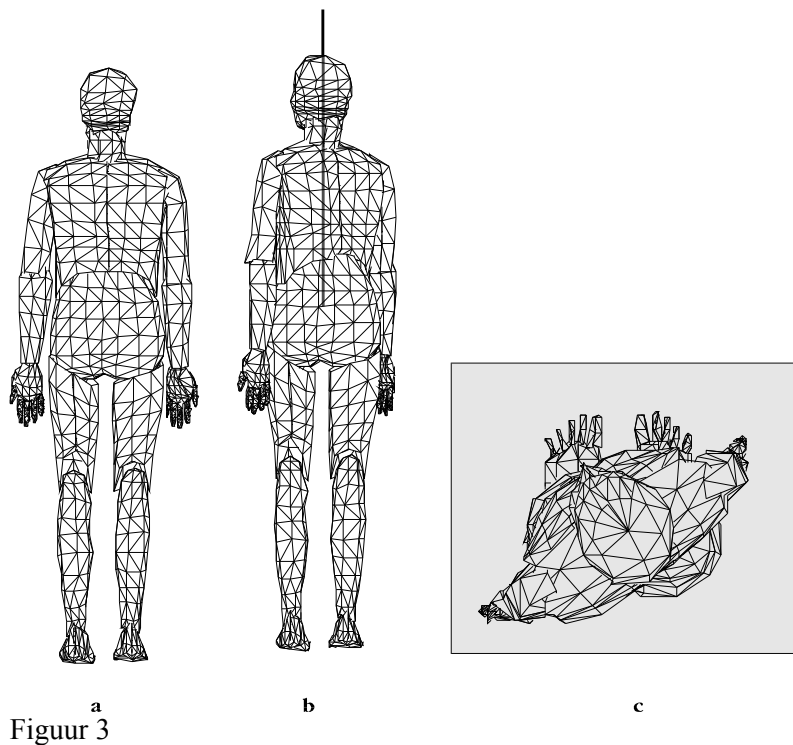


*Driedimensionale Arthrokinematische Mobilisatie BEKKEN*



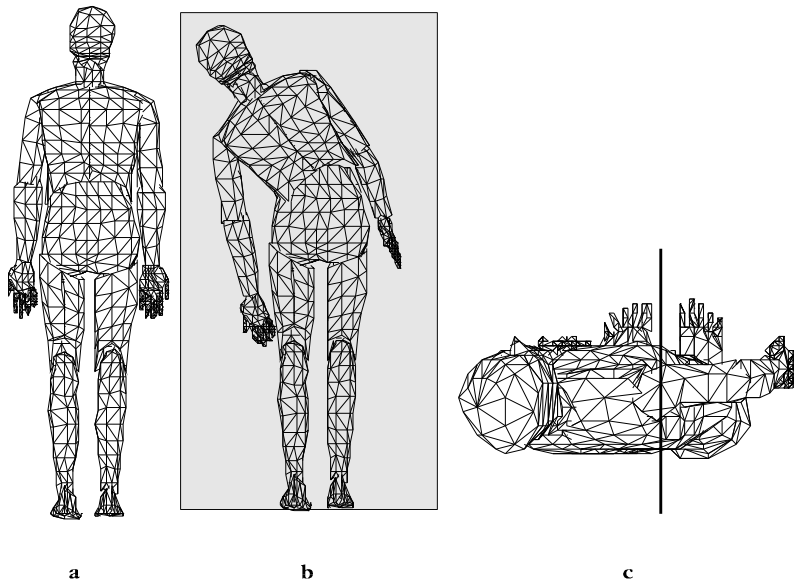
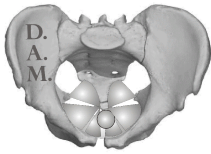
Figuur 2

Flexie en extensie worden uitgevoerd rond een frontale as in het sagittale vlak (figuur 2).



Figuur 3

Rotaties vinden plaats rond een longitudinale as in het transversale (horizontale) vlak (figuur3).



Figuur 4

Lateroflexies worden uitgevoerd rond een sagittale as in het frontale vlak (figuur 4).

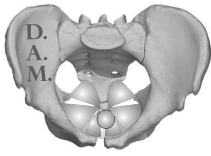
Ook bij beschrijving van bewegingen van de extremiteiten wordt binnen deze cursus de benaming van de beweging gerelateerd aan de bijbehorende as. Alle bewegingen die plaatsvinden om descriptief anatomische longitudinale assen noemen wij rotaties. Het spreiden en sluiten van de tenen dus ook. Uiteraard worden bij de extremiteiten de bewegingen om sagittale assen geen lateroflexie genoemd maar ab- en adductie. De ruimtelijke positie van het betreffende ledemaat doet daarbij niet ter zake. Zo wordt het roteren van een 90° geheven arm om zijn lengte-as ook ab- of adductie genoemd. De beweging voltrekt zich immers rond een sagittale as.

### ***Osteokinematische bewegingsbeschrijving***

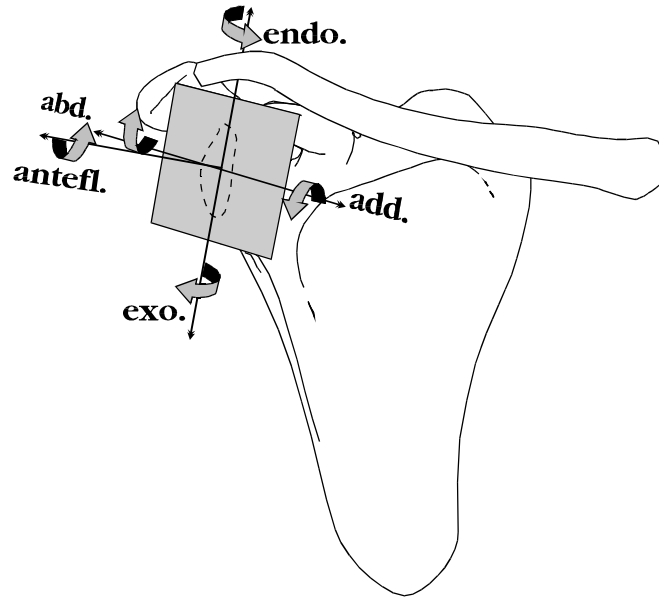
Hierbij worden bewegingen van een botstuk beschreven ten opzichte van het aanliggende element. Hiervoor is het nodig een lokaal stelsel van assen en vlakken te definiëren, dat als het ware op dit aanliggende element is geplakt. Over het algemeen wordt hiervoor het gewrichtsvlak van het aanliggende element gebruikt. In figuur 5 wordt het assenstelsel gegeven op de cavitas glenoidalis van het scapula waarmee de bewegingen van de humerus ten opzichte van het schouderblad beschreven worden.

### ***Arthrokinematische bewegingsbeschrijving***

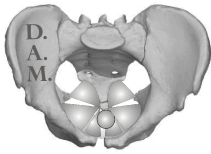
Deze vorm van bewegingsbeschrijving richt zich op de wijze waarop de contactpunten tussen gewrichtsprofielen verplaatsen. Hierbij speelt de relatie tussen de ligging van kromtemiddelpunten en de ligging van de momentane draaipunten van een gewricht een bepalende rol.



*Driedimensionale Arthrokinematische Mobilisatie BEKKEN*

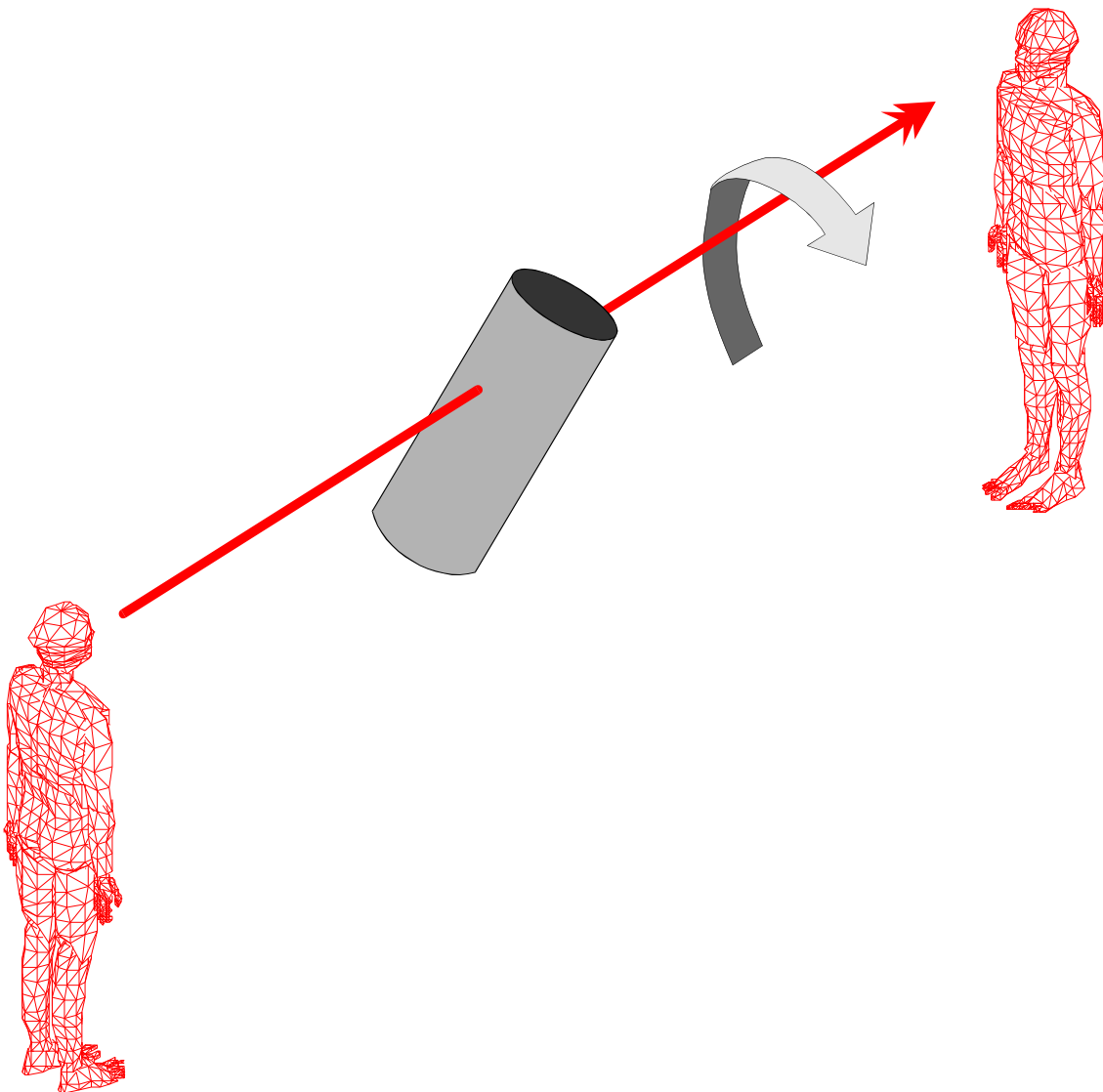


figuur 5

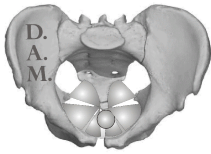


## II. ROTATIEVECTOREN

Een rotatievector is een lijn met een dubbele pijlpunt. De richting van de lijn stelt de as voor waaromheen een rotatie wordt uitgevoerd. De dubbele pijlpunt geeft de richting van de rotatie weer. De rotatie-richting is bij afspraak als volgt. Ziet men, kijkend in de richting van de vector, de dubbele pijlpunt naar zich toe wijzen, dan is de rotatie linksom gericht. Ziet men, kijkend in de richting van de vector, de dubbele pijlpunt daarentegen van zich af gericht dan is de rotatie rechtsom gericht (figuur 6).



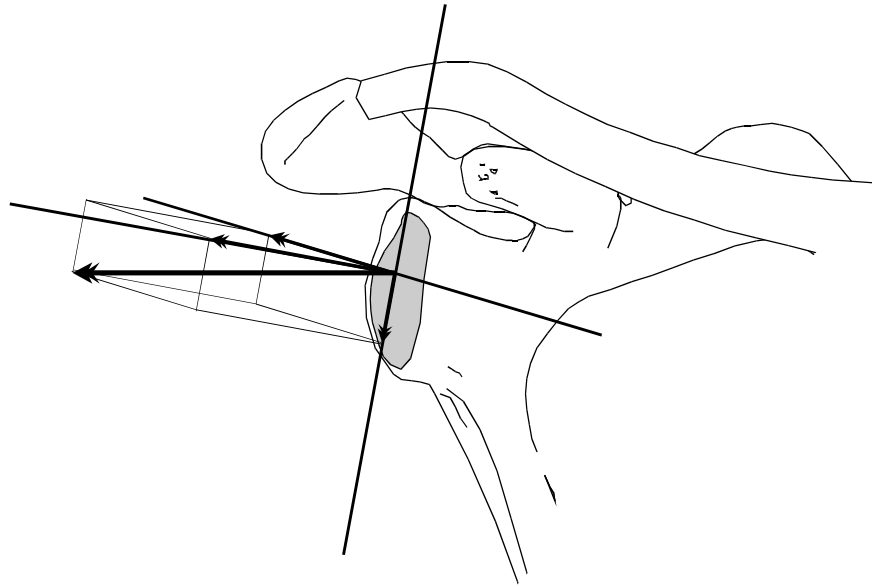
Figuur 6



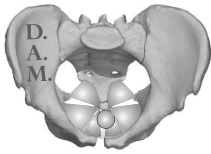
## *Driedimensionale Arthrokinematische Mobilisatie BEKKEN*

Rotatievectoren zijn, evenals andere vectoren (zoals bijvoorbeeld krachten), te ontbinden. Een voorbeeld van de (osteokinematische) ontbinding van de descriptief anatomische anteflexie van de rechter bovenarm wordt gegeven in figuur 7.

In welke osteokinematische componenten kan de descriptief anatomische anteflexie worden ontbonden?

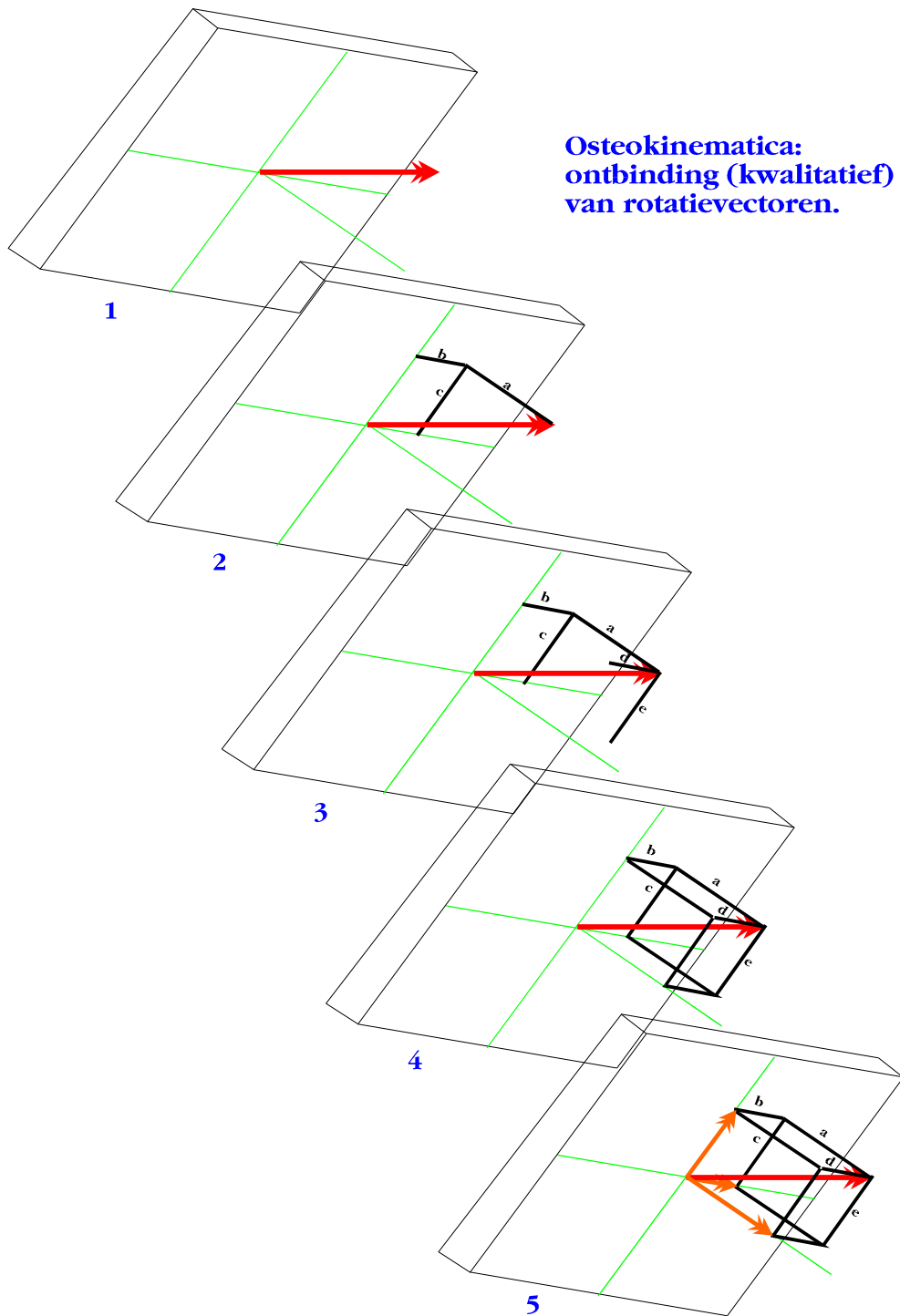


Figuur 7

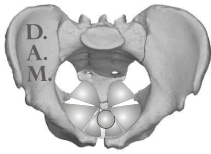


*Driedimensionale Arthrokinematische Mobilisatie BEKKEN*

In figuur 8 wordt een algoritme voorgesteld waarmee rotatievectoren drie-dimensionaal (kwalitatief) kunnen worden ontbonden. (Met kwalitatief wordt bedoeld dat de verhouding tussen de componenten niet exact wordt bepaald).

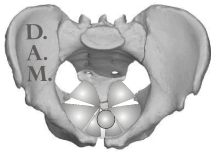


Figuur 8



## *Driedimensionale Arthrokinematische Mobilisatie BEKKEN*

1. De rotatievector wordt op het vlak, ten opzichte waarvan de beweging beschreven wordt, opgericht.
2. Vanuit de punt van de vector wordt een lijn (**a**), evenwijdig aan de loodrechte as, neergelaten op het vlak. Het snijpunt van deze loodlijn met het vlak wordt verbonden met de twee in het vlak liggende assen (**b,c**).
3. De lijnstukken **b** en **c** worden overgebracht naar de punt van de vector (**d,e**).
4. De hoekpunten worden met elkaar verbonden.
5. De componenten worden in de figuur geplaatst.



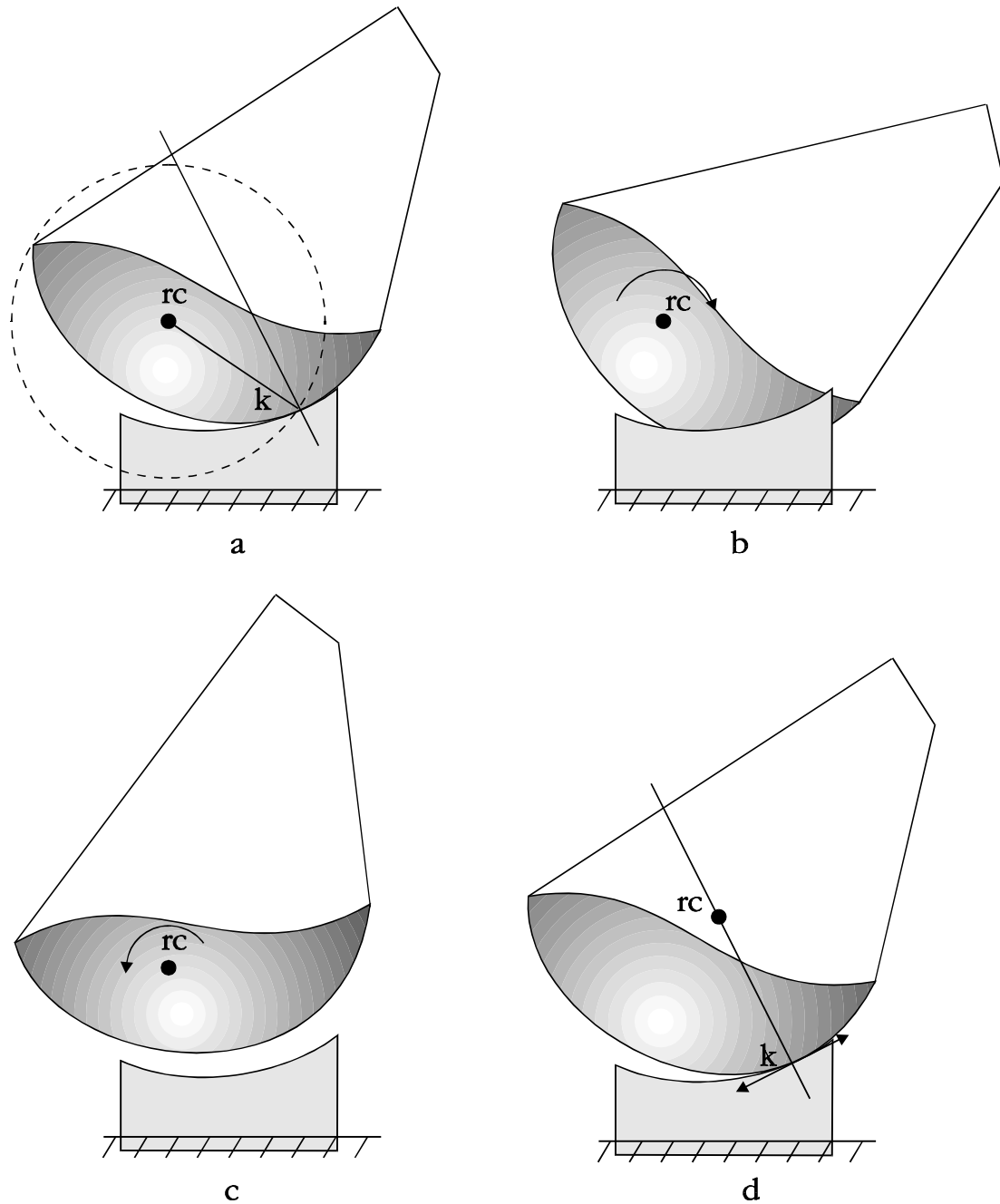
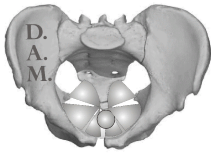
### III. ARTHROKINEMATICA IN DRIE DIMENSIES.

#### **Inleiding.**

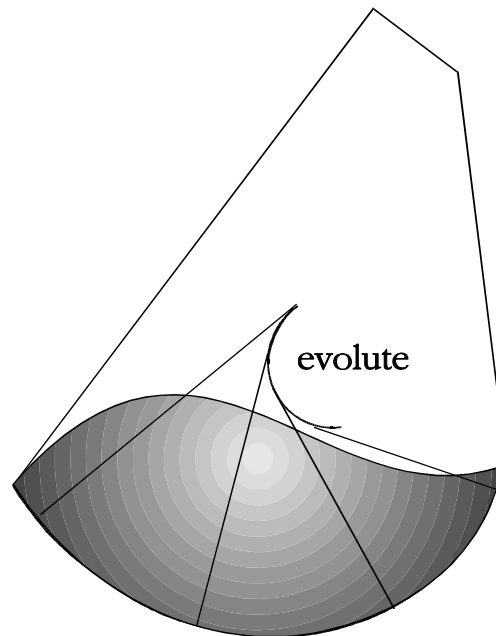
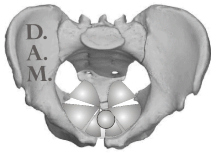
In de arthrokinematica bestudeert men de richting van en de verhouding in de verplaatsingen van gewrichtsprofielen bij bewegingen van de botelementen. Na een korte herhaling van de relaties tussen profielkrommingen, draaipuntsligging en contactareaal-verplaatsingen in het platte vlak, wordt geanalyseerd hoe deze voorwaarden vertaald kunnen worden naar een ruimtelijke situatie. Uit het onderstaande zal duidelijk worden dat, ook bij bewegingen die zich afspelen in drie dimensies, de wetmatigheden die in het platte vlak gelden, kunnen worden toegepast.

#### **Arthrokinematica in twee dimensies.**

Een basale voorwaarde voor de ligging van het rotatiecentrum van een gewricht wordt gevormd door de eis dat de draaipunt steeds gelegen moet zijn op de loodlijn op het profiel in het contactpunt. In figuur 1 wordt dit verduidelijkt. In een bepaalde positie van het gewricht zijn kop en kom in het punt k in contact met elkaar. Indien de kop ten opzichte van de kom zou bewegen om een rotatiecentrum naast deze loodlijn (rc in figuur 1a) ontstaat er direct een ontoelaatbare beweging van de kop. Het contactpunt k zal door de kom heen moeten dringen bij een rechtsom rotatie van de kop en van de kom af worden gedraaid bij een linksom rotatie (figuur 1b en 1c). Dit valt te begrijpen indien we ons realiseren dat het punt k bij rotatie om rc een cirkelbaan zal beschrijven met rc als middelpunt (figuur 1a). De snelheid van het punt k heeft daarbij een richting welke overeenkomt met de richting van de raaklijn aan deze cirkelbaan in het punt k. Met andere woorden de snelheid van het punt k staat loodrecht op de straal (het lijnstuk k-rc) van de cirkelbaan die beschreven wordt. De *gewenste* verplaatsingsrichting van het contactpunt k bij rotatie van de kop is *langs* het profiel en niet ervan af of erdoor heen. De gewenste richting van de snelheid van het punt k moet dus zijn in de richting van de raaklijn aan de *beide* profielen in het contactpunt. Een dergelijke richting van de snelheid van het punt k wordt verkregen indien het rotatiecentrum ligt op de loodlijn op het profiel in het punt k (figuur 1d). Aangezien er bij beweging van het gewricht steeds andere contactpunten ontstaan dient het rotatiecentrum steeds op de nieuwe loodlijn in het dan heersende contactpunt te staan. Alleen indien gewrichtsprofielen zuiver cirkelvormig zouden zijn is het mogelijk één vast punt te vinden dat bij elk denkbaar contactpunt steeds op de genoemde loodlijn ligt, te weten het middelpunt van de cirkel. Aangezien gewrichten een verlopende kromming hebben en dus een verzameling verschillende kromtemiddelpunten (evolute) is het ondenkbaar dat gewrichten roteren om een vaste as. Er zal sprake zijn van steeds van *positie* veranderende rotatieassen (centrode). Er is immers geen punt aanwijsbaar dat deel uitmaakt van *alle* loodlijnen op het profiel (figuur 2). Met de vaststelling dat het draaipunt gelegen moet zijn op de loodlijn aan het profiel in het contactpunt is er echter nog geen volledige beschrijving van het bewegingsgedrag mogelijk. De exacte positie van het draaipunt op deze loodlijn (de positie ten opzichte van de evolute van convex en concaaf) blijkt grote gevolgen te hebben voor de richting en de verhouding van de verplaatsingen op de beide profielen. Voor een uitgebreide beschrijving van deze materie wordt verwezen naar het artikel 'Gewrichtsvorm en Lenigheid' dat is opgenomen in de bij deze cursus behorende reader.



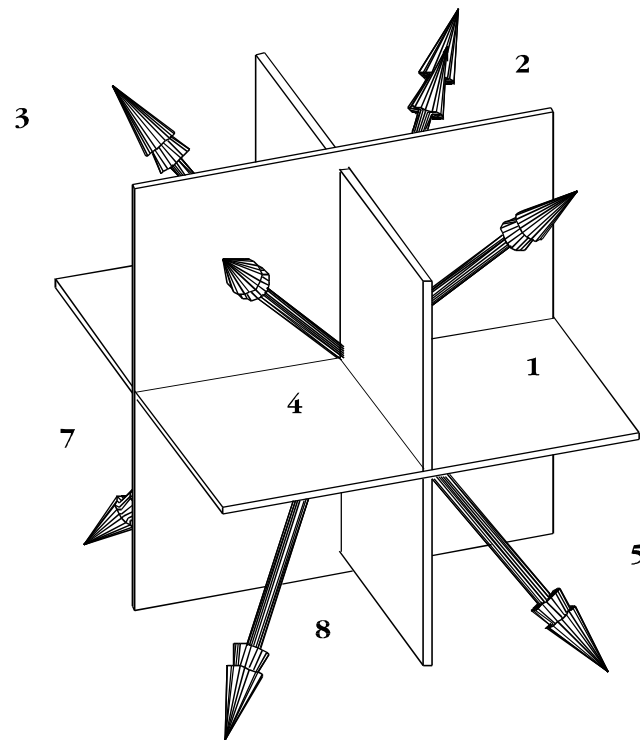
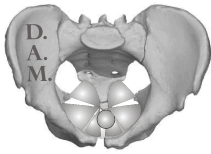
**Figuur 1 a tm d.**  
rc = rotatiecentrum  
k = contactpunt  
Verdere verklaring in de tekst.



**Figuur 2.**  
Gewrichtsprofielen bezitten een variabele kromtestraal. Er is geen enkel punt aanwijsbaar dat deel uitmaakt van alle loodlijnen op het profiel.

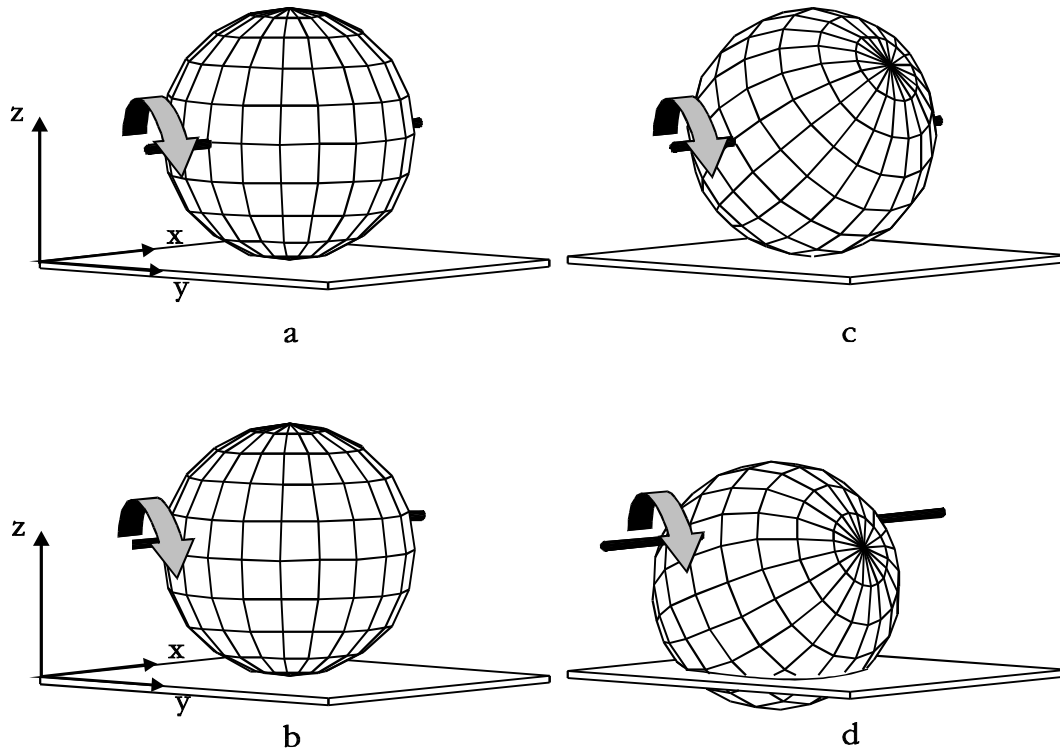
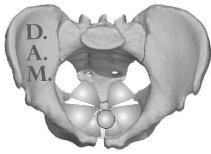
### **De derde dimensie.**

Teneinde te analyseren op welke wijze de bovenstaande wetmatigheden kunnen worden toegepast bij ruimtelijke bewegingen van botstukken, kijken we in eerste instantie naar de bewegingsmogelijkheden van een bol op een plat vlak. Indien we de eis stellen dat de bol steeds in contact met de onderlaag moet blijven heeft de bol 5 vrijheidsgraden. Deze vrijheidsgraden zijn: twee translaties langs de assen in het vlak (x en y as) en drie rotaties om x, y en z. Aangezien vrije translatiemogelijkheden in gewrichten ontbreken, kennen we aan de bol drie graden van vrijheid toe. Hiermee bedoelen we dat de bol kan roteren om de drie genoemde assen of om assen die ontbonden kunnen worden in rotaties om deze drie hoofdassen. In feite zijn dus alle denkbare as-oriëntaties mogelijk. Er zijn, buiten de rotaties om de hoofdassen van het assenstelsel, acht principieel verschillende oriëntaties van de rotatie-as denkbaar. Een driedimensionale ruimte kan verdeeld worden in acht octanten. Deze octanten worden gescheiden van elkaar door de hoofdvlakken van het assenstelsel. Op deze wijze ontstaan acht gebieden (octanten genoemd). Gebruikelijk worden deze octanten genummerd op de wijze die in figuur 3 is weergegeven. Rotatieassen die in hetzelfde octant liggen hebben met elkaar gemeen dat ze



**Figuur 3.**  
Een driedimensionale ruimte verdeeld in acht octanten.

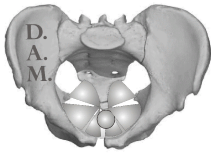
zijn te ontbinden in dezelfde componenten. Uiteraard is de grootte van de componenten afhankelijk van de exacte oriëntatie binnen het octant. Aangezien er acht octanten zijn, zijn er ook acht principieel verschillende oriëntaties van de assen mogelijk. In de diagonaal ten opzichte van elkaar liggende octanten liggen rotatieassen welke in die zin aan elkaar gerelateerd zijn dat zij rotaties beschrijven die passen bij het heen en terug draaien om eenzelfde as. Indien de eis dat de bol in contact moet blijven met het grondvlak zou ontbreken kan de bol om al deze verschillende georiënteerde assen zonder enige verdere restrictie draaien. zodra echter de eis wordt geïntroduceerd dat er contact moet blijven bestaan tussen bol en onderlaag kan nog wel de *oriëntatie* (richting) van de as vrij worden gekozen maar worden er aan de *positie* van die as voorwaarden gesteld. Voor een goed begrip van het verdere betoog is het van belang duidelijk te maken wat precies verstaan moet worden onder de begrippen oriëntatie en positie. Onder de oriëntatie of richting van een as verstaan we het octant waarin de as gelegen is ofwel de draaizin en onderlinge verhouding van de componenten waarin hij kan worden ontbonden. Onder de positie verstaan we de *plaats* van deze as ten opzichte van het bewegende element. Bij een drie dimensionale analyse kan aan een as behalve een *oriëntatie* ook een *positie* worden gegeven. In het platte vlak daarentegen bestaat er slechts verschil in positie van assen. In de twee dimensionale situatie wordt vaak gesproken van een draaipunt, terwijl eigenlijk steeds bedoeld wordt een rotatie om een as loodrecht op het vlak van tekening en een positie door het getekende draaipunt. Een andere positie van de rotatieas is in het platte vlak wel mogelijk, een andere oriëntatie echter niet. Bij een gelijke oriëntatie doch een verschillende positie van de as ontstaat



**Figuur 4a tm d.**

**Een gelijke richting (oriëntatie) doch een verschillende positie van de rotatie-as. Er ontstaat een gelijke kantelingszin maar met verschillende verplaatsingen. (verdere verklaring in de tekst).**

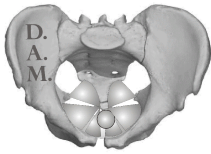
wel een gelijke kantelingszin maar is de verplaatsing die daarbij wordt doorgemaakt geheel anders. In figuur 1 werd dit al duidelijk voor de analyse in het platte vlak. De vraag is nu op welke wijze deze verschillen in positie van een as in de driedimensionale situatie hun uitwerking hebben. Ter verduidelijking figuur 4. In figuur 4 worden twee bollen geroteerd, in de richting van de pijl, om een as met een oriëntatie evenwijdig aan de x-as. In situatie a is de positie van de as exact door het centrum van de bol en in situatie b snijdt deze as de bol dorsaal van het centrum. Alhoewel de bol in beide gevallen een gelijke kantelingszin bezit (draaien om een as evenwijdig aan de x-as) zijn de daarbij optredende verplaatsingen geheel verschillend. In situatie a zal de bol slappend bewegen op de onderlaag (zie figuur 4c) terwijl de bol in situatie b door de onderlaag heen zal willen dringen (zie figuur 4d). Alle punten van de bol beschrijven bij rotatie om de aangegeven as cirkelbanen met de rotatie-as als middelpunt. Ook voor het momentane contactpunt tussen de bol en de onderlaag geldt dat de snelheid steeds loodrecht zal staan op de straal van deze cirkelbaan. Indien de eis wordt gesteld dat het contactpunt niet door de onderlaag mag dringen en er eveneens niet vanaf mag raken, moet de snelheid van het momentane contactpunt dus steeds langs het contactvlak gericht zijn. Dit kan uitsluitend indien de rotatieas op ieder moment van de beweging gelegen is op de momentane loodlijn op de gemeenschappelijke raaklijn in het contactpunt.



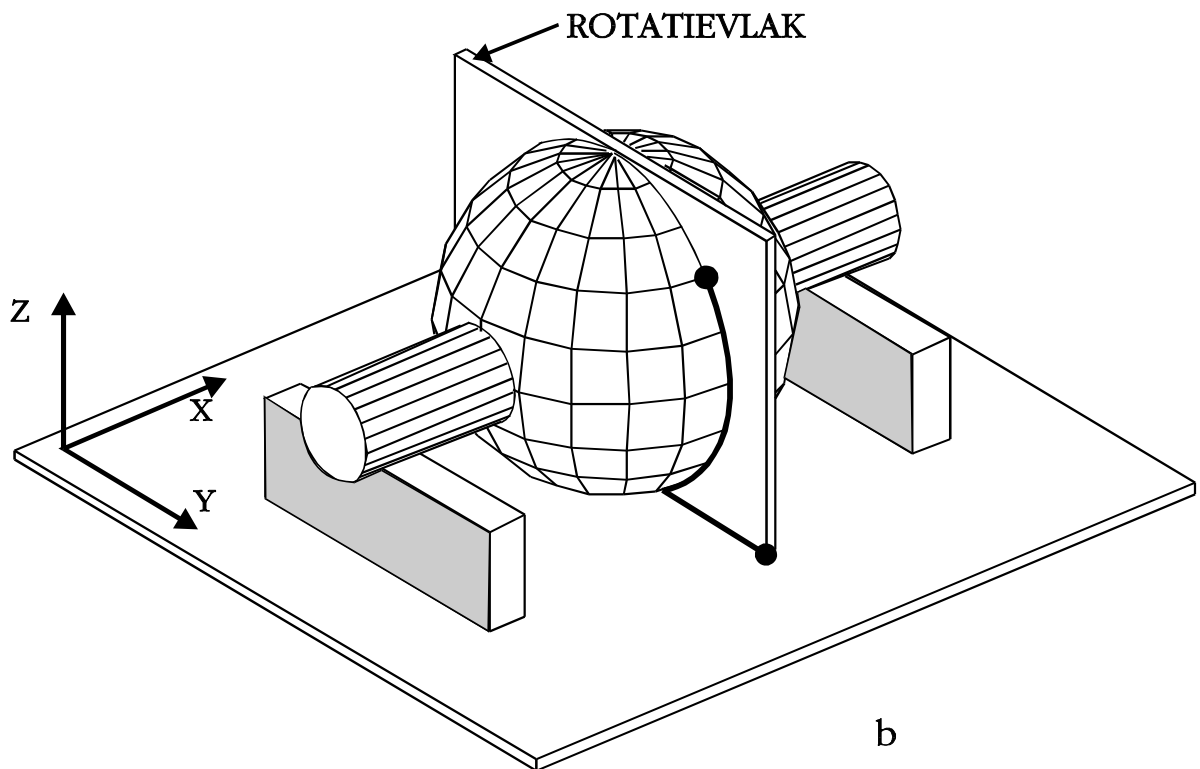
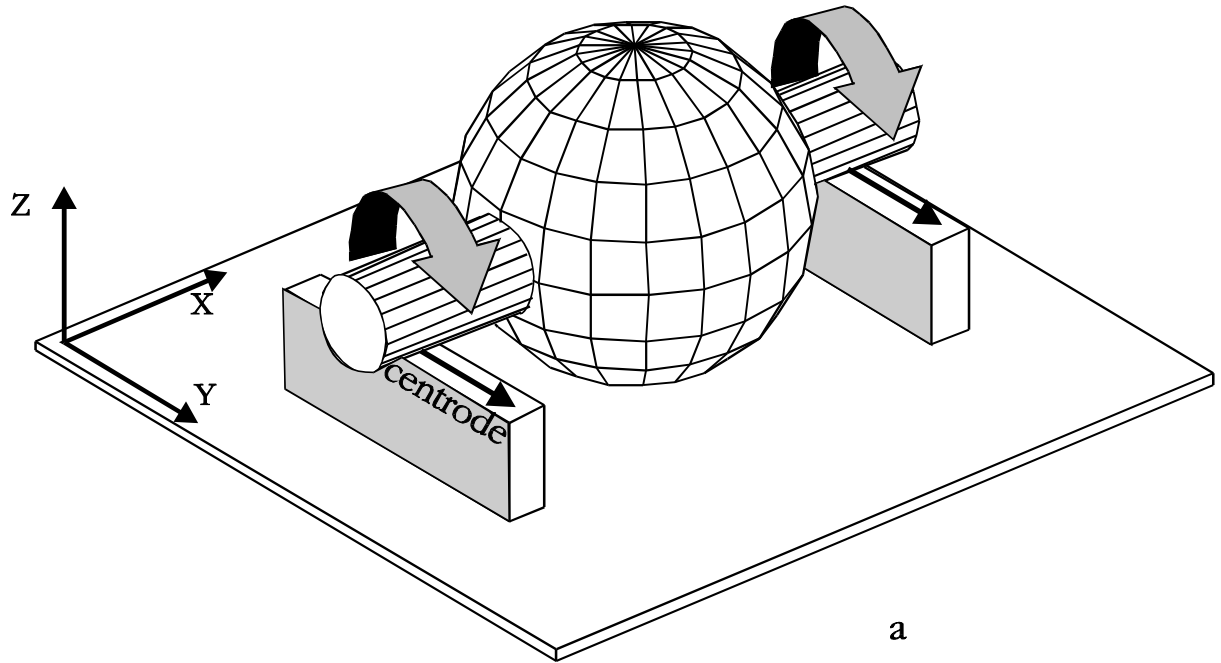
## Het rotatievlak

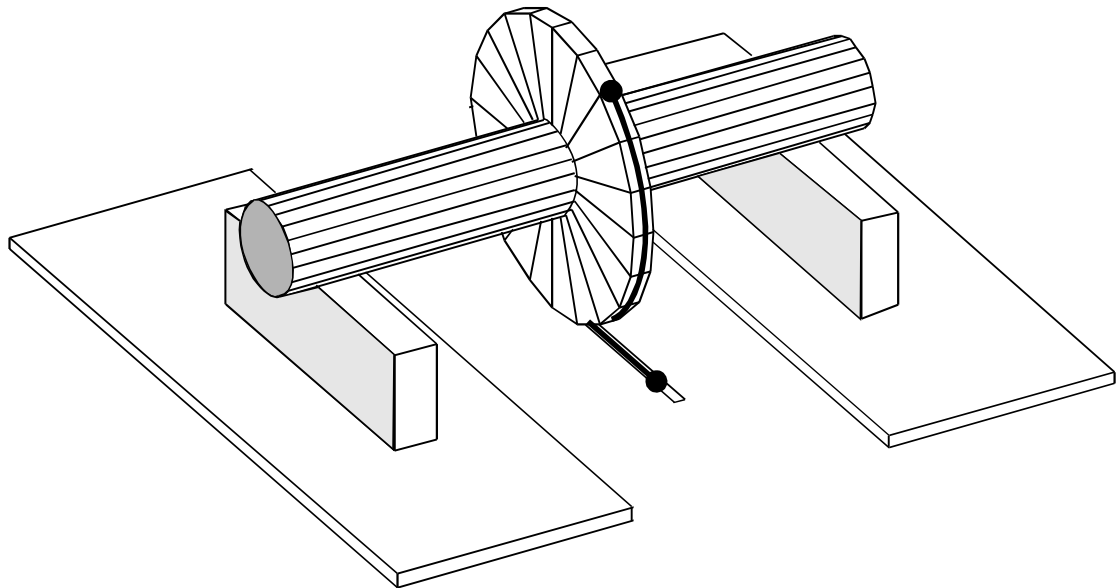
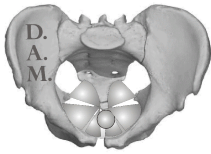
Figuur 5a toont een model van een roterende bol op een plat vlak. Door de bol is een massieve cylinder aangebracht op een zodanige wijze dat de middellijn van de cylinder exact door het centrum van de bol verloopt. De bol en de cylinder vormen een geheel; de bol draait dus niet om de cylinder, maar rolt met de cylinder samen in de aangegeven richting over twee muurtjes. deze muurtjes zijn zodanig van hoogte dat de bol juist raakt aan de onderlaag. De bol ondervindt daarbij vrijwel geen wrijving. De verzameling rotatieassen (centrode) van het gehele systeem verloopt dus door de twee contactpunten van de cylinder op de twee muurtjes en loopt steeds evenwijdig aan de x-as. Op deze wijze ontstaat er tussen de bol en de onderlaag een contactareaalverplaatsing waarbij er sprake is van homolateraal bewegen en een afgelegde weg op de kop die groter is dan op de kom. Er is geen sprake van een zuivere slip want op de onderlaag wordt ook een (kleine) weg afgelegd. Alhoewel gewrichtsprofielen een verlopende kromtestraal bezitten en er nooit sprake is van een volkomen vlakke "kom", kunnen aan dit model een aantal belangrijke principes worden gedemonstreerd die ook in de arthrokinematica gelden. De vraag die wij ons stellen luidt: "Welke delen van de kop en de (platte) kom kunnen bij de gegeven richting van de rotatie-as met elkaar in contact komen?"

Alle punten op de bol die de onderlaag ooit kunnen gaan raken liggen in *één* vlak. Dit vlak noemen wij het rotatievlak. Het rotatievlak is een vlak dat loodrecht staat op de momentane rotatieas en verloopt door het momentane contactpunt. In figuur 5b is het rotatievlak voor de situatie van figuur 5a weergegeven. Omwille van de duidelijkheid van de tekeningen heeft het rotatievlak hier een zekere dikte gekregen. De profieldelen van kop en kom die gelegen zijn in dit rotatievlak kunnen bij verdere beweging van het systeem in contact gaan komen met elkaar. De verhouding van de afgelegde weg op de bol en de onderlaag wordt bepaald door de positie van de as (de afstand van de rotatie-assen tot het contactpunt). De richting van het traject wordt bepaald door de richting van de as. Bij de gegeven richting van de as kunnen *alle* delen van kop en kom die *niet* in het rotatievlak liggen *nooit* met elkaar in contact komen. Voor de arthrokinematische beschrijving van de beweging zijn alle delen van de kop en de kom die niet in het rotatievlak liggen volstrekt oninteressant. In figuur 6a zijn deze delen daarom verwijderd en resteert slechts de coupe die door het rotatievlak uit de bol gesneden is. Het rotatievlak snijdt uiteraard ook door de onderlaag. Op de snijlijn van het rotatievlak met de onderlaag liggen de punten van de kom die in contact met de bol kunnen komen. Er blijkt sprake te zijn van een beweging die beschreven kan worden in een plat vlak (het rotatievlak). Als we loodrecht op het rotatievlak kijken (evenwijdig aan de rotatie-as) zien we een beeld zoals voorgesteld in figuur 6b. De arthrokinematische analyse van een ruimtelijke beweging is dus terug te brengen tot een twee dimensionale analyse in het rotatievlak. Alle arthrokinematische wetmatigheden die in deze cursus worden aangedragen in een tweedimensionale analyse, kunnen steeds worden toegepast in het rotatievlak.

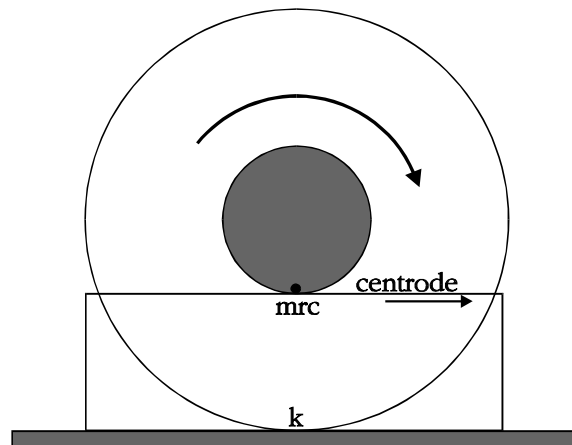


Driedimensionale Arthrokinematische Mobilisatie BEKKEN

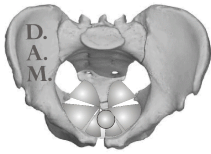




**Figuur 6 a.**  
De door het rotatievlak "uitgesneden" delen van kop en kom.



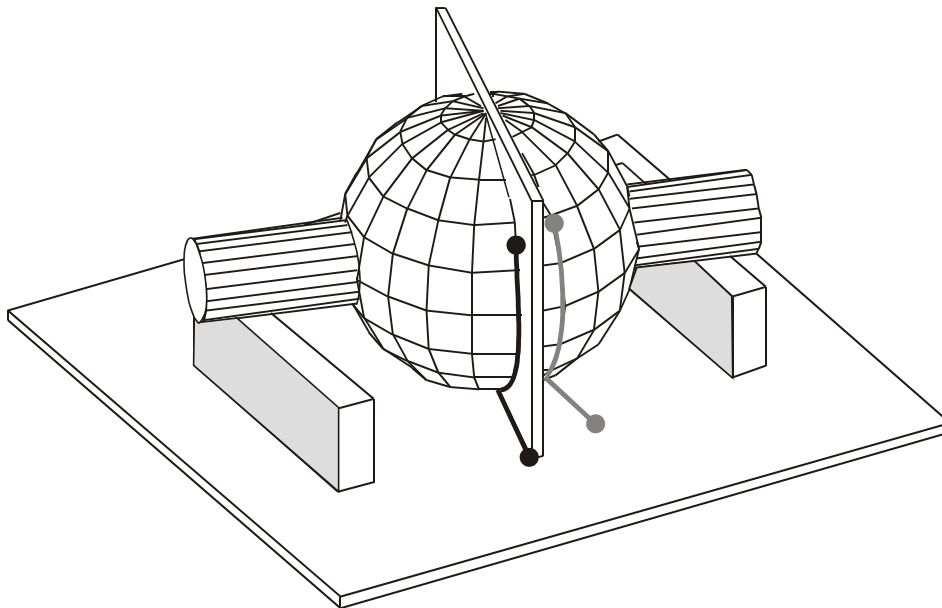
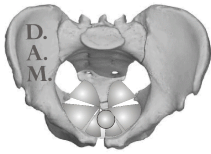
**Figuur 6b.**  
Loodrechte beschouwing van het rotatievlak van figuur 6a. Het contactpunt k en het momentane rotatiecentrum (mrc) liggen op een loodlijn op beide profielen.



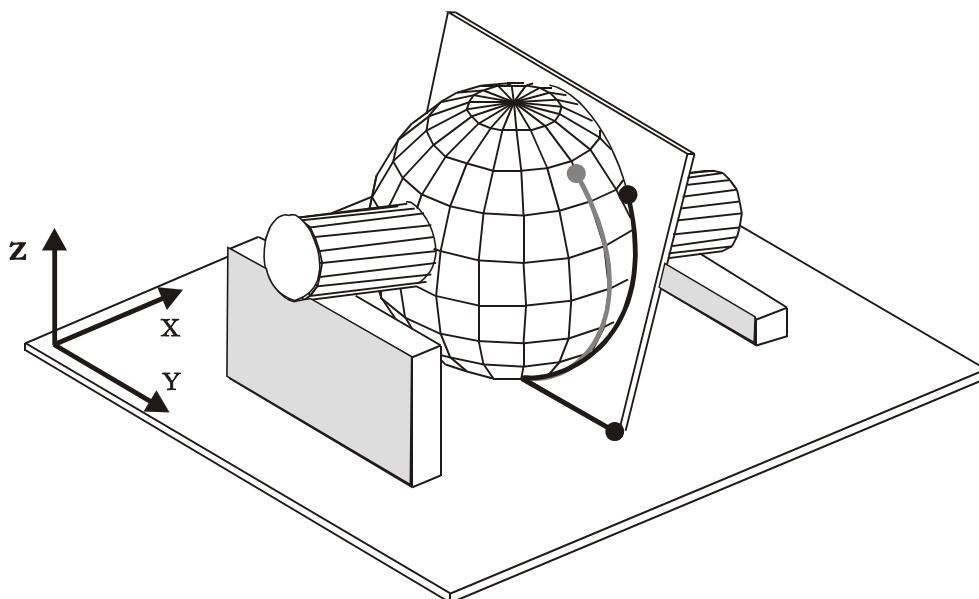
### **De positie van het rotatievlak**

Zoals al eerder werd opgemerkt bezitten gewrichten maximaal drie vrijheidsgraden. In gewrichten die een dergelijke vrijheid bezitten, kunnen de rotatieassen alle denkbare richtingen hebben. Dit houdt in dat ook het rotatievlak op verschillende wijzen op het gewrichtsvlak gericht kan zijn. In figuur 7 worden opnieuw twee modellen getoond. De bol van figuur 7 staat in dezelfde uitgangspositie als de bol in figuur 5. De as is echter als het ware uit de bol gehaald en er daarna schuin weer ingestoken. De rotatie-assen in figuur a verlopen evenwijdig aan het grondvlak maar niet evenwijdig aan de x-as. Bij ontbinding van de rotatie-vectoren blijkt de beweging van de bol beschreven te kunnen worden als een combinatie van kantelingen om de x- en de y-as. Het rotatie-vlak voor deze beweging staat dus ook gedraaid ten opzicht van de situatie in figuur 5. Op de bol en de onderlaag in figuur 7 zijn de profieldelen die in het rotatievlak lagen in de situatie van figuur 5 (rotatie om assen evenwijdig aan de x-as) grijs weergegeven. Zoals blijkt uit de figuur liggen er in de nieuwe situatie andere delen van kop en kom in het rotatievlak. Naast een verandering van de richting van de rotatie-assen evenwijdig aan het grondvlak zijn er ook as-richtingen mogelijk waarbij de as niet evenwijdig aan het grondvlak verloopt. In figuur 8 is een dergelijke situatie weergegeven. De rotatieassen waaromheen de bol nu roteert bezitten bij ontbinding componenten langs de x- en z-as. Aangezien de assen nu niet meer evenwijdig aan het grondvlak verlopen staat het rotatievlak niet langer loodrecht op het grondvlak. Evenals in figuur 7 zijn hier de delen van kop en kom die in het rotatievlak lagen bij de analyse van figuur 5 grijs weergegeven. De profieldelen die bij de huidige positie van het rotatievlak met elkaar in contact kunnen komen zijn weergegeven met een zwarte lijn. Een grijs traject is uitsluitend terug te vinden op de bol. Op de onderlaag namelijk komen opnieuw de delen die in figuur 5 in het rotatievlak lagen in contact met de bol. Dit hangt samen met het feit dat er hier sprake is van een vlakke ondergrond. Indien de bol in een concaviteit zou articuleren is er zowel op kop als kom een verandering van het traject waarneembaar. Op het eerste gezicht lijkt hier een konflikt te bestaan met de eerder geformuleerde eis dat de rotatie-as altijd loodrecht moet staan op de loodlijn in het contactpunt. De loodlijnen op het grondvlak staan tenslotte allemaal zuiver verticaal en de rotatie-assen verlopen niet evenwijdig aan het vlak. Het rotatievlak staat dus ook niet verticaal. Van groot belang hierbij is het te bedenken dat er bij het bewegen van de bol sprake is van een lijn van punten op de bol die in contact komt met een lijn van punten op de onderlaag. Zoals al eerder gezegd: alle andere delen van bol en onderlaag spelen geen rol waar het gaat om het beschrijven van het bewegingsgedrag. We moeten bij de formulering van de eis dat de rotatieas loodrecht moet staan op de loodlijn dus ook niet denken aan de loodlijn op het *vlak*, maar aan de loodlijn op de *snijlijn* die gevormd wordt door het rotatievlak met de onderlaag. Op een vlak bestaat in ieder punt maar een loodlijn maar op een lijn kan in een punt een hele verzameling lijnen (een loodvlak) loodrecht staan.

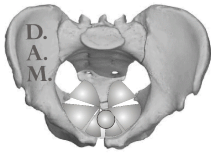
In figuur 9 wordt dit verduidelijkt. Binnen het rotatievlak gelden opnieuw de kinematische eisen die eerder geformuleerd werden. Zoals uit deze modelmatige analyse blijkt kan de richting van het traject van het contactpunt direct herleid worden uit de wijze waarop het rotatievlak door de profielen snijdt. In welke verhouding er een weg op kop en kom wordt afgelegd (verhouding rollen en schuiven) hangt daarbij af van de afstand van de as tot het profiel.



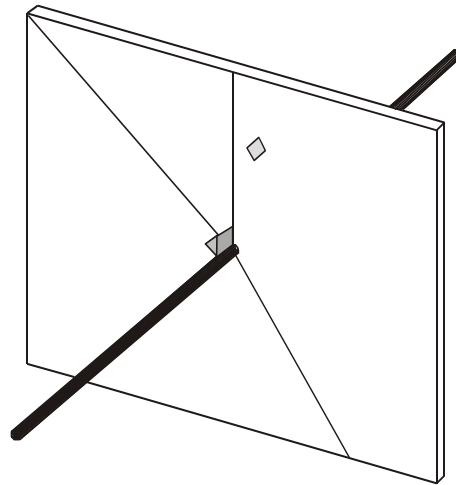
**Figuur 7.**  
Positie van het rotatievlak bij veranderingen van de richting van de rotatie-assen evenwijdig aan het grondvlak.



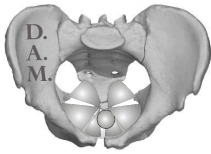
**Figuur 8.**  
Positie van het rotatievlak bij rotatie om assen die niet evenwijdig lopen aan het grondvlak.



*Driedimensionale Arthrokinematische Mobilisatie BEKKEN*

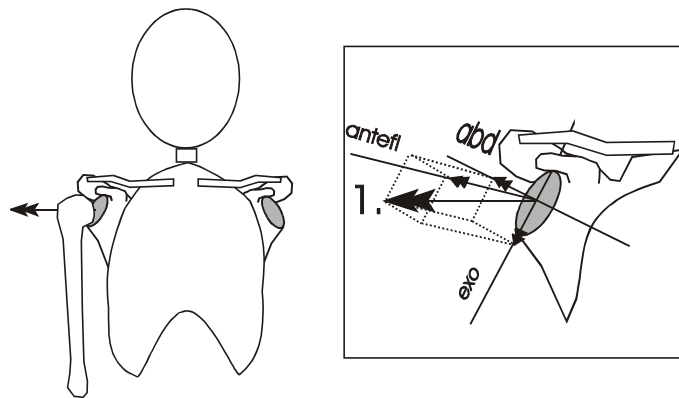


**Figuur 9.**  
**Op een vlak bestaat in elk punt van dat vlak slechts één loodlijn.**  
**Alle lijnen in het vlak staan dus loodrecht op deze loodlijn.**



### Praktische consequenties.

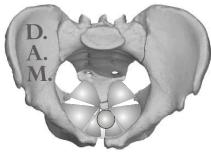
In gewrichten met drie vrijheidsgraden, zoals het schoudergewricht, kan de momentane rotatie-as allerlei richtingen aannemen. Bij elk van deze richtingen behoort een op een bepaalde wijze gepositioneerd rotatievlak. Met behulp van een analyse van de wijze waarop een dergelijk rotatievlak door het caput humeri en de cavitas glenoidalis snijdt kan bepaald worden in welke richting de mobiliserende druk gegeven moet worden. Hieronder wordt een dergelijke analyse uitgevoerd voor de descriptief anatomische anteflexie van de arm.



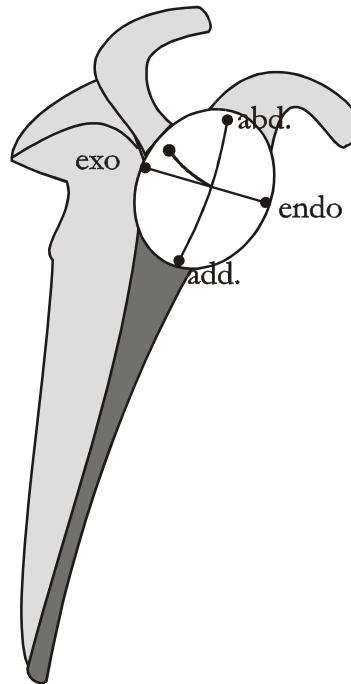
**Figuur 10.**  
**Osteokinematische ontbinding van een descriptief anatomische anteflexie.**

### Descriptief anatomische en osteokinematische beschrijving

Een descriptief anatomische anteflexie (achteroverkantelen van de humerus) vindt plaats om zuiver frontaal gerichte assen. Ten opzichte van een assenstelsel op de de cavitas glenoidalis staat deze as echter schuin. De cavitas is bij een afhanginge arm gericht naar lateraal, ventraal en craniaal. Indien de descriptief anatomische anteflexie wordt ontbonden in dit osteokinematische assenstelsel blijkt er sprake te zijn van een drietal osteo-kinematische componenten: abductie, exorotatie en anteflexie (figuur 10). voor een vertaling van deze drie componenten naar het uiteindelijke traject van de kop over de cavitas is informatie noodzakelijk over de *positie* van de rotatieassen. Een uitgebreide bespreking van de wijze waarop dergelijke informatie kan worden verkregen valt buiten het kader van deze tekst. We volstaan hier met de konstatering dat er in dit geval sprake is van een homolateraal bewegend gewricht met rotatie-assen die gepositioneerd zijn tussen de evolute van de kop en het gewrichtsprofiel. Op basis van deze informatie kan een osteokinematische ab-ductiecomponent worden vertaald als een traject van het contactpunt naar



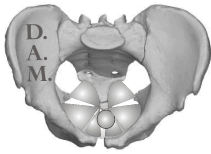
craniaal op de cavitas. Een osteokinematische exorotatie gaat gepaard met een traject naar dorsaal op de cavitas. Trajecten van het contactpunt worden weergegeven met een lijn met een bolle kop (figuur 11). Minder duidelijk is het hoe de osteokinematische anteflexiecomponent invloed heeft op het traject van het contactpunt. De analyse met behulp van rotatievlakken scheidt op dit punt meer duidelijkheid.



**Figuur 11.**  
Vertaling van de osteokinematische componenten naar een traject van het contactpunt. De invloed van de osteokinematische anteflexie op het traject is onduidelijk.

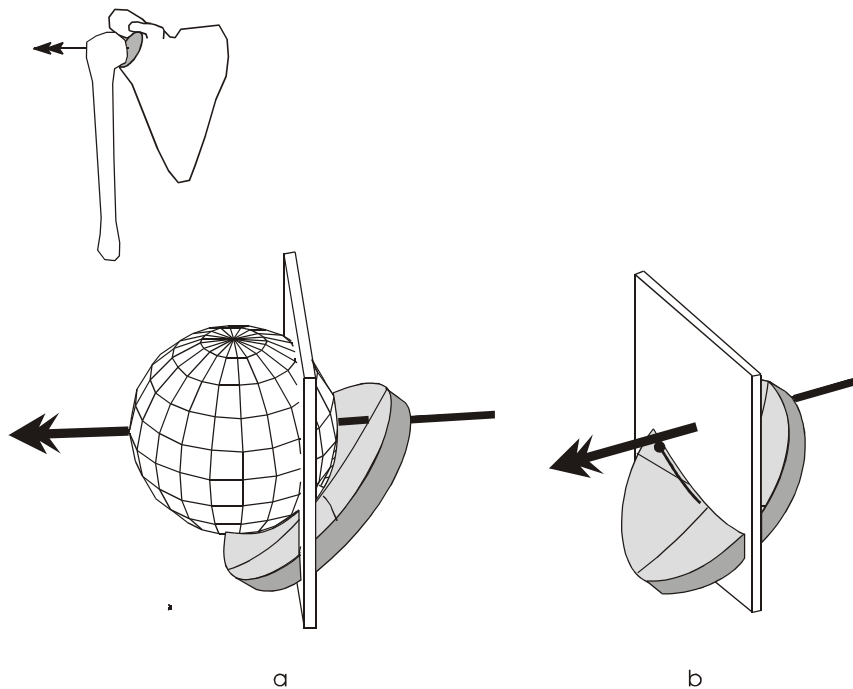
### **Van rotatievlak naar traject**

In figuur 12a wordt de descriptief anatomische anteflexie van de rechter schouder in vooraanzicht voorgesteld met behulp van een bol (humeruskop) op een concaaf gekromd vlak (cavitas). De cavitas staat gericht naar lateraal, ventraal en craniaal. Het rotatievlak behorend bij de zuiver frontale anteflexie-as staat zuiver sagittaal. Uit het feit dat een deel van de laterale zijde van het rotatievlak zichtbaar is valt te herleiden dat de tekening geen zuiver frontaal aanzicht biedt. Het rotatievlak snijdt zuiver sagittaal door zowel kop als kom. de delen van de profielen die in het rotatievlak gelegen zijn, liggen dus ook in hetzelfde sagittale vlak. In figuur 12b is de humeruskop weggenomen en wordt zichtbaar welke snijlijn het rotatievlak met de cavitas maakt. Merk op dat het standpunt vanwaaruit de tekening gemaakt is verder naar lateraal is dan in figuur



## Driedimensionale Arthrokinematische Mobilisatie BEKKEN

12a, dit in verband met de zichtbaarheid van de snijlijn. Het traject van het contactpunt loopt naar dorsaal en craniaal op de cavitas. Op deze wijze is direkt duidelijk welk traject op het gewrichtsvlak van de kom wordt afgelegd bij de beschreven beweging.

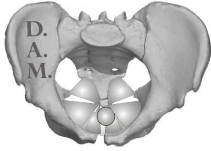


**Figuur 12a en b.**

- a. Schematische voorstelling van het rotatievlak behorend bij een zuivere descriptief anatomische anteflexie.
- b. Het traject van het contactpunt wordt gevormd door de snijlijn van het rotatievlak met de cavitas.

Indien de rotatieas niet samenvalt met de descriptief-anatomische assen uit zich dit in een schuine stand van het rotatievlak. Een dergelijke schuine stand van het rotatievlak gaf in figuur 8, in vergelijking met figuur 5, geen veranderd traject op de onderlaag te zien maar wel op de bol. Indien beide profielen ruimtelijk gekromd zijn zoals in werkelijkheid bij gewrichten het geval is zal de schuine stand van het rotatievlak op beide profielen het traject beïnvloeden. zowel de kop als de kom wordt immers op een andere wijze doorsneden door het rotatievlak. Voor een bepaling van het traject met behulp van een rotatievlak is, evenals bij de ontbinding van de rotatievectoren, een goed inzicht in de onderlinge posities van kop en kom van groot belang. Ter bepaling van het traject (en daarmee de richting van de mobilisatie) met behulp van een rotatievlak moeten achtereenvolgens de volgende stappen worden doorlopen:

- bepaal, rekening houdend met de vrijheidsgraden van het betrokken gewricht, de richting en draaizin van de rotatieas van de beweging die u wenst te mobiliseren
- vorm uzelf een beeld van de onderlinge posities van kop en kom en de positie van het contactpunt



## *Driedimensionale Arthrokinematische Mobilisatie BEKKEN*

- plaats in gedachte een vlak loodrecht op de rotatie-as en schuif dit over de as totdat het contactpunt in het rotatievlak gelegen is
- de snijlijn van het rotatievlak met de gewrichtspartner ten opzichte waarvan u de mobilisatie uitvoert is van belang voor de mobilisatie richting
- bepaal in welke richting het bewegende botstuk over deze snijlijn verplaatst bij de uitgevoerde beweging (homo- of heterolateraal)
- afhankelijk van de vormgeving van het bewegende profiel in het rotatievlak (convex of concaaf) is uw mobiliserende bijsturing tegengesteld of gelijk gericht aan de verplaatsingsrichting.

Bij de weergave van de verschillende bewegingen in dit cursusboek wordt per gewricht een overzicht gegeven van de positie van het gewrichtsvlak in het descriptief anatomische assenstelsel. De bepaling van het hierbij behorende traject in het gewricht vindt plaats met behulp van een weergave van het rotatievlak. In verband met de zichtbaarheid van het traject is af en toe een sessie gedaan aan het juiste perspectief van de tekeningen.