

Auteur(s): C. Riezebos, A. Lagerberg

Titel: Inversietrauma van de enkel: ontstansmechanismen, riscofactoren en preventie

Jaargang: 16

Jaartal: 1998

Nummer: 1

Oorspronkelijke paginanummers: 16 - 47

Deze online uitgave mag, onder duidelijke bronvermelding, vrij gebruikt worden voor (para-) medische, informatieve en educatieve doeleinden en ander niet-commercieel gebruik.

Zonder kosten te downloaden van: www.versus.nl

Theoretisch bezien

INVERSIETRAUMA VAN DE ENKEL ontstaansmechanismen, risicofactoren en preventie

C. Riezebos
A. Lagerberg

*Chris Riezebos, Vakgroep Beweging & Analyse,
Bewegingstechnologie, Haagse Hogeschool
Aad Lagerberg, Vakgroep Beweging en Analyse,
Bewegingstechnologie, Haagse Hogeschool*

Inleiding

Het inversietrauma van de enkel wordt veelal geacht te ontstaan op basis van een adductie van de talus in de malleolaire vork. Dat is onjuist. Primair ontstaat een inversietrauma door een rotatie in (overwegend) het horizontale vlak. De hieraan gekoppelde "adductie-kanteling" van de voet ten opzichte van de vloer is hierbij de misleidende factor.

Op zich zou dat niet zo'n probleem zijn, ware het niet dat preventieve maatregelen eveneens op deze misvatting gebaseerd zijn of zelfs in het geheel niet berusten op de wijze waarop de enkel in werkelijkheid functioneert.

In dit artikel wordt nader ingegaan op de twee wijzen waarop een inversietrauma kan ontstaan. Waarom een beperking in het onderste spronggewricht, maar ook een beperking in het heupgewricht meer risico op het ontstaan van een inversietrauma met zich meebrengt wordt besproken. Ten slotte worden twee maatregelen ter preventie - tappen en braces - geanalyseerd in het licht van de bestaande kennis over het tarsale mechanisme.

De koppeling tussen de inversie van de enkel en de exorotatie van het been

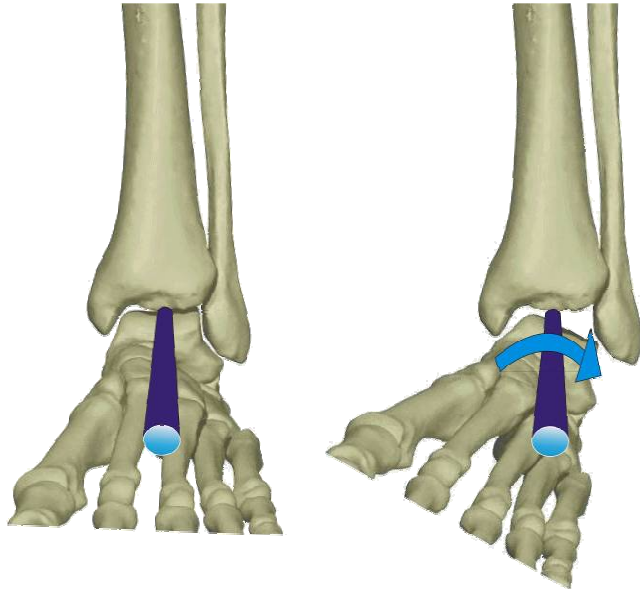


In figuur 1 wordt iemand getoond die de enkel maximaal geïnverteerd heeft en op het punt lijkt te staan de enkel te verstuiken. Een dergelijke blessure wordt meestal omschreven als een inversie-trauma en soms als een supinatie of adductietrauma.

De voet kantelt hierbij ten opzichte van de vloer over de laterale voetrand naar buiten. Deze beweging van de voet *ten opzichte van de vloer* voltrekt zich om een voor-achterwaartse (sagittale) as, evenwijdig aan de laterale voetrand (A in figuur 1).

Figuur 1. A = as waaromheen de voet kantelt *ten opzichte van de vloer*.

Dit leidt vaak tot de volstrekt onjuiste gedachtengang dat, tijdens het inverteren van de enkel, de voet *ten opzichte van het onderbeen* (in de enkel) eveneens om een sagittale as zou bewegen, waarbij de talus zou adduceren in de malleolaire vork. Deze (foutieve) voorstelling van zaken wordt weergegeven in figuur 2.



Figuur 2.
Onjuiste voorstelling van het ontstaan van het inversietrauma.

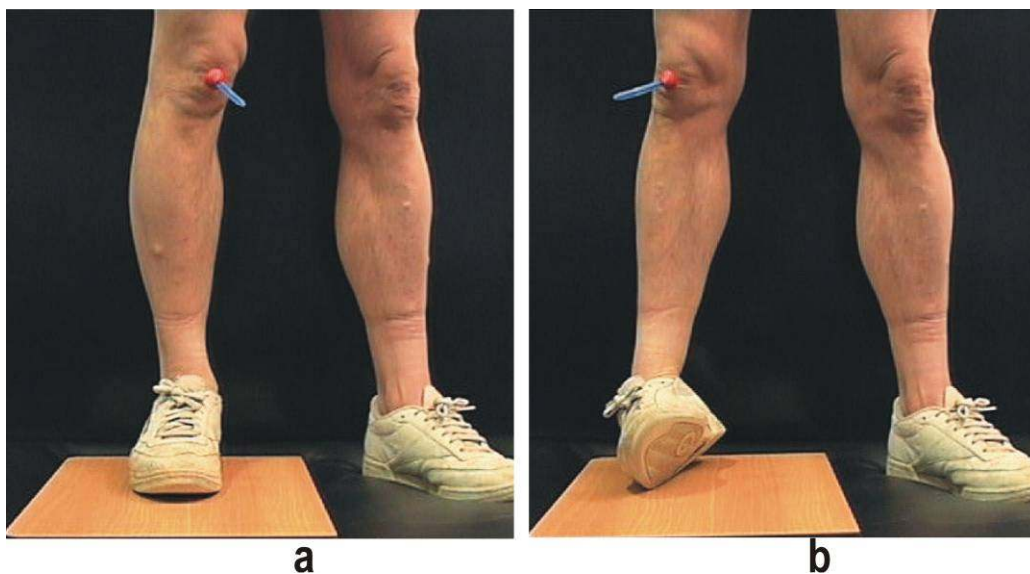
De positie van de voet zoals weergegeven in figuur 1 berust echter in het geheel niet op een standsverandering van de talus zoals weergegeven in figuur 2b, zo werkt de enkel helemaal niet.

De talus vormt samen met de malleolaire vork het bovenste spronggewricht. Hierin is uitsluitend plantair- en dorsaalflexie

mogelijk en een zeer geringe exo-endorotatie van de vork ten opzichte van de talus. Ab- en adductiebewegingen in de vork om een as zoals voorgesteld in figuur 2 zijn bij een intacte enkel geheel onmogelijk. Dit hangt vooral samen met de nauwe aansluiting in het frontale vlak tussen de vork en de talus, alsmede de aanwezigheid van het mediaal gelegen lig. deltoideum en het lateraal gelegen lig. calcaneofibulare welke min of meer loodrecht verlopen om de sagittale as.

Het is hierbij van belang op te merken dat de abductie-adductiebewegingen van de vork ten opzichte van de talus vooral onmogelijk wordt gemaakt door de vorm van de betrokken botelementen, terwijl dit voor de exo- en endorotatie van de vork ten opzichte van de talus veel minder het geval is.

In figuur 3 beschouwen we opnieuw de inversiebeweging van de voet in vivo. In figuur 3a belast de proefpersoon het rechterbeen het meest. De voet staat ten opzichte van het lichaam recht naar voren. Een markeerpijlje op de knieschijf geplakt wijst naar voren en mediaal.



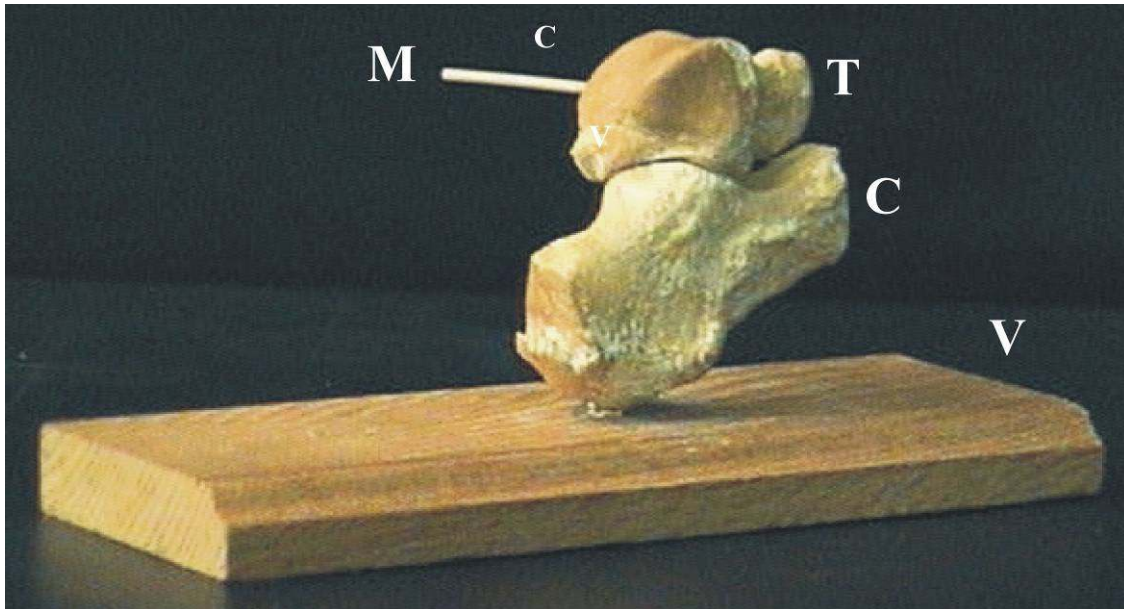
Figuur 3.
De gekoppelde rotatie tussen (onder)been en voet.
a. Uitgangspositie
b. Kanteling van de voet naar inversie is onverbrekelijk verbonden met een exorotatie van het been.

In figuur 3b heeft de proefpersoon de voet zover mogelijk in inversie gebracht, analoog aan de situatie in figuur 1.

Nu blijkt dat het pijltje naar lateraal wijst. *Dit betekent dat er een exorotatie van het gehele been heeft plaatsgevonden.* Deze beweging voltrekt zich volledig in de heup omdat in een gestrekte knie niet kan worden geroteerd. Zonder deze *gekoppelde* exorotatie van het been blijkt het volstrekt onmogelijk de voet in inversie te brengen. Dit fenomeen is voor het eerst beschreven door de anatoom Prof. A. Huson, wiens buitengewoon voortreffelijke werk, zeker in het kader van de *distorsio pedis*, nog steeds niet de aandacht heeft gekregen die het verdient ⁽²⁾. Wij leunen in dit artikel zwaar op de door hem verkregen kennis en inzichten met betrekking tot het tarsale mechanisme.

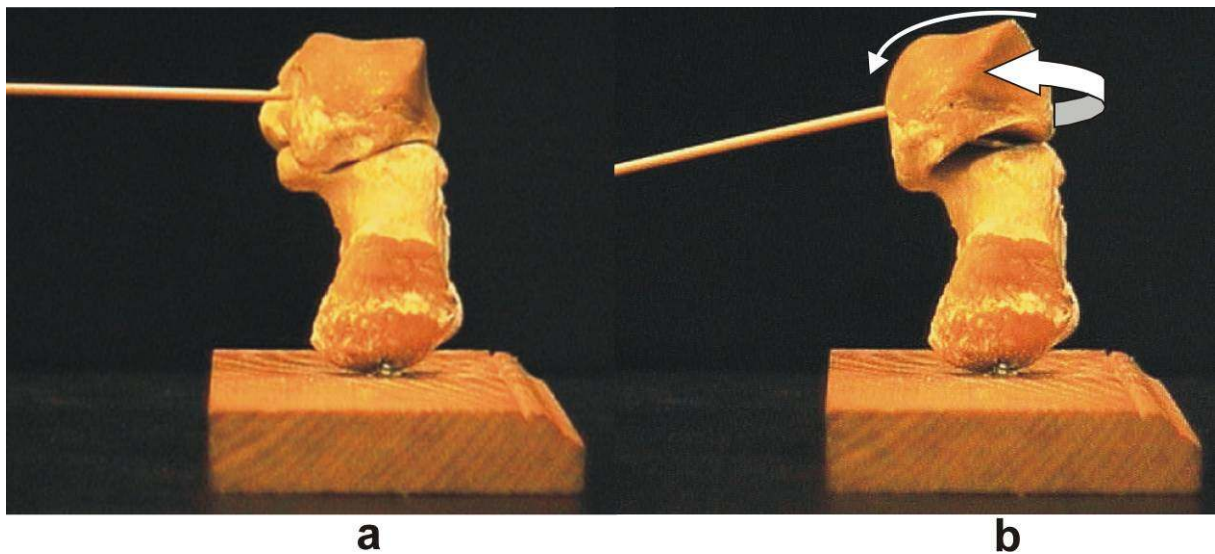
De inversiebeweging blijkt zich hierbij niet in het bovenste maar geheel in het *onderste spronggewricht* af te spelen ^(2, 4). Huson ⁽²⁾ heeft de aard van deze inversie kwalitatief beschreven, terwijl van Lange- laan ⁽⁴⁾ (samen met Spoor) de positie en richting van de assen heeft bepaald. Het onderste sprong- gewricht blijkt functioneel te bestaan uit een gesloten kinematische keten van vier botstukken: talus, cal- caneus, os cuboideum en os naviculare. Tezamen vormen deze het art. talocalcaneocuboideonavicu- lare. Deze kinematische keten heeft één en slechts één vrijheidsgraad. Dit betekent dat alle botten al- tijd een voorgeschreven beweging maken *ten opzichte van elkaar*, onafhankelijk van de plaats en rich- ting van de krachten die de beweging veroorzaken. In het kader van dit artikel laten we de verplaat- singen van het os naviculare en het os cuboideum verder buiten beschouwing en richten ons uitslui- tend op de beweging tussen talus en calcaneus.

In figuur 4 staat de rechter calcaneus op een plankje dat de rechter voet als geheel voorstelt. Op de calcaneus staat de talus met aan de mediale zijde een horizontaal geplaatst markeerstaafje waarmee de positie van de talus verduidelijkt wordt.



Figuur 4.
Een deel van het onderste spronggewricht (rechterenkel, schuin van dorso-lateraal gezien.
T = talus. C = calcaneus. V = plankje dat de voet voorstelt. M = markeerstaafje

In figuur 5a wordt dezelfde uitgangspositie als in figuur 4 getoond, maar nu van dorsaal gezien. Het staafje staat horizontaal. De enige beweging die de talus ten opzichte van de calcaneus kan maken is een exorotatie ^(2,3,4) (brede witte pijl). Omdat de drie gewrichtsvlakken tussen talus en calcaneus scheef staan, alsmede door de ligamenten in de sinus tarsi, gaat deze *exorotatie noodgedwongen gepaard met een adductie* van de talus ten opzichte van de calcaneus. Deze beweging wordt aangegeven door de dunne witte pijl in figuur 5b. De adductie is duidelijk zichtbaar doordat het markeerstaafje (aan de mediale zijde) nu naar caudaal wijst. De exorotatie van de talus wordt ingezet door een exorotatie van het gehele been, waarbij de talus wordt meegenomen. Hoe dit precies gebeurt zien we later.

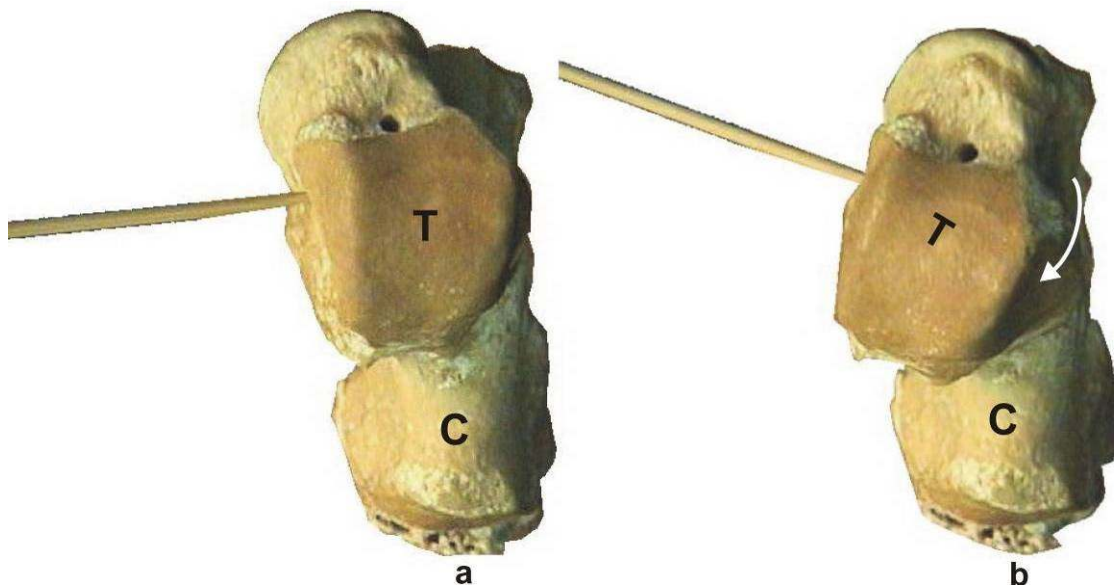


Figuur 5.

Zelfde model als in figuur 4, zuiver van dorsaal gezien.

- a. Uitgangspositie tussen rechter talus en calcaneus, het markeerstaafje aan de mediale zijde staat horizontaal.
- b. De beweging van de talus ten opzichte van de calcaneus bestaat uit een relatief grote exorotatie-component met een daaraan onverbrekkelijk gekoppelde adductiecomponent. Het markeerstaafje wijst naar caudaal.

In figuur 6 wordt de exorotatie van de talus ten opzichte van de stilstaande calcaneus getoond in een bovenaanzicht. De exorotatie vanuit de uitgangspositie (figuur 6a) in de richting van de witte pijl (figuur 6b), is goed zichtbaar aan de positieverandering van het aan de mediale zijde geplaatste markeerstaafje.



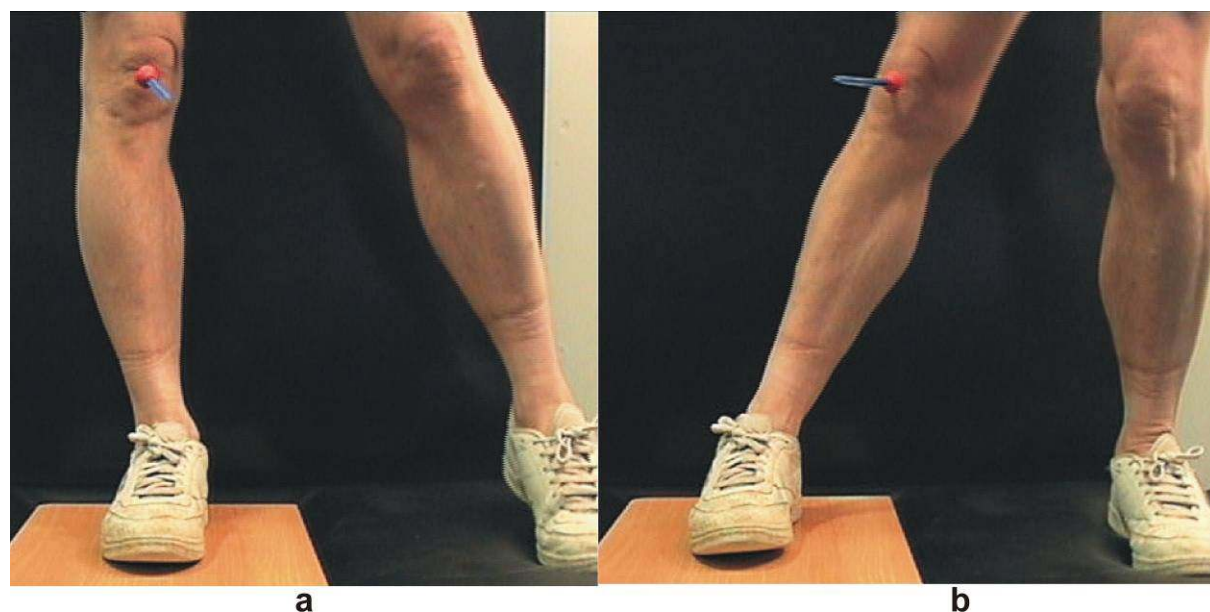
Figuur 6.

Dezelfde beweging als in figuur 5.

- a. Uitgangspositie.
- b. De exorotatie (witte pijl) van de talus (T) ten opzichte van de calcaneus (C) is duidelijk zichtbaar.

Als deze beweging in vivo wordt uitgevoerd ontstaat, vanuit de uitgangspositie in figuur 7a, de positie zoals weergegeven in figuur 7b. Ook hierbij wordt de calcaneus, evenals in de figuren 5 en 6, stilgehouden en beweegt het gehele been, inclusief de talus, ten opzichte van deze stilgehouden calcane-

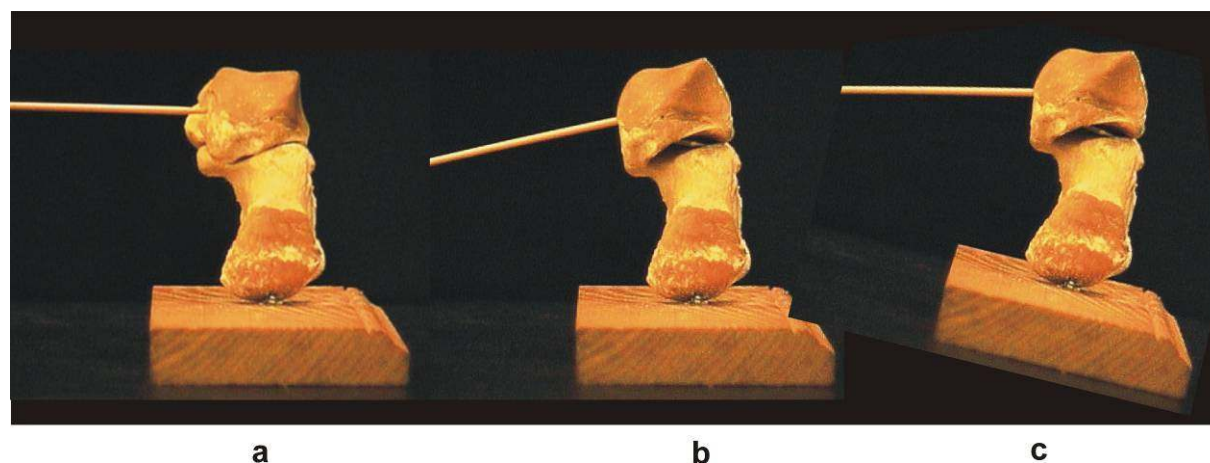
us. Het op de knieschijf geplakte markeerpijltje laat de exorotatie van het gehele been weer duidelijk zien. De scheefstand van het been is het gevolg van de gedwongen adductie van de talus ten opzichte van de calcaneus.



Figuur 7.

De beweging als getoond in figuur 5 uitgevoerd in vivo. De adductiestand van de talus is goed te zien aan de scheefstand van het been. De calcaneus (de "voet") wordt ten opzichte van de vloer stilgehouden.

Wanneer het been niet scheef gezet wordt, doch verticaal wordt gehouden, moet de calcaneus "onder de talus adduceren". En dat kan alleen als de voet in zijn totaliteit over de laterale voetrand ten opzichte van de vloer kantelt. Dit laatste wordt verduidelijkt in figuur 8.



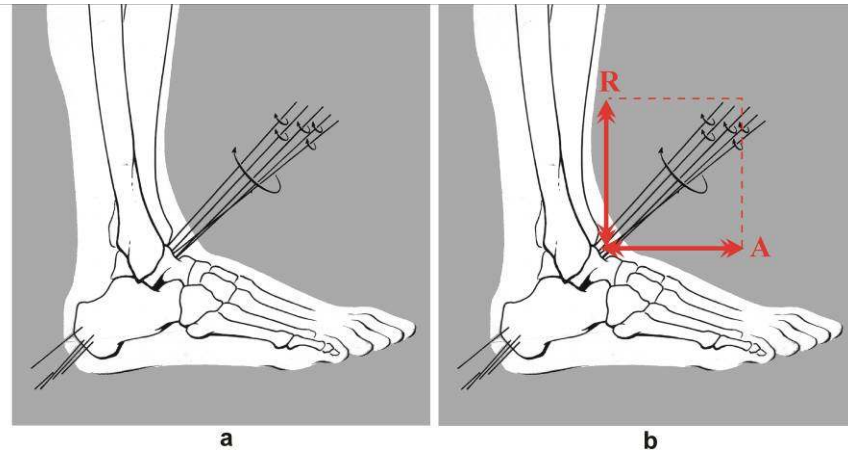
Figuur 8.

- Uitgangspositie. Het markeerstafje aan de mediale zijde van de rechter talus staat horizontaal.
- Positie na exorotatie van de talus ten opzichte van de stilstaande calcaneus. Het markeerstafje wijst door de adductiecomponent naar caudaal.
- Als de talus wel wordt geëxoroteerd, doch daarbij horizontaal wordt gehouden, vindt de adductiecomponent plaats door een kanteling van de calcaneus ten opzichte van de bovenliggende talus en *tegelijkertijd* ten opzichte van de vloer.

In figuur 8a wordt de uitgangspositie weergegeven. In figuur 8b is de talus weer geëxoroteerd - en dus tevens geadduceerd - ten opzichte van de stilstaande calcaneus (het markeerstafje wijst naar caudaal). In figuur 8c is de talus geëxoroteerd, doch de bijbehorende adductie wordt nu verkregen door de

calcaneus (c.q. de voet) ten opzichte van de vloer te kantelen. De talus wordt in dit geval *ruimtelijk* horizontaal gehouden, terwijl de noodzakelijke adductiecomponent in het onderste spronggewricht nu is uitgevoerd door de kanteling van de calcaneus, zowel ten opzichte van de talus als tegelijkertijd ten opzichte van de vloer. Deze beweging in de in vivo situatie werd reeds getoond in figuur 3. *Let wel: de beweging in het onderste spronggewricht in de figuren 3 en 7 en in de figuren 5 en 8 zijn volkomen identiek. Slechts de ruimtelijke positie is verschillend.*

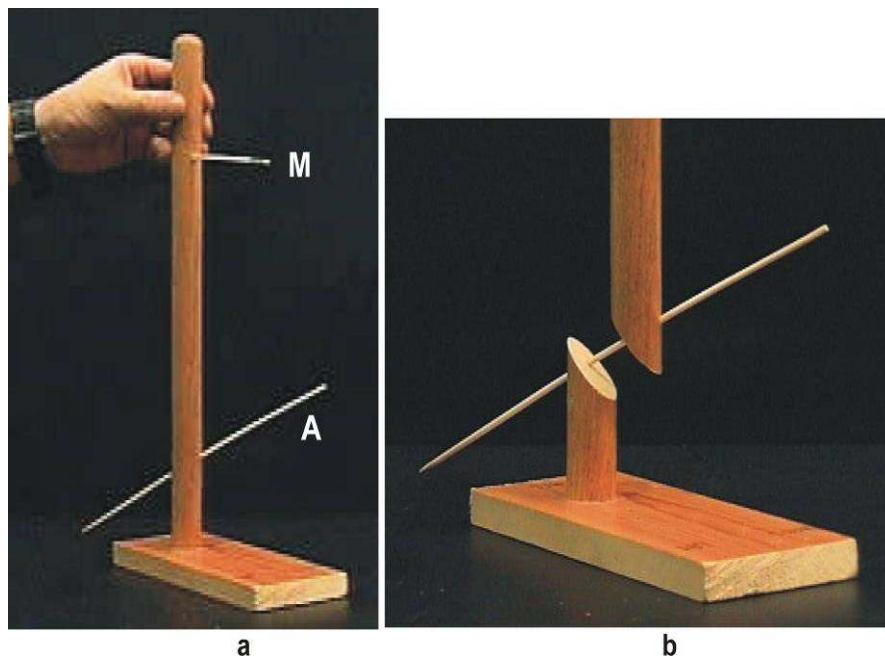
De assen waaromheen deze bewegingen tussen talus en calcaneus zich voltrekken worden gegeven in figuur 9a (de voorplaat van de voortreffelijke dissertatie van van Langelaan⁽⁴⁾). De exorotatie van de talus ontstaat door de verticale component van deze scheve assen, de adductie door de horizontale component (figuur 9b).



Figuur 9.

a. Assenbundel van het talocalcaneaire gewricht volgens van Langelaan⁽⁴⁾.
b. Ontbinding van de "gemiddelde" as. R = exo- en endorotatie- component. A = ab- en adductie-component.

Het voorgaande wordt nog eens verduidelijkt met een simpel fysisch model (figuur 10a). Het bestaat uit twee elementen die met een scheef vlak op elkaar rusten (figuur 10b) met een as loodrecht op dit vlak, overeenkomstig de asrichting in figuur 9.



Deze verbinding met de getoonde as stelt de verbinding tussen talus en calcaneus voor. (Het bovenste spronggewricht, tussen talus en malleolaire vork, is niet in dit model opgenomen, omdat bij een zuivere inversiebeweging dit gewricht geen rol speelt. Anders gezegd: de talus is in dit model gefixeerd gedacht aan het onderbeen). Het markeerstaafje M laat de rotatiepositie van het bovenste element zien.

Figuur 10.

Model van de gekoppelde rotatie tussen onderbeen en voet.

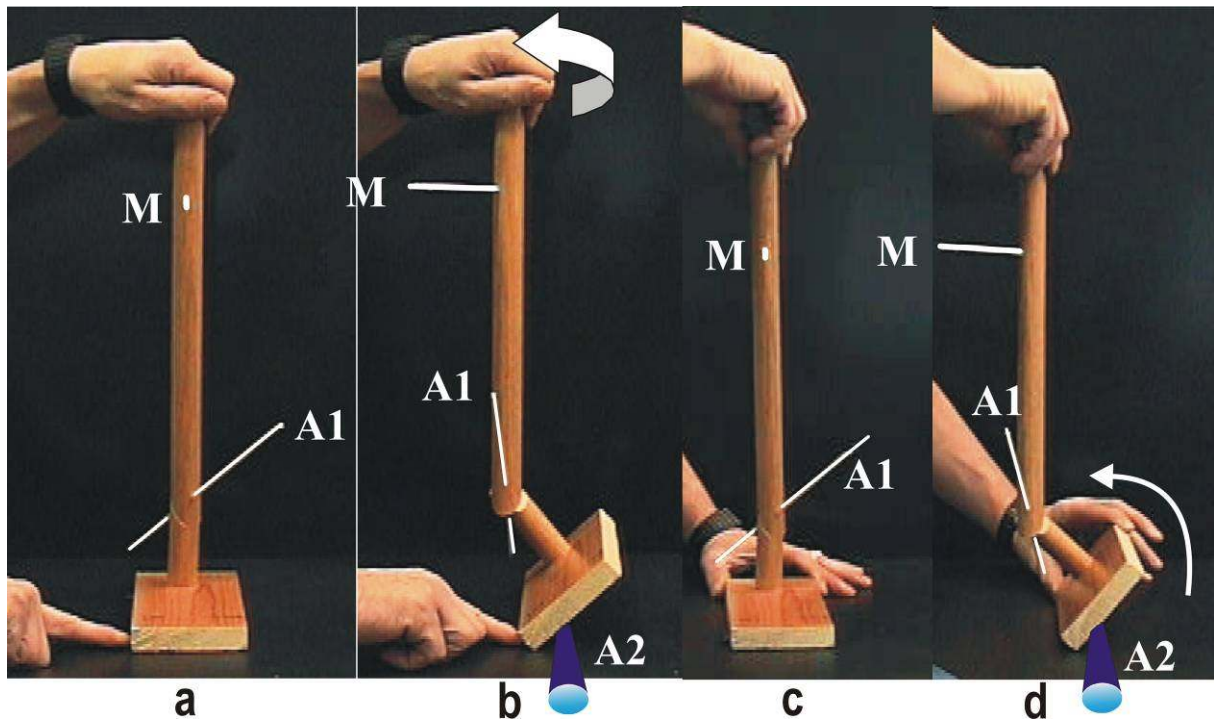
a. M = markeerstaafje. A = schuine as tussen "talus en calcaneus" als in figuur 9.

b. Close-up: het schuine "gewrichtsvlak" en de schuine as zijn in deze "exploded view" duidelijk zichtbaar.

In figuur 11a wordt de uitgangspositie getoond. Het markeerstaafje wijst recht naar voren en toont daardoor als een wit puntje. In figuur 11b wordt het bovenste element (het been) geëxoroteerd en tegelijkertijd zuiver verticaal gehouden. De beweging van het bovenste element *ten opzichte van de vloer* voltrekt zich dan om diens lengte-as. Tengevolge hiervan *moet* het onderste element (de voet)

kantelen ten opzichte van de vloer. Terwijl de beweging van *de voet ten opzichte van het onderbeen* (in het onderste spronggewricht) zich voltrekt rond as *A1* kantelt tegelijkertijd *de voet ten opzichte van de vloer* om de as *A2*. Dit gebeurt alleen indien de voet, door voldoende wrijving of andere krachten, ten opzichte van de vloer op zijn plaats wordt gehouden. In figuur 11b wordt dit bereikt door met de vinger de voet tegen te houden. Wanneer dit niet wordt gedaan dan zou het exoroterende been de voet gewoon meenemen en zou de voet, over de onderlaag schuivend, mee roteren met het been. Een kanteling treedt dan niet op. (Op het klinische belang hiervan bij de preventie van enkeldistorsies komen we later terug).

Het onderste spronggewricht heeft zoals gezegd één vrijheidsgraad. Het maakt dan voor de inversie in de enkel niet uit of deze beweging ingezet wordt door een exorotatie van het been met een kanteling van de voet als gevolg, of dat de voet wordt gekanteld met als gevolg een exorotatie van het been. Dit laatste wordt getoond in figuur 11c (uitgangspositie) en 11d (positie na kanteling van de voet ten opzichte van de onderlaag om as *A2*). In dit geval moet als gevolg van het kantelen van de voet om as *A2* het been onvermijdelijk in exorotatie gaan om as *A1*, *als het bovenste element althans wordt toegeestaan te exoroteren maar tegelijkertijd wèl zuiver verticaal wordt gehouden*. (De beweging in figuur 11d is door ons per abuis wat verder doorgevoerd dan in figuur 11b).

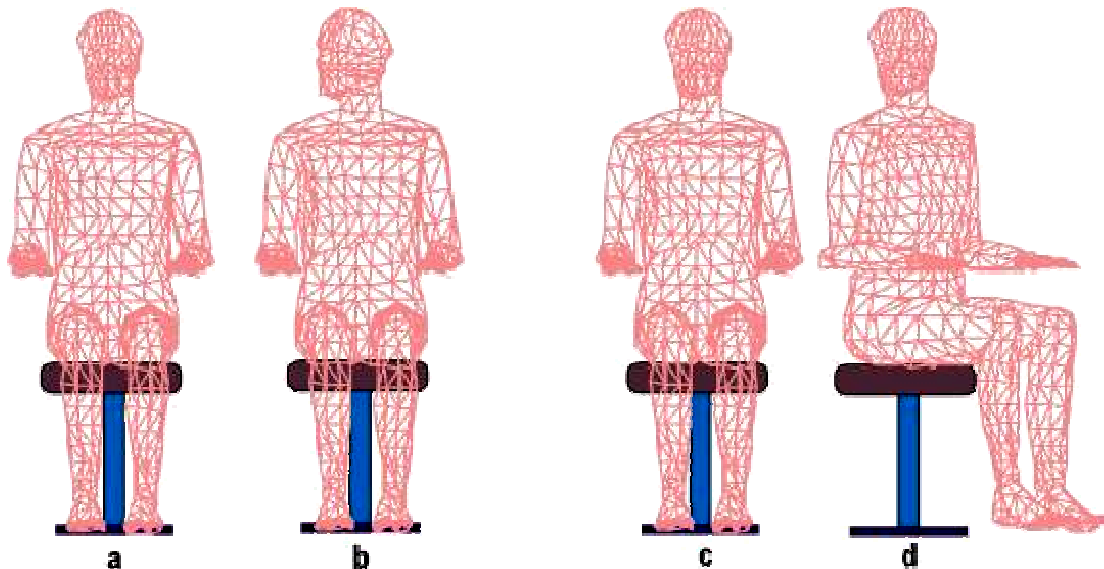


Figuur 11.

M = markeerstafje.

A1 = as tussen talus en calcaneus: hieromheen beweegt de "voet" ten opzichte van het "onderbeen". **A2** = as waaromheen de voet tegelijkertijd kantelt ten opzichte van de vloer. Verdere verklaring in de tekst.

Principieel zijn beide bewegingen tussen bovenste en onderste element onderling echter volkomen identiek). Of nu de calcaneus stil wordt gehouden en de talus wordt bewogen om de scheve as, of dat de talus wordt stilgehouden en de calcaneus wordt hier onderdoor bewogen *om dezelfde scheve as*, maakt kinematisch gezien geen verschil. Of u nu in stand het hoofd maximaal naar linksdraait ten opzichte van de rest van het lichaam, of u houdt het hoofd ruimtelijk stil en draait het lichaam hieronderdoor, maakt voor de bewegingen van de nekwerfels *onderling* geen enkel verschil. In figuur 12 wordt dit verduidelijkt. In figuur 12a zit iemand in de uitgangshouding op een draaikruk. Figuur 12b laat de situatie zien na rotatie van het hoofd terwijl de rest van het lichaam in dezelfde positie blijft als in de uitgangshouding. Figuur 12c laat opnieuw de uitgangshouding zien als in 12a. In figuur 12d blijft de persoon recht naar voren kijken, doch draait met behulp van de draaikruk het lichaam linksom *onder het hoofd door*. *De bewegingen van de cervicale werfels ten opzichte van elkaar zijn in beide gevallen volkomen identiek*.



Figuur 12.

a. Uitgangshouding.

b. Het hoofd wordt ten opzichte van de ruimtelijk stilstaande romp rechtsom gerooteerd.

c. Opnieuw de uitgangshouding, identiek als in a.

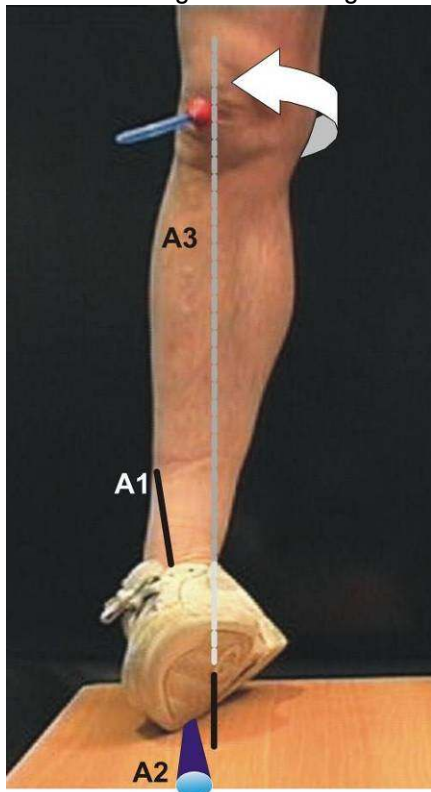
d. De romp is ten opzichte van het ruimtelijk stilstaande hoofd linksom gerooteerd.

De bewegingen tussen de nekwerfels *onderling* bij bewegen van a naar b zijn identiek met die tijdens de beweging van c naar d. Alleen de *ruimtelijke* positie van hoofd en romp verschillen.

In figuur 13 worden alle bewegingen en assen bij de inversie nog eens weergegeven.

- De voet kantelt **ten opzichte van het onderbeen** (in het onderste spronggewricht) om de as A1.
- De voet kantelt **ten opzichte van de vloer** (over de laterale voetrand) om as A2.
- Het onderbeen roteert **ten opzichte van de vloer** om de verticale as A3.

Het is van het grootste belang deze verschillende assen niet met elkaar te verwarren.



Wanneer de voor de inversie noodzakelijke, gekoppelde exorotatie van het been in de heup wordt verhinderd (door bijvoorbeeld heup-endorotatoren aan te spannen) kan de inversie niet optreden. Het verhinderen van de inversie met spieren rond de enkel zal niet meevallen. Immers, er bestaat geen enkele rechtstreekse spierverbinding tussen: tibia en fibula, talus en tibia, talus en fibula, of talus en calcaneus. Aan de talus hecht zelfs geen enkele spier (de talus is een intercalair botstuk).

Figuur 13.

A1 = as waaromheen talus en calcaneus ten opzichte van elkaar bewegen.

A2 = as waaromheen de voet kantelt ten opzichte van de vloer.

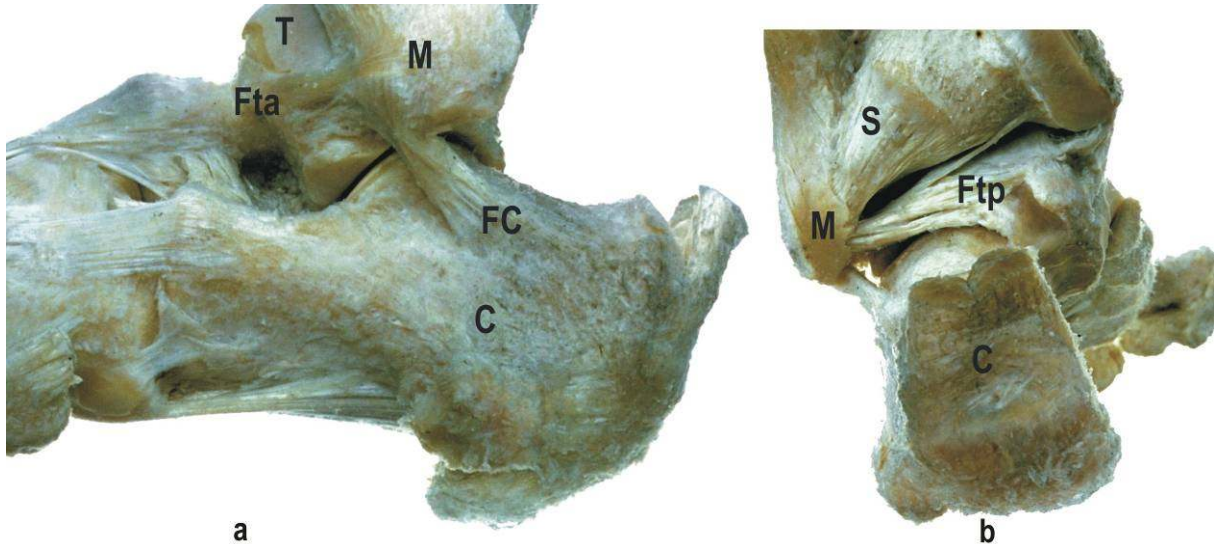
A3 = as waaromheen het been exoroteert ten opzichte van de vloer (deze beweging vindt plaats in het heupgewricht).

Anatomie van de laterale ligamenten

Aangezien bij een inversietrauma altijd de laterale banden beschadigen laten we het mediale bandcomplex hier verder buiten beschouwing en gaan eerst wat nader in op de anatomie van de laterale ligamenten. Deze worden weergegeven in figuur 14. Het dorsaal gelegen lig. talofibulare posterius (FTp in figuur

14b) beschadigt vrijwel nooit en laten we eveneens hier verder buiten beschouwing.

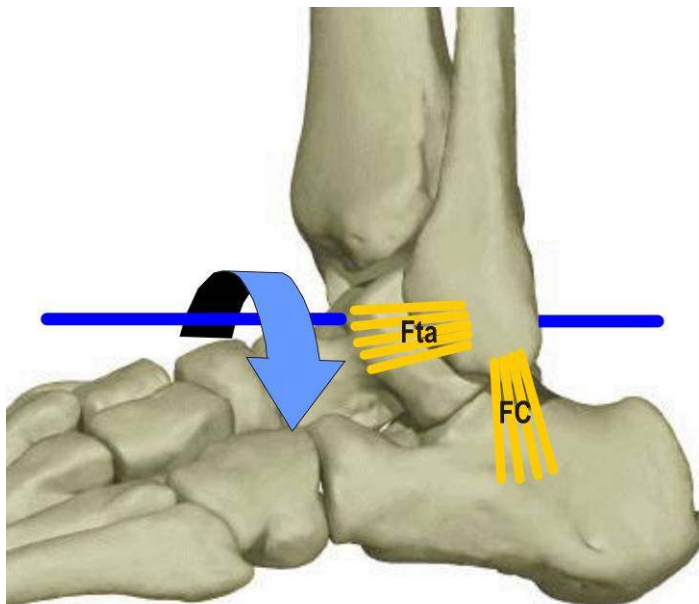
Op de betekenis van de (horizontaal verlopende) achterste vezels van de syndesmosis tussen tibia en fibula (het lig. tibiofibulare posterius (S in figuur 14b)) komen we later terug. Resteren het lig. calcaneofibulare en het lig. talofibulare anterius (resp. FC en FTa in figuur 14a).



Figuur 14.

T = talus. C = calcaneus. M = malleolus lateralis. FTa = lig. talofibulare anterius. FC = lig. calcaneofibulare. Ftp = lig. talofibulare posterius. S = achterste banden van de syndesmosis tussen tibia en fibula: lig. tibiofibulare posterius.

In figuur 15 tonen we nog eens schematisch het verband tussen de, zoals inmiddels gebleken is, fourtief veronderstelde sagittale as als in figuur 2, het vezelverloop en de (in werkelijkheid niet bestaande) kanteling van de voet om deze as.



Figuur 15.

Bij een (veronderstelde) kanteling van de voet om de aangegeven as zou het lig. calcaneofibulare (FC) veel eerder beschadigen dan het lig. talofibulare anterius (FTa). In werkelijkheid beschadigt FTa juist eerder dan FC.

Buitengewoon opvallend hierbij is dat het lig. talofibulare anterius vrijwel horizontaal verloopt, terwijl het lig. calcaneofibulare veel meer een verticale vezelrichting bevat. Bij een beweging zoals voorgesteld in figuur 2b zou het dan ook te verwachten zijn dat het lig. calcaneofibulare, door zijn min of loodrechte verloop ten opzichte van de as, veel meer verlengt- en dus eerder beschadigt - dan het lig. talofibulare anterius, dat ongeveer evenwijdig aan de (veronderstelde) as loopt. Deze verwachting is echter in het geheel niet in overeenstemming met de werkelijkheid. *Bij de distorsio pedis beschadigt als eerste en vooral het (horizontaal verlopende) lig. talofibulare anterius (in ⁽¹⁾ worden een groot aantal auteurs genoemd, zie ook ⁽⁶⁾).*

We zullen proberen dit verschijnsel te verklaren.

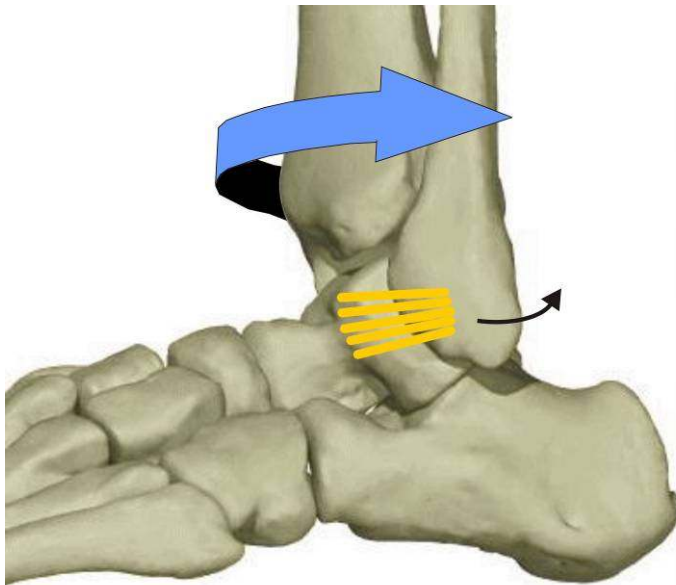
Het ontstaan van een inversietrauma

Een inversietrauma kan, gezien het 1-vrijheidsgradige karakter van de gekoppelde beweging tussen onderbeen en voet, op twee wijzen tot stand komen:

- door inwerking van krachten van boven naar beneden; de beweging wordt hierbij ingezet door de exorotatie van het been;
- door inwerking van krachten van beneden naar boven; de beweging wordt hierbij ingezet door de kanteling van de voet ten opzichte van de bodem.

ad a. krachtsinwerking van boven naar beneden

In figuur 16 wordt getoond dat het lig. talofibulare anterius (bij een belaste voet) het meeste verlegt indien de malleolus lateralis naar achteren (in de richting van de pijl) wegdraait, *terwijl de talus op zijn plaats blijft*. Deze beweging moet plaatsvinden om een min of meer in de lengterichting van het onderbeen verloopende as en is een *exorotatie* van het onderbeen - en dus ook van de malleolaire vork - ten opzichte van de talus. *Absolute voorwaarde hierbij is dat de talus niet door het lig. talofibulare anterius in deze beweging (verder) wordt meegenomen maar ten opzichte van de rest van de voet (ten opzichte van de calcaneus) stil blijft staan.*



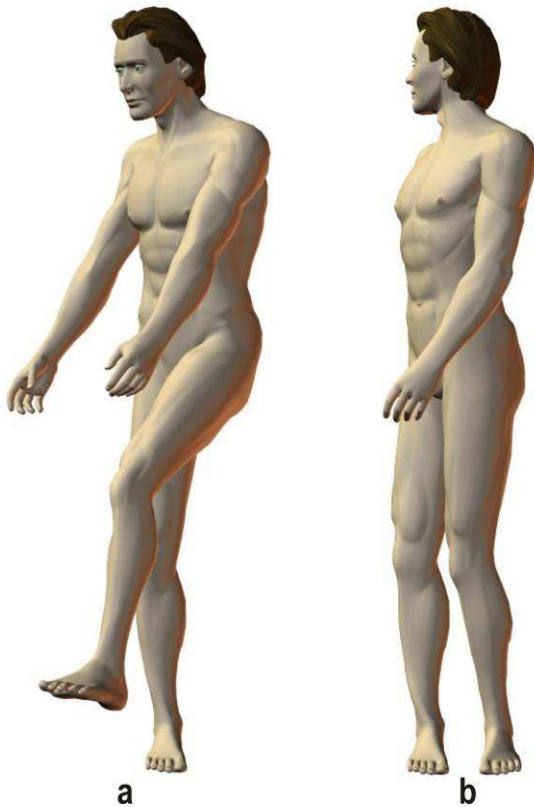
Figuur 16.

Bij het naar achteren wegdraaien van de laterale malleolus (terwijl de talus gefixeerd blijft) kan het lig. talofibulare anterius beschadigd worden.

In de literatuur wordt als alternatieve verklaring voor het beschadigen van het lig. talofibulare anterius wel gewezen op het veel meer verticaal verlopen van dit ligament in een plantairflexiestand van de enkel⁽¹⁾. Men gaat er dan vanuit dat er bij de inversie tevens sprake is van een geforceerde plantairflexie stand van de enkel. Natuurlijk komt dit ook wel voor, maar het verklaart helemaal niet het grote aantal verstuingen waarbij deze geforceerde plantairflexie in het geheel niet optreedt (basketballers die landen op de

voet van de tegenstander bijvoorbeeld). Of waarom op het stroeve kunstgras zo veel vaker een enkeldistorsie optreedt dan op een gewone grasmat. Wie kent daarnaast niet de mensen die veelvuldig door hun enkel gaan terwijl ze rustig wandelen over een vlakke ondergrond? Kenmerkend in het algemeen van beschouwingen over de enkeldistorsie (het inversietrauma) is altijd dat geheel voorbij wordt gegaan aan de wijze waarop een inversiebeweging zich in werkelijkheid voltrekt.

Een exorotatie van het been ten opzichte van de stilstaande voet treedt bijvoorbeeld op in de volgende situaties (figuur 17). Iemand staat op bijvoorbeeld het rechter been en stapt met het andere been schuin naar voren en opzij uit (figuur 17a). Dit komt bijvoorbeeld voor bij hockey of bij het tillen en verplaatsen van een last. Ook bij het geven van een voorzet bij het voetbal door een (links schietende) linksbuiten is er sprake van deze situatie. De beweging van het bovenlichaam en bekken rechtsom ten opzichte van het (rechter) standbeen voltrekt zich in eerste instantie in de rechterheup. Hierin is sprake van een *endorotatie*. Immers, rechtsomdraaien van het bekken ten opzichte van het rechter been is hetzelfde als het linksom draaien van het linkerbeen ten opzichte van het bekken en dat is endorotatie. De exorotatie van het rechterbeen ten opzichte van de stilstaande voet ontstaat op het moment dat de endorotatie mogelijkheid in de rechterheup geheel opgebruikt is (of eventueel actief wordt verhinderd door het om een of andere reden aanspannen van de exorotatoren van het rechter heupgewricht). Vanaf dat moment moet het rechterbovenbeen rechtsom meedraaien met het bekken: beide bewegen "en bloc". Omdat in de gestrekte knie niet geroteerd kan worden, neemt het rechtsomdraaiende bovenbeen de tibia direct mee in de bewegingen dit betekent een rechtsomdraaiing (= exorotatie) van het gehele been ten opzichte van de stilstaande voet. Hierbij moet, zoals gezegd een inversiebeweging in de enkel optreden.



Figuur 17.

a. Het naar voren en rechts uitstappen met het linkerbeen veroorzaakt een endorotatie in de rechter heup (standbeen).

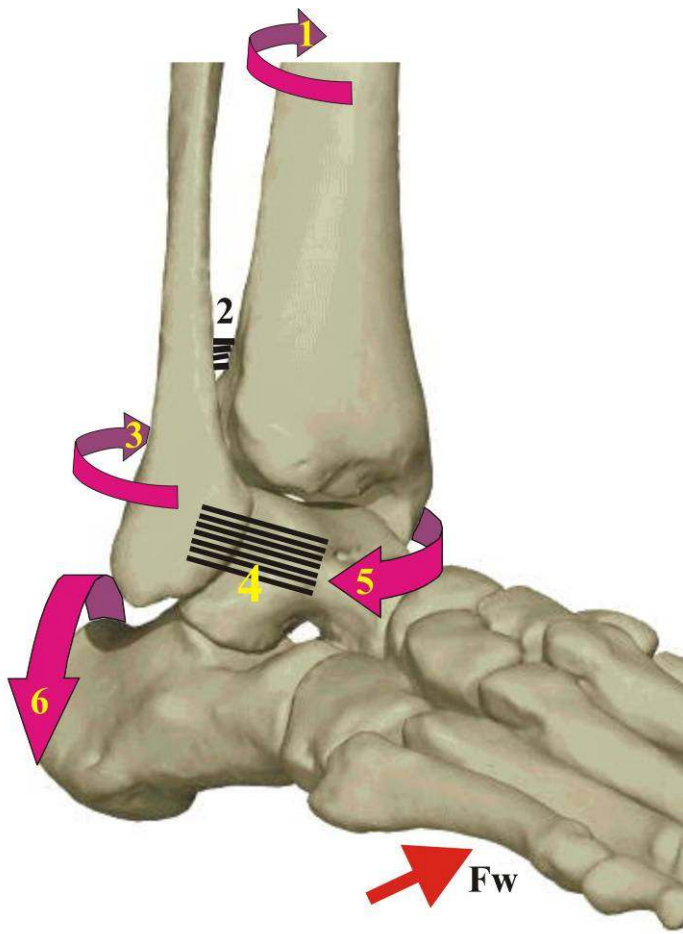
b. Bij het zover mogelijk naar rechts achterom kijken vanuit stand, ontstaat in de rechter heup een endorotatie en in de linkerheup een exorotatie.

In principe gebeurt hetzelfde indien iemand rechtop staat en het gehele lichaam omdraait om bijvoorbeeld zo ver mogelijk achter zich te kijken (figuur 17b). In het voorbeeld is er in de rechterheup weer sprake van endorotatie. Als deze beweging op is, neemt het bekken het rechterbeen mee in de rechtsomdraaiing en dat betekent exorotatie van dit been ten opzichte van de voet. (In de linkerheup is tegelijkertijd uiteraard sprake van exorotatie. Wanneer deze beweging op is, neemt het bekken het linkerbeen mee in de rechtsomdraaiing en dat is endorotatie van het linkerbeen ten opzichte van de voet. De linker enkel moet dan juist proneren (everteren).

Er zijn uiteraard nog vele andere voorbeelden te bedenken. Het principe is echter steeds gelijk.

Een inversie-trauma ontstaat bij een krachtsinwerking van boven naar beneden (figuur 18) als volgt: (De nummers corresponderen met de nummering in figuur 18).

1. Het verticaal staande, belaste been exoroteert om een verticale as.
2. De tibia exoroteert in eerste instantie ten opzichte van de (nog heel even) stilstaande talus. Dit wordt beschreven als de "talar-delay" ⁽³⁾. Tegelijkertijd exoroteert de tibia (heel even) ten opzichte van de fibula. Deze exorotatie van de tibia ten opzichte van de fibula heeft tot gevolg dat (vrijwel direct) de achterste vezels van de syndesmosis tussen tibia en fibula (het lig. tibiofibulare posterius) worden aangespannen.
3. Door het aangespannen lig. tibiofibulare posterius wordt de fibula meegenomen in de exorotatie.
4. De malleolus lateralis draait door de exoroterende fibula naar achteren weg en zet het lig. talofibulare anterius op spanning.
5. Het gespannen lig. talofibulare anterius neemt vervolgens de talus mee in exorotatie ten opzichte van de calcaneus om de eerder genoemde "scheve as".
6. Omdat het (onderbeen) door de persoon verticaal wordt gehouden, doch de exoroterende talus tevens ten opzichte van de calcaneus een adductie moet uitvoeren, kantelt de calcaneus "onder de talus" in adductie. Nogmaals: ten opzichte van de talus voltrekt deze beweging zich om de scheve as van het onderste spronggewricht. Ten opzichte van de vloer kantelt de calcaneus hierbij echter om een sagittale as (= over de laterale voetrand).
Op het moment dat de talus wordt verhinderd *verder* te exoroteren ten opzichte van de calcaneus omdat het talocalcaneaire gewricht in zijn eindstand is gekomen, *terwijl de exorotatie van het onderbeen om de getoonde verticale as geforceerd wordt doorgezet*, verwijderd de origo van het lig. talofibulare anterius op de malleolus lateralis zich naar achteren ten opzichte van de insertie van dit ligament op de talus. Dit is eerder weergegeven in figuur 16. Indien dit met voldoende kracht wordt uitgevoerd, is een beschadiging van het lig. talofibulare anterius onvermijdelijk.



Figuur 18.

Een inversie trauma waarbij de beweging wordt ingezet door een exorotatie van het (onder)been ten opzichte van de voet. De (wrijvings)kracht F_w houdt de voet op zijn plaats. De nummers corresponderen met de beschrijving in de tekst.

Uit het voorgaande blijkt dat de achterste delen van de syndesmosis eveneens onder spanning worden gezet. Dit lig. tibiofibulare posterius kan daardoor eveneens beschadigen, alhoewel deze band aanzienlijk sterker lijkt dan het lig. talofibulare anterius.

Nauwkeurig onderzoek waarbij dit ligament in de diepte mediaal van de malleolus lateralis wordt gepalpeerd, veroorzaakt dan ook vaak heftige drukpijn. Echte afscheuringen van dit ligament levert naar onze ervaringen ernstige en zeer moeilijk te behandelen enkelproblematiek op. Behalve deze ligamenten kunnen uiteraard bij het inversie trauma ook de banden beschadigen tussen talus en calcaneus (ligg. talocalcaneum laterale *en* mediale). Onderzoek hier naar mag dan ook bij deze patiënten niet ontbreken.

Wanneer de beweging nog verder wordt doorgezet beschadigt in 2e instantie het lig. calcaneofibulare, door het (nu echt) in adductie kantelen van de talus in de vork. Wanneer dit ligament gescheurd is ontstaat het bekende fenomeen van de talar-tilt, te zien op de X-foto wanneer een geforceerde adductiebeweging van de talus wordt uitgevoerd, analoog als wordt weergegeven in figuur 2b.

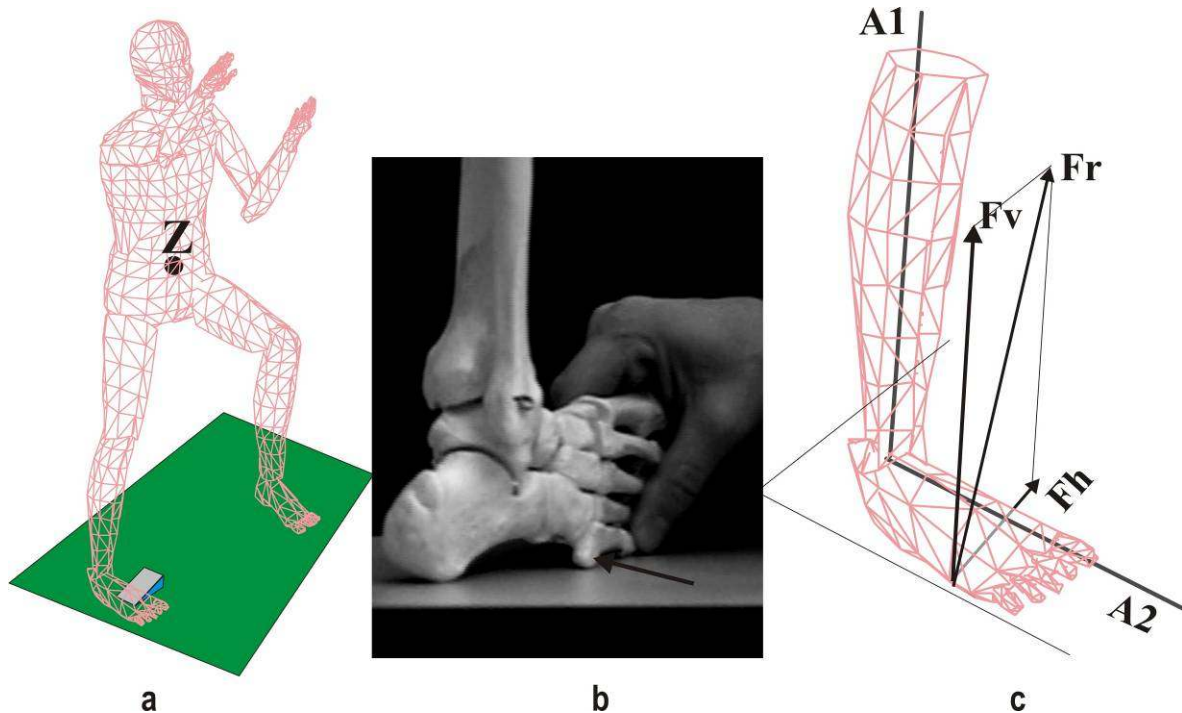
Let wel: bij een positieve talar tilt is er sprake van een relatief ernstig trauma. Meestal is er sprake van een "huis-tuin en keuken" distorsie waarbij alleen het lig. talofibulare anterius beschadigt. Dit ontstaat, in het hierboven besproken geval, uitsluitend als gevolg van een *exorotatie* van het (onder)been. De adductie van de talus in de malleolaire vork treedt hierbij in het geheel niet op.

ad b. krachtsinwerking van beneden naar boven

Een enkeldistorsie kan eveneens ontstaan wanneer de beweging wordt ingezet door een kanteling van de voet *ten opzichte van de bodem*. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren wanneer iemand na een sprong landt op de voet van de tegenstander. Iedere andere oneffenheid waarop iemand neerkomt heeft uiteraard hetzelfde effect (figuur 19a). Voorwaarde is dat de voet in eerste instantie met de mediale rand op de oneffenheid neerkomt.

Na het primaire kantelen over de oneffenheid onder de mediale voetrand komt de laterale voetrand op de grond. De grootste druk van de vloer op de voet - de reactiekracht - ontstaat onder het meest naar lateraal gelegen deel van de voet en dat is het caput van os metatarsale V, zoals te zien is in figuur 19b. Belangrijk hierbij is dat de reactiekracht bij het landen op één voet gericht moet zijn naar het lichaamszwaartepunt (Z in figuur 19a) en dus scheef staat ten opzichte van de verticale as door het onderbeen (A1). In de getekende situatie in figuur 19c is de naar het zwaartepunt wijzende reactiekracht F_r ontbonden in de verticale component F_v , evenwijdig aan as A1 en de horizontale component F_h die evenwijdig loopt met de vloer. Aan deze laatste component is te zien dat de reactiekracht, doordat deze relatief ver vóór de as A1 aangrijpt, een relatief groot endoroterend moment uitoefent op de voet. Dit endoroterende moment veroorzaakt de spanning in het lig. talofibulare anterius en - indien groot genoeg - beschadiging van dit ligament. Tevens zien we dat de reactiekracht veel dichter langs de sa-

gittale as A2 loopt dan langs as A1. Er is hierbij dus weliswaar sprake van een adducerend moment om as A2, doch dit is zeer veel kleiner dan het endoroterende moment om as A1.

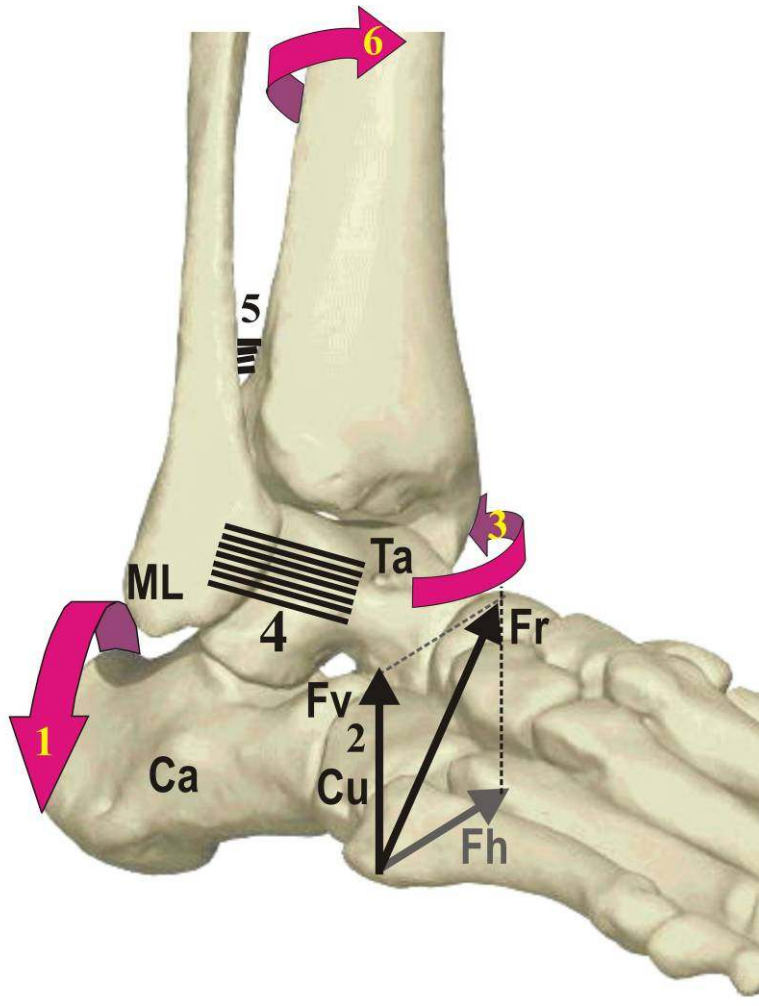


Figuur 19.

- a. Kanteling van de voet ten opzichte van de onderlaag bij neerkomen op een oneffenheid.
- b. In de gekantelde positie rust de voet op de calcaneus en het caput os metatarsale V (zwarte pijl).
- c. A1 = as waaromheen het been exoroteert ten opzichte van de vloer. A2 = as waaromheen de voet kantelt ten opzichte van de vloer. Fr = reactiekracht van de vloer op de voet. Fv = verticale component van Fr. Fh = horizontale component van Fr (onder A2 verlopend).

We zullen het distorsiemechanisme met behulp van figuur 20 weer proberen stapsgewijs te beschrijven. De nummering komt overeen met de nummers in figuur 20.

1. Door het landen met het mediale deel van de voet op een oneffenheid kantelt de calcaneus (c.q. de voet) *ten opzichte van de vloer* naar buiten in de richting van de pijl.
2. Als de laterale voetrand op de grond is gekomen, ontstaat de grootste druk van de reactiekracht (Fr) onder het caput van het os metatarsale V.
3. De kanteling van de calcaneus moet gepaard gaan met een endorotatie ten opzichte van de talus om de scheve as van het onderste spronggewricht (niet getekend). Let wel: dit is hetzelfde als wanneer de talus exoroteert ten opzichte van de calcaneus, zoals eerder is beschreven. De beweging van de calcaneus ten opzichte van de talus gaat door totdat de beweging tussen beide botten (in het onderste spronggewricht "op is". De reactiekracht blijft echter een endoroterend moment op de voet uitoefenen ten opzichte van de verticale as door het onderbeen. *Hierdoor wordt de talus in endorotatie gedwongen ten opzichte van het onderbeen c.q. de malleolaire vork* (geheel overeenkomstig met de exorotatie van het onderbeen c.q. de vork ten opzichte van de talus zoals hierboven bescheven onder ad a.).
4. Door de (geforceerde) endorotatie van de talus ten opzichte van de vork wordt het lig. talofibulare anterius op spanning gezet.
5. De spanning in het lig talofibulare anterius heeft tot gevolg dat de talus de fibula meetrekt in de endorotatie. Hierdoor ontstaat weer spanning in de achterkant van de syndesmosis (lig. tibiofibulare posterius). Op het moment dat de beweging tussen fibula en tibia "op is" en de endorotatie van de talus door de nog steeds aanwezige reactiekracht geforceerd wordt doorgezet, kan het lig talofibulare anterius beschadigen. Tegelijkertijd groeit dan de spanning verder aan in het lig. tibiofibulare posterius waardoor ook dit ligament kan beschadigen. Hiervoor geldt verder, evenals voor de banden tussen talus en calcaneus, uiteraard weer hetzelfde als wat hierover onder ad a. is gezegd.



Figuur 20.

Een inversietrauma waarbij de beweging wordt ingezet door een kanteling van de calcaneus (de voet) ten opzichte van de vloer). De nummers corresponderen met de beschrijving in de tekst. Fr = reactiekracht van de vloer op de voet. Fv = verticale component van Fr. Fh = horizontale component van Fr. Ta = Talus. ML = malleolus lateralis. Ca = calcaneus. Cu = os cuboideum.

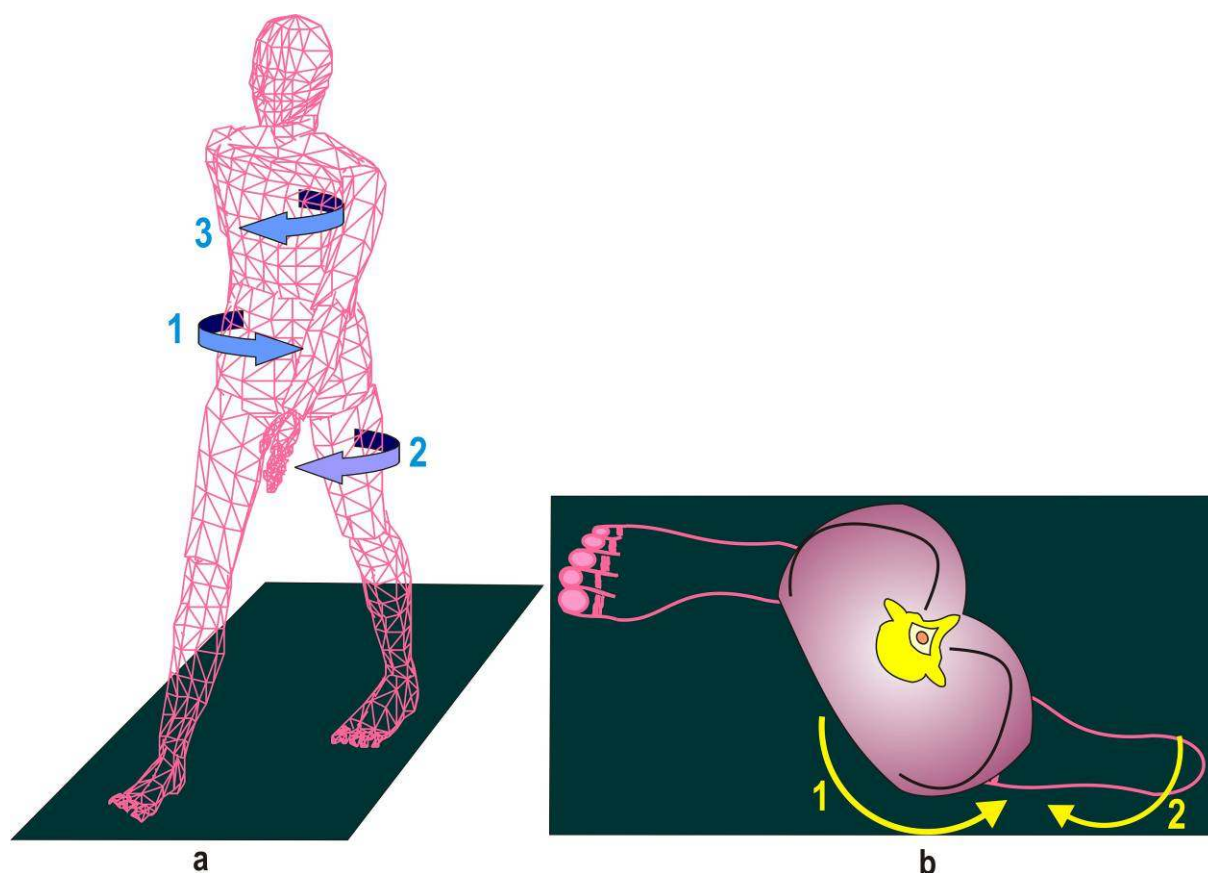
Risicofactoren bij het ontstaan van de enkeldistorsie

In principe kan iedereen een enkeldistorsie oplopen. Dit neemt niet weg dat sommige mensen opvallend veel vaker hun enkel verstuiken dan andere, soms zelfs indien zij gewoon over een vlakke weg (hard)lopen. Er zijn naar ons idee tenminste een tweetal factoren aan te wijzen die hieraan ten grondslag zouden kunnen liggen.

1. *de beperkte endorotatie van de heup;*
2. *de beperkte inversie in het onderste spronggewricht*

ad. 1. De beperkte endorotatie van de heup

Ogenschijnlijk zetten mensen tijdens gaan en lopen de benen "recht naar voren". Vaak wordt hierbij gedacht dat in de heupen een zuivere flexie-extensiebeweging plaatsvindt om een frontale as. Dit is echter geheel onjuist. In figuur 21a (ruimtelijk aanzicht) en 21b (bovenaanzicht) wordt getoond dat tijdens het gaan het bekken ten opzichte van de voeten meeroteert aan de zijde van het naar voren geplaatste been (pijl 1). Bij het naar voren plaatsen van het rechterbeen roteert het bekken linksom en vice versa. De romp roteert ten opzichte van het bekken weer terug (= wordt ruimtelijk op zijn plaatsgehouden) (pijl 3), zodat men het blikveld steeds in de gangrichting kan houden. Het bekken draait steeds ten opzichte van de benen en ten opzichte van de bovenliggende, ruimtelijk niet roterende, romp. Dit laatste is geheel overeenkomstig met de draaiing van de romp ten opzichte van het stilstaande hoofd, zoals eerder weergegeven in figuur 12.



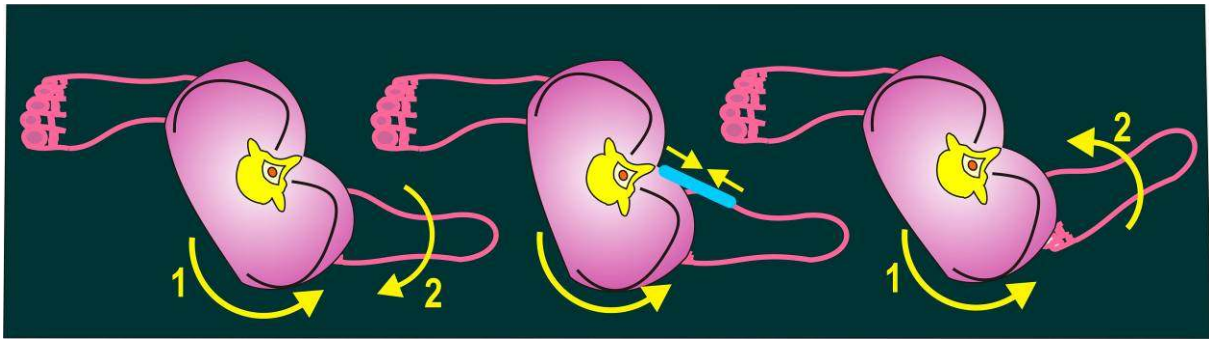
Figuur 21.

- a. Bij het gaan roteert het bekken (1) ten opzichte van de ruimtelijk in het sagittale vlak naar voren en achteren geplaatste benen. Het achterste been endoroteert in de heup (2). Door een tegengestelde rotatie van de thoracale wervelkolom blijven borst en hoofd ruimtelijk naar voren gericht.
- b. Linksom draaien van het bekken (1) ten opzichte van het linker been is hetzelfde als rechtsom draaien van het linker been ten opzichte van het bekken (2) en dus is er endorotatie in de linker heup.

Dit betekent dat tijdens het gaan het achterste (afzet)been steeds ten opzichte van het bekken (in het heupgewricht) in endorotatie (pijl 2) staat. Dit is geheel overeenkomstig met het mechanisme zoals eerder werd besproken bij figuur 17. Tijdens hardlopen is de bekkenrotatie aanzienlijk groter en de vereiste endorotatie in de heupgewrichten is daarmee eveneens groter.

Bij een beperkte endorotatie in de heup ontstaat dan gemakkelijk de situatie als weergegeven in figuur 22.

In figuur 22a wordt ter vergelijking de positie getoond bij een ongestoord functionerend heupgewricht. De staplengte gaat samen met een bepaalde mate van bekkenrotatie. In figuur 22b wordt de situatie voorgesteld bij een beperkte endorotatiemogelijkheid in het linker heupgewricht. De maximale bekkenrotatie (en daarmee de paslengte) is nu kleiner dan in situatie a. Zou iemand nu toch een grotere pas willen maken dan neemt het (met het rechterbeen meedraaiende) bekken vanaf situatie b het linker been ten opzichte van de stilstaande voet is er dan sprake van een exorotatie van het linker been. Dit gaat onvermijdelijk gepaard, zoals we gezien hebben, met een inversie in de linker enkel. Een dergelijk iemand loopt voortdurend met een "op scherp staande enkel" en de kans op een enkel-dorsie is groter dan bij iemand met een ongestoord functionerende heup.



Figuur 22.

- a. Ongestoorde situatie bij het gaan. Door de bekkenrotatie (1) endoroteert (2) het afzetbeen in de heup.
- b. Voorstelling van de maximale rotatiemogelijkheid van het bekken bij een beperkte endorotatie van de heup van het afzetbeen.
- c. Een doorgaande linksomrotatie van het bekken neemt het been mee in een exorotatie ten opzichte van de vloer (2). De voet moet hierbij inverteren.

In dit kader is wellicht het volgende praktijkgeval illustratief. Wij zagen een patiënt met recidiverende enkelklachten, optredend tijdens het joggen dat hij vrijwel dagelijks deed. Er was sprake van een onzeker gevoel in de rechter enkel en het veelvuldig "door de enkel gaan" met pijn en irritatie als gevolg. Op zich waren er in en rond de enkel weinig bijzonderheden te ontdekken. De patiënt vertelde echter dat hij het zo merkwaardig vond dat zowel het weer als de ondergrond een belangrijke invloed hadden op de klachten. Bij regenachtig weer waren de klachten minder terwijl bij droog zonnig weer de klachten duidelijk erger waren. ("Heb ik weer, schijnt de zon eindelijk eens, krijg ik hartstikke last"). Tevens bleek dat het lopen op gras of over het harde zand op het strand veel minder klachten opleverden dan bij lopen op de weg.

Bij onderzoek werd een fors beperkte endorotatie van het rechter heupgewricht gevonden.

De verklaring hiervoor is wellicht het volgende. Als de ondergrond niet al te stroef is (nat wegdek, gras, zand) dan draait de voet over de grond mee met het via het bekken meegenomen exoroterende been. Is de ondergrond stroef dan kan dit "pivoteren" van de voet niet optreden en ontstaat er in plaats daarvan een inversiestand in de enkel.

Het gebruiken van schoenen met een relatief gladde zool maken het pivoteren gemakkelijker en hebben tot gevolg dat de klachten verminderen.

Het meest voor de hand liggend lijkt in dergelijke gevallen te zijn het mobiliseren van de heup naar endorotatie. Aan de enkel zelf hoeft in zo'n geval, tot verbazing van de patiënt "want de pijn zit toch echt in m'n enkel", in principe niets gedaan te worden.

Anti-supinerende schoenen aanmeten lijkt in een dergelijk geval een kunstfout (In onze optiek is dat overigens altijd het geval bij het toepassen van "corrigerende" schoenen of zolen, maar dit terzijde). Immers, ook als door een dergelijke schoen (met wiggen en/of een sterk naar lateraal uitgebouwde schoenzool) de kanteling van de voet ten opzichte van de bodem wordt verminderd c.q. verhinderd, dan nog blijft in dit geval het exoroterende moment op het been en dus op het lig. tibiofibulair anterius bestaan. De onzekerheid wordt wellicht minder; de beschadigingen, pijn en irritatie blijven bestaan, of de voet nu omzwikt of niet.

ad. 2. de beperkte inversie in het onderste spronggewricht

Uit het voorgaande is hopelijk duidelijk geworden dat niet de kanteling van de voet ten opzichte van de onderlaag de oorzaak is van het inversietrauma maar òf de geforceerde exorotatie van de malleolaire vork ten opzichte van de niet verder meebewegende talus, òf de geforceerde endorotatie van de talus ten opzichte van de niet mee naar endorotatie draaiende malleolaire vork. Naarmate het onderste spronggewricht beweeglijker is, kunnen veel extremere inversieposities in het onderste spronggewricht worden ingenomen dan bij een beperking in dit gewricht. Dit betekent dat bij een beperking eerder spanning ontstaat in het lig. talofibulair anterius dan zonder beperking. De kans op beschadiging wordt daarmee groter.

Het mobiliseren van het onderste spronggewricht vereist dat tegelijkertijd drie botten zowel ten opzichte van elkaar, als ten opzichte van één stilgehouden bot worden bewogen (calcaneus, os cuboideum en os naviculare onderling en ten opzichte van de stilgehouden talus). Het bespreken van deze techniek vereist een aanzienlijk gedetailleerdere beschouwing van de talocalcaneocuboideonaviculair

verbindingen en de wijze waarop tijdens een inversie deze botelementen ten opzichte van elkaar bewegen. We komen op deze mobilisatietechniek in een toekomstige aflevering van dit tijdschrift terug.

Preventie van de enkeldistorsie

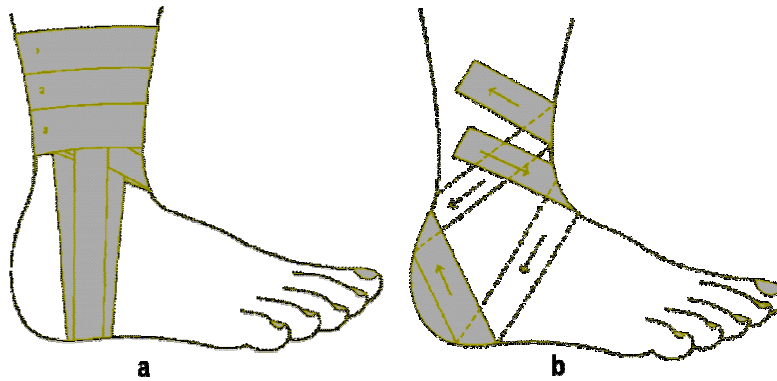
Ter voorkoming van een (hernieuwde) enkeldistorsie wordt over het algemeen gebruik gemaakt van tappen of braces. We zullen deze maatregelen bespreken in het licht van het hiervoor besproken inversie-mechanisme.

Tapen

Uit het voorgaande is hopelijk duidelijk geworden dat een inversiebeweging - en daarmee een enkeldistorsie - onmogelijk is als het been verhinderd wordt te exoroteren.

Merkwaardigerwijze zien we aan de wijze waarop veelal getaped wordt dat geprobeerd wordt de kanteling van de voet (de adductie) te voorkomen. Dat is echter geheel onmogelijk. Immers, de (bedrieglijke) adductiebeweging van de voet om een sagittale as bestaat *alleen ten opzichte van de vloer* en *niet ten opzichte van het onderbeen*.

Verticaal verlopende tapebandages (de zogenaamde stijgbeugel) (figuur 23a⁽⁵⁾) of de heellock (figuur 23b⁽⁵⁾) zouden dan ook niet van de voet naar het onderbeen moeten worden aangebracht, doch van de voet naar de vloer.



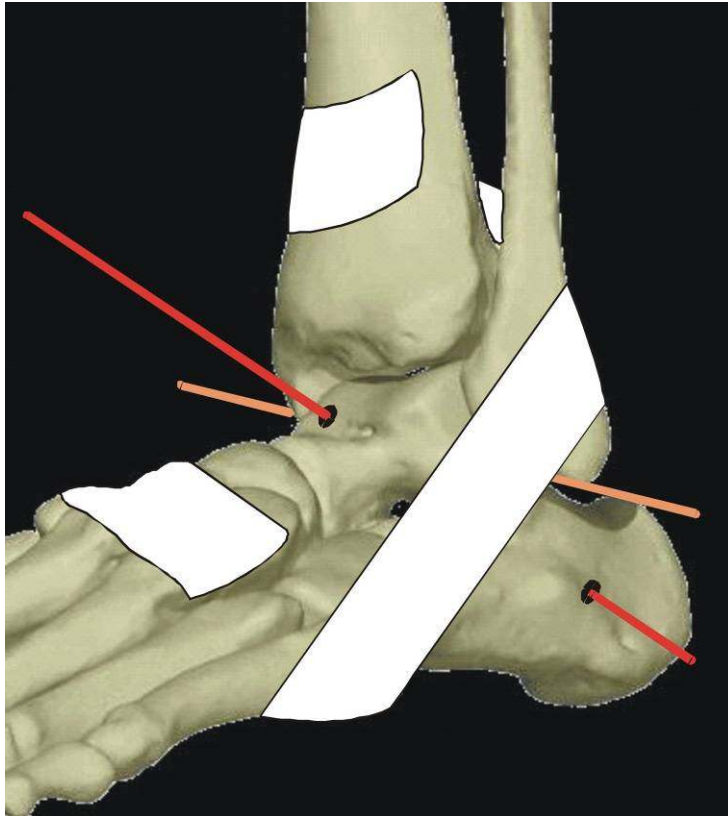
Figuur 23.
a. "Stijgbeugel". b. Heellock. Twee populaire tapetechnieken die echter in het geheel niets te maken hebben met de wijze waarop een inversietrauma ontstaat. Overgenomen uit Taping Techniques⁽⁵⁾.

Velen van U zullen bekend zijn met de lage effectiviteit van dergelijke tapebandages, tenzij ze zodanig zwaar worden uitgevoerd dat geen enkele beweging, ook geen plantairflexie en dorsaalflexie in het bovenste spronggewricht, nog mogelijk is.

Vele andere exotische manieren van tappen laten we hier verder buiten beschouwing. De richting waarin de tapestroken worden bevestigd, vertonen over het algemeen geen enkele relatie met de wijze waarop de enkel functioneert. Zelfs de bekende Coumans bandage, waarbij tapestroken in allerlei richtingen over elkaar geplakt worden (inclusief verticaal verlopende) lijkt een beetje op de gedachte dat "als je alles eet, je dieet er ook wel bij zit". Dit laatste neemt niet weg dat wij grote waardering hebben voor het werk van deze verbandmeester. Het idee om snel te mobiliseren na een trauma zonder gebruik te maken van het wel zeer rigide gipsverband kunnen wij alleen maar van harte toejuichen.

Een naar onze mening meer effectieve manier van tappen wordt getoond in figuur 24. De taperichting is zodanig dat een zo groot mogelijk moment om de as van het onderste spronggewricht wordt verkregen, zodat zowel de exorotatiecomponent als de adductiecomponent worden geremd. Let wel: alleen de principiële richting van de tapestroken is aangegeven. De keuze van het aantal benodigde stroken, het vermijden van sterke ploovorming op de plaats waar de tape om de laterale voetrand buigt, alsmede het aantal en de positie van de benodigde "ankers" laten wij graag aan U over.

Omdat de tape de as voor dorsaal-plantairflexie van het bovenste spronggewricht vrijwel snijdt, bestaat hierover geen of slechts een zeer klein moment en deze bewegingen blijven dan ook geheel vrij. Alleen de inversie beweging wordt geremd.

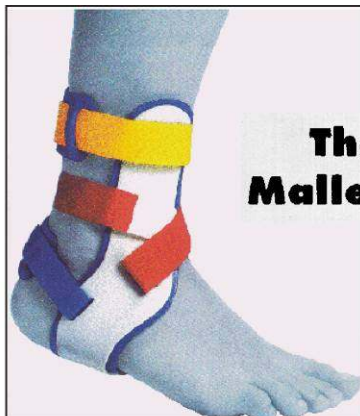


Figuur 24. Principiële richting van een tapebandage (loodrecht ten opzichte van de as van het onderste spronggewricht) ter voorkoming van de enkeldistorsie. De tape snijdt vrijwel de as van het bovenste spronggewricht waardoor de dorsaal en plantairflexie zoveel mogelijk vrij blijven.

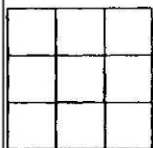
Braces

Naast tappen wordt veelvuldig gebruik gemaakt van braces om enkeldistorsies te voorkomen. Onbekendheid met het hierboven beschreven mechanisme van de inversiebeweging (of een onjuiste interpretatie hiervan) kan aanleiding geven tot (bijna) komische situaties.

Een voorbeeld hiervan wordt gevormd door de Malleoloc (firma Bauerfeind GmbH & Co, Kempen, Duitsland), waarvan een advertentie wordt weergegeven in figuur 25 (onderstreping in de advertentietekst door ons).



Therapie in beweging: Malleoloc[®], de enkel-orthese



Malleoloc is een stabiliserende orthese voor de functionele behandeling van enkelbandletsel, of voor chronische instabiliteit van het enkelgewricht.

De orthese ligt lateraal voor en mediaal achter de malleolus. Malleoloc geeft zodoende maximale stabiliteit en tegelijkertijd de optimaal bereikbare beweeglijkheid.

Figuur 25. De getoonde brace is precies verkeerd om ontworpen. De malleoli draaien bij een inversie van hun "lock" weg.

Zoals te zien is en uit de advertentietekst blijkt, ligt de orthese "lateraal voor en mediaal achter" de malleo-

lus" en dat is natuurlijk precies verkeerd om. Nu draaien bij de inversie - en de hieraan gekoppelde exorotatie van het been - de laterale malleolus naar *achteren* en de mediale malleolus naar *voren* van hun "lock" *weg*. (Als de orthese precies andersom gebouwd zou worden zal het drukken van de brace tegen de vlak onder de huid gelegen malleoli overigens niet een erg prettig gevoel zijn. In de huidige uitvoering zal de orthese dan ook vast wel "lekker zitten", alleen doet ie niks).

In het algemeen geldt voor braces hetzelfde als voor tappen: indien deze voorzieningen niet de exorotatie van het been ten opzichte van de voet tegengaan, is hun werking miniem of zelfs geheel afwezig. Het gevaar dat de sporter toch door het aanbrengen een dergelijk hulpmiddel een misplaatst gevoel van veiligheid ervaart en daardoor grotere risico's loopt is niet denkbeeldig.

LITERATUUR

1. Ent F. van der
Lateral Ankle Ligament Injury
(diss.) Erasmus Universiteit Rotterdam (1984).
2. Huson A.
Een ontleedkundig functioneel onderzoek van de voetwortel.
(diss.) Rijks Universiteit Leiden (1961).
3. Huson A., van Langelaan E., Spoor C.
The coupling between leg and foot: tibio-talar delay and tibio-tarsal delay.
In: Op de Voet gevolgd. red. Huson A., Jongbloed J., Verbout A. (1987). Boerhave Commissie voor Post-academisch Onderwijs in de Geneeskunde.
4. Langelaan E. van
A kinematical analysis of the tarsal joints.
(diss.) Rijks Universiteit Leiden (1983).
5. MacDonald R.
Taping Techniques, principles and practice.
Butterworth / Heinemann (1994).
6. Yablon I., Segal D., Leach R.
Ankle Injuries
Churchill Livingstone (1983)