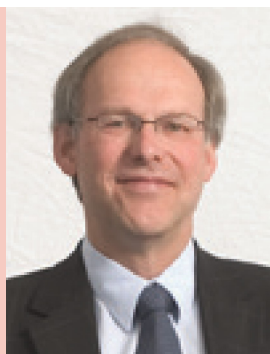


Whiplash bij verkeersongevallen: inzichten vanuit de letselbiomechanica¹ en de verkeersongevallenanalyse



Prof. dr. J.S.H.M. (Jac)
Wismans Safeteg
(Son, Nederland) en
Chalmers University
(Göteborg, Zweden)

In het PIV-Bulletin zijn de laatste tien jaar diverse artikelen gepubliceerd over whiplash. Deze artikelen betreffen zowel de medische, juridische als ongevalskundige discipline. Veel van deze artikelen verschenen in de periode 2007/2009². In deze periode werd ook de Richtlijn Whiplash 2008¹⁰ van de Nederlandse Vereniging voor Neurologie (NVvN) gepubliceerd. In PIV-Bulletin 2005, 1 verscheen het artikel van mr. Oskam en drs. Reitsma over medische en juridische causaliteit³ en een reactie hierop in editie 2015, 2 van mr. Pelckmans⁴.

In het artikel van Pelckmans werd uitgebreid gerefereerd aan een onderzoek van TNO⁵ uit 2000 op het gebied van de letselbiomechanica en de verkeersongevallenanalyse van whiplashongevallen. Sinds het TNO onderzoek uit 2000 zijn er een aantal nieuwe onderzoeksresultaten beschikbaar gekomen. Het doel van dit artikel is een aantal van de belangrijkste onderzoeksresultaten samen te vatten. Aan de orde komen inzichten over de aard en omvang van de WAD problematiek, de relatie tussen zwaarte van de botsing en WAD (*Whiplash Associated Disorders*) risico en de invloed van een aantal ongeval-parameters op het WAD risico.

Wat is Whiplash en WAD?

Met de term 'whiplash' worden meestal de bewegingen – de zweepschlag – van hoofd en nek bedoeld die optreden tijdens een botsing, waardoor belastingen op de nek ontstaan. Eventuele letsels en/of klachten ten gevolge van deze belasting worden vaak aangeduid met de term *Whiplash Associated Disorders* (WAD). Een internationale werkgroep, de Quebec Task Force (QTF) on WAD, heeft in 1995 een rapport⁶ gepubliceerd waarbij de QTF classificatie schaal voor WAD geïntroduceerd is, waarbij een onderscheid gemaakt werd tussen meer subjectieve criteria, als pijn en meer objectieve criteria, zoals verminderde bewegingsmogelijkheid. Tabel 1 toont de QTF schaal met de bijbehorende classificatie in WAD letselernst.

De Richtlijn Whiplash 2008⁷ maakt gebruik van deze QTF letselerschaal. Bij WAD 1-3 zijn, in tegenstelling tot de meeste andere verkeersletsels, geen aantoonbare anatomische afwijkingen als fracturen, verrekkingen of dislocaties te vinden, ook niet met de meest geavanceerde diagnostische technieken. De klachten na een whiplash treden meestal op binnen enkele uren na het ongeval en betreffen onder andere hoofd- en nekpijn, duizeligheid, vermoeidheid, depressiviteit, slapeloosheid en geheugenstoornis. Bij veel van de patiënten verdwijnen de symptomen gelukkig binnen enkele weken, maar in een aantal gevallen is er echter sprake van chronische klachten. De precieze oorzaak van de klachten is ondanks veel onderzoek op dit terrein onvoldoende bekend. Een mogelijke verklaring is het optreden van relatief grote rekken in de facetgewrichten die beschadigingen op microniveau tot gevolg kunnen hebben. Zie bijvoorbeeld Sundararajan⁸.

Omvang en aard van de WAD problematiek

In 2000 bedroeg het aantal materiële en letsel schade claims in Nederland ten gevolge van verkeersongevallen inge-

QTF Graad	Klinische observatie
WAD 0	Geen nekklachten en geen fysieke symptomen
WAD 1	Nekklachten als pijn en stijfheidsgevoel maar geen fysieke symptomen
WAD 2	Nekklachten met aantoonbaar verminderde beweeglijkheid en drukgevoeligheid
WAD 3	Nekklachten met aantoonbare neurologische symptomen (bijv. afwezigheid bepaalde reflexen)
WAD 4	Nekklachten met een fractuur of dislocatie

diend bij schadeverzekeraars ongeveer 600.000. Het aantal letselschades bedroeg dat jaar 48.000. Het aandeel WAD bedroeg 19.200, dus 40% van het aantal letselschades. Deze cijfers werden gepubliceerd in een vergelijkende studie van whiplash in Europa van het Comité European des Assurances (CEA) uit 2004⁹. Zie ook het artikel van Denters¹⁰ in PIV-Bulletin 2013, 6, waarin op basis van deze CEA studie de Nederlandse situatie vergeleken wordt met een aantal andere Europese landen.

Meer recente cijfer voor het jaar 2010 volgen uit de "Diepteanalyse naar toepassing van de gedragscode Behandeling Letselschade"¹¹. In totaal hebben eenentwintig motorrijtuigenverzekeraars aan deze diepte analyse deelgenomen. In het eerste kwartaal van 2010 werden 12.586 verkeersletselschades bij de deelnemende maatschappijen gemeld en het aantal WAD slachtoffers bedroeg ongeveer 36%. Wanneer we veronderstellen dat bij de eenentwintig verzekeraars het merendeel van de personenauto's verzekerd zijn en dat het optreden van schade gelijkmatig over de vier kwartalen verdeeld is, spreken we op jaarbasis over tenminste 18.000 personen met WAD die een claim ingediend hebben bij een verzekeraar.

Volgens de laatste data van de Stichting PIV ligt het aantal letselschademeldingen per jaar nu rond de 60.000 en het aantal WAD meldingen tussen de 30 en 35 procent. Dit betekent dus ongeveer 20.000 WAD claims per jaar. Echter niet alle personen met WAD dienen een claim in bij een verzekeraar. Op basis van analyse van het Ongevallen en Bewegen in Nederland (OBIN) databestand concludeert de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV)¹² dat het aantal jaarlijkse WAD slachtoffers in Nederland ten gevolge van een verkeersongevallen 30.000-50.000 zou bedragen. Het OBIN is een jaarlijkse internet- en telefonische enquête onder 11.000 Nederlanders. Deelnemers werden in de periode 2006-2009 gevraagd of zij in de afgelopen periode van drie maanden, of in het verdere verleden, letsel bij een ongeval hebben opgelopen en of ze daar nog hinder van hebben. In 80% van de gevallen reed het slachtoffer in een personenauto.

Voor Nederland zijn geen cijfers gepubliceerd bekend over de duur van de whiplashklachten. In de meeste gevallen verdwijnen de klachten gelukkig binnen enkele weken. Volgens een recent Europees onderzoek krijgen in Europa ongeveer 800.000 personen WAD klachten na een verkeersongeval, waarbij in ongeveer 20.000 gevallen (5%) sprake zou zijn van langdurige (chronische) klachten¹³. Spitzer definieerde whiplash als chronisch, wanneer er na zes maanden nog klachten waren en uit zijn onderzoek bleek dat 2.9% van de personen met whiplashklachten na een jaar nog steeds geen normale activiteiten, zoals werk, konden verrichten.

WAD bij auto-inzittenden betrokken bij een verkeersongeval kan optreden in alle botsrichtingen. Krafft¹⁴ vond dat bij WAD met langdurige klachten als gevolg, in onge-

veer 50% van de gevallen sprake was van achterop-aanrijdingen, in 30% van frontale aanrijdingen en in 10% van botsingen van opzij. Later in dit artikel zal besproken worden dat het risico op WAD bij achteropaanrijdingen veel hoger ligt dan bij andere botsrichtingen.

Relatie tussen zwaarte van de botsing en WAD risico

Een belangrijke maat voor de zwaarte van een botsing is de Delta v of wel snelheidsverandering. Het gaat hier om de snelheidsverandering tijdens de botsing van het voertuig van het verkeersslachtoffer. Daarnaast is ook de versnelling of vertraging van het betreffende voertuig een parameter voor de zwaarte van de botsing. In diverse studies is de relatie onderzocht tussen deze parameters en het risico op WAD. Voor een overzicht van studies vóór 2000 wordt verwezen naar de eerder genoemde TNO studie. Uit deze TNO studie bleek dat de hoogste frequentie van WAD optreedt bij een Delta v van 13-17 km/uur. Uit de TNO studie bleek verder – zie ook de samenvatting in het artikel van Pelckmans – dat een groot aantal parameters zowel voertuig gebonden als mens gebonden, de kans op WAD beïnvloeden en dat het daardoor niet goed mogelijk is een scherpe grens voor een Delta v te trekken waaronder geen reële kans bestaat op WAD.

Zijn er recentere studies uitgevoerd die meer duidelijkheid zouden kunnen scheppen over een Delta v grens of een grens voor de versnelling van het voertuig waaronder WAD niet zou kunnen optreden? Twee belangrijke Europese studies zullen hier besproken worden: de eerste studie maakt gebruik van de GIDAS *in-depth* verkeersongevallen database en de tweede van de Folksam *in-depth crash database*.

GIDAS *in-depth verkeersongevallen database*

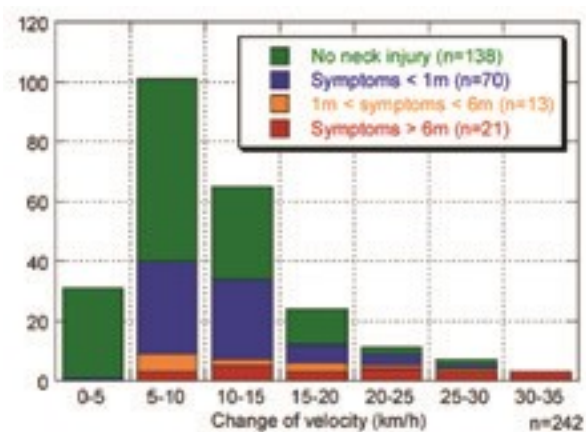
Professor Otte van de Medizinische Hochschule Hannover toonde op een whiplashconferentie in 2010 resultaten van de analyses van de GIDAS database¹⁴. GIDAS is een verkeersongevallen database verzameld in de regio's Hannover en Dresden. De resultaten van het onderzoek waren gebaseerd op meer dan 30.000 letselongevallen verzameld in de periode 1999-2009 en geanalyseerd door een team van experts. Bij meer dan 8000 auto inzittenden was sprake van WAD, aangeduid in deze studie als Halswirbelsäule (HWS) Distorsion. De Delta v werd bepaald aan de hand van schades aan de betrokken voertuigen. In 41% van de WAD gevallen was sprake was van een achteropaanrijding, in 36% van een frontale aanrijding en in 18% van een aanrijding van op zij. Bij aanrijdingen van achteren resulterend in WAD, bleek in 30% van de gevallen de Delta v onder de 10 km/uur te liggen. Bij botsingen van opzij was het aantal gevallen van WAD bij een Delta v onder de 10 km/uur: 9% en bij frontale botsingen: 4%. Uit een analyse van de relatie tussen gemiddelde Delta v waarbij WAD optrad als functie van de botsrichting bleek deze gemiddelde snelheid het laagst te zijn bij een achteropaanrijding en het hoogst bij een frontale aanrijding.

Folksam *in-depth crash database*

Deze studie werd uitgevoerd in 2010-2011 door de onder-

> zoekafdeling van de grote Zweedse verzekeraar Folksam waarbij gebruik gemaakt werd van de Folksam *in-depth crash database*. In Zweden zijn sinds 1995 265.000 voertuigen uitgerust met crashrecorders. Een crashrecorder registreert tijdens een botsing de snelheidsverandering Δv en de optredende voertuigversnelling. De nauwkeurigheid van de data afkomstig uit een crashrecorder ligt aanzienlijk hoger dan schattingen op basis van het schadebeeld zoals die in de eerder genoemde studie van Otte werden uitgevoerd. Diverse publicaties over analyses van achteropaanrijdingen zijn inmiddels verschenen – zie bijvoorbeeld Krafft¹⁵ en Kullgren¹⁶. De meest recente en uitgebreide studie werd uitgevoerd in het kader van het Europese onderzoek ADSEAT¹⁷. De analyse betreft 438 frontale botsingen en 175 achteropaanrijdingen met auto's van vier verschillende merken. De WAD ernst en duur werd vastgesteld aan de hand van de ingediende claim rapporten bij de verzekeraar, ingevulde vragenlijsten, telefonische interviews en gegevens van ziekenhuizen. Inzittenden met vroegere whiplashproblemen werden niet meegenomen in de analyse. Onbekend is in hoeverre mensen met klachten foutieve informatie verstrekten zouden kunnen hebben zowel wat betreft de klachten na het ongeval als vroegere whiplashproblemen. Bij achteropaanrijdingen werden alle ongevallen meegenomen ook met minimale schade, mits er een crashpuls beschikbaar was en bij frontale aanrijdingen alleen wanneer de schade boven ongeveer € 5000 lag. Voor elke inzittende werd de WAD graad bepaald (zie Tabel 1) en er werd een onderscheid gemaakt tussen de duur van de klachten (< 1 maand (initiële klachten), 1-6 maanden en > 6 maanden).

Figuur 1 toont een voorbeeld van de resultaten uit het onderzoeksrapport. Het betreft de duur van de WAD klachten als functie van de Δv bij achteropaanrijdingen. Het betreft in totaal 242 personen van wie 138 inzittenden (57%) geen WAD hadden, 29% had initiële klachten (< 1 maand), 5% klachten tussen een en zes maanden en 9% langer dan zes maanden. Bij een Δv onder de vijf km/uur had één persoon initiële klachten en bij een Δv van 5-10 km/uur veertig personen, waarvan vijf tussen de een en zes maanden en drie langer dan zes maanden.



Figuur 1. Verdeling van de duur van de WAD klachten als functie van de Δv bij achteropaanrijdingen

Samenvatting van een aantal andere resultaten uit de Folksam studie:

- Bij frontale botsingen waren 589 personen betrokken, waarbij 434 personen (74 %) géén klachten hadden, 15% had initiële klachten (< 1 maand), 3% klachten tussen een en zes maanden en 8% langer dan zes maanden. Vijftien personen hadden initiële klachten bij een Δv onder de 10 km/uur en twee personen in dit snelheidsgebied hadden klachten langer dan zes maanden.
- De gemiddelde Δv en de gemiddelde voertuig versnelling waarbij WAD optreedt, ligt ongeveer twee maal zo hoog bij frontale botsingen als bij achteropaanrijdingen.
- Het risico voor alle vormen van WAD toont correlatie met de Δv en met de gemiddelde voertuigvertraging. Bij achteropaanrijdingen neemt het risico op langdurige klachten sterk toe boven de 15 km/uur Δv en boven een gemiddelde versnelling van 4,5 g.

Andere risicofactoren

De TNO studie uit 2000 noemt een aantal factoren naast de zwaarte van de botsing, die invloed hebben op het WAD risico, waaronder de voertuigmassa en -constructie, de stoel- en hoofdsteunconstructie, het geslacht en afmetingen van de inzittende, het gebruik van beveiligingsmiddelen en de zitpositie van de inzittende. Resultaten van een aantal nieuwe studies met betrekking tot dergelijke risicofactoren zullen hier worden samengevat. Als belangrijkste bron is gebruik gemaakt van een literatuurstudie die uitgevoerd werd in het kader van het reeds genoemde Europese ADSEAT-project.

Geslacht

De meeste studies gaven aan dat vrouwen bij een zelfde zwaarte van de botsing een hoger risico op WAD lopen dan mannen, tot meer dan een verdubbeling van het risico. Uit de eerder genoemde Folksam studie volgde bijvoorbeeld dat vrouwen bij zowel achterop- als frontale aanrijdingen een twee keer zo groot risico lopen op initiële klachten. Het risico op klachten tussen de een en zes maanden lag bij vrouwen bij achteropaanrijdingen 40% hoger en bij frontale aanrijdingen zelfs 70%.

Leeftijd, afmetingen, gewicht en BMI (Body Mass Index)

Sommige studies vonden een hoger risico in de leeftijdsgroep van twintig tot veertig jaar. Er werd geen significant invloed voor gewicht en BMI gevonden. Voor de lengte werd in vroegere studies (tot eind 2000) vaak een hoger risico gevonden voor langere personen. In studies van meer recente datum is deze relatie niet meer gevonden, mogelijk door een betere hoofdsteun stoel constructies.

Eerdere nekkklachten

Wanneer men vroegere nekkklachten gehad heeft bijvoorbeeld na een eerder ongeval wordt dit gezien als een risicofactor bij het melden van nekpijn en stijfheid na een nieuwe achteropaanrijding¹⁸. Volgens Bartsch¹⁹ hebben degeneratieve veranderingen in de nek geen invloed op het WAD risico.

Voertuigmassa

De meeste studies tonen een hoger risico op WAD wanneer men in een lichtere auto zit en/of aangereden wordt door een zwaardere auto. Deze risicofactor hangt nauw samen met Delta v als risicofactor omdat de massa's van de voertuig betrokken bij een ongeval een directe invloed hebben op de resulterende Delta v.

Stoel-hoofdsteun

Een goed stoel-hoofdsteun ontwerp draagt in belangrijke mate bij aan het verlagen van het risico op WAD. Een aantal studies geanalyseerd in het ADSEAT project toonden dit duidelijk aan. Een studie van Davidsson uit 2013²⁰ toonde voor verschillende stoel-hoofdsteun types het relatieve risico op WAD in een achteroprijding. Er waren aanzienlijke verschillen tussen verschillende automerken. Speciaal ontworpen whiplashprotectie systemen toonden in de praktijk vaak een aanzienlijke verbetering bij de bescherming in een achteroprijding in vergelijking met vroegere stoelontwerpen zonder speciale voorzieningen. Van belang voor de kwaliteitsverbetering van stoel-hoofdsteun systemen is EuroNCAP (*European New Car Assessment Programme*). EuroNCAP is een Europese organisatie opgericht door overheden, automobielclubs en consumentenorganisaties met als doel een onafhankelijke beoordeling van het veiligheidsniveau van auto's te bieden. In 2009 is een testprotocol ingevoerd voor de beoordeling van de veiligheid bij achteroprijdingen van stoelen en hoofdsteunen in personenauto's. Twee botstesten worden uitgevoerd bij een snelheid van 16 km/uur bij twee verschillende voertuigversnellingen. De derde botstest bij EuroNCAP wordt bij een snelheid van 25 km/uur uitgevoerd mede om te testen of de stoelen niet bezwijken bij een botsing. De testen worden uitgevoerd op een botslede met een botsdummy die speciaal ontworpen is voor achteroprijdingen en die het letselrisico kan schatten op basis van instrumentatie in de dummy. Uit deze instrumentatie kunnen letselcriteria zoals nekbelastingen en het Neck Injury Criterion (NIC) bepaald worden. Een studie van Kullgren²¹ uit 2015 toonde aan dat EuroNCAP²² testen een goede voorspellende waarde bezitten voor het gedrag van de onderzochte stoelen bij werkelijke botsingen.

Zitpositie in de auto

De plaats waar men zit in de auto heeft invloed op het WAD risico. Iemand bijvoorbeeld op de achterstoel of achterbank heeft een lager risico dan een inzittende op de voorstoel. De meeste studies laten zien dat een grotere afstand van het hoofd tot de hoofdsteun in een hoger WAD-risico resulteert. Eveneens lieten de meeste studies een hoger WAD-risico zien als men het hoofd gedraaid heeft vlak vóór de botsing.

Veiligheidsgordel en airbag

Over het effect van de veiligheidsgordel op het risico van WAD zijn de meningen in verschillende studies verdeeld. Bij achteroprijdingen zal bij de eerste fase van de botsing, waarbij het lichaam tegen de stoel-hoofdsteun gedrukt wordt, het effect van de veiligheidsgordel mini-

maal zijn. Tijdens de rebound fase, waarbij het lichaam door de elasticiteit van de stoel naar voren bewogen wordt, zal de veiligheidsgordel net als bij een frontale botsing wel een rol spelen welke mogelijk in hogere nekbelastingen kan resulteren maar waardoor anderzijds het risico op andere (mogelijk ernstiger) letsels (in hoofd en borst) verkleind wordt. Met betrekking tot de airbag en de relatie tot WAD risico is slecht één studie bekend. De eerdere genoemde Folksam studie liet bij frontale botsingen een 25% lager risico op initiële nekklachten zien en zelfs een 45% lager risico op klachten tussen een en zes maanden in vergelijking tot voertuigen zonder airbag. Echter, er werd ook opgemerkt dat het aantal voertuigen in de Folksam in-depth crash database zonder airbag klein is, zodat deze bevindingen waarschijnlijk niet significant zijn.

Discussie en conclusies

Het jaarlijks aantal nieuwe gevallen van WAD bij Nederlandse schadeverzekeraars ligt rond de 20.000. De verwachting is dat voor achteroprijdingen dit aantal in de toekomst zal dalen, enerzijds doordat – mede dankzij EuroNCAP²³ – stoel-hoofdsteun constructies steeds betere bescherming zullen gaan bieden en anderzijds omdat nieuwe voertuigen steeds vaker worden uitgerust met automatische remsystemen die de kans en ernst van een achteroprijding in Nederland zullen verminderen. Voor WAD preventie bij andere botsrichtingen ligt de situatie complexer en zal vermoedelijk een daling langer op zich laten wachten, mede omdat voor andere botsrichtingen onderzoek naar een betere preventie van WAD geen prioriteit heeft gekregen.

Het risico op WAD bij verkeersongevallen toont correlatie met de Delta v en de gemiddelde voertuigvertraging. Deze correlatie hangt af van de botsrichting en de duur van de WAD klachten. De 2008 Whiplash richtlijn van het NVvN stelt: *“op grond van onderzoeken met proefpersonen en praktijkervaringen met botsauto's zijn er sterke aanwijzingen dat een impactsnelheid tot circa 15 km/h geen gevolgen heeft”*. De botsauto studies waar naar verwezen werd en de onderzoeken met proefpersonen betreffen bijna allemaal onderzoek waarbij de Delta v beneden de 10 km/uur lag. Uit de TNO studie bleek dat ook bij vrijwilligersproeven onder of rond de 10 km/uur een aantal malen nekklachten gerapporteerd werden. Een grens van 15 km/uur voor achteroprijdingen waaronder geen WAD zou kunnen optreden is daarom veel te hoog. Ook het hanteren van een grens van bijvoorbeeld 10 km/uur als 'absolute' grens – zoals die in Nederland en Duitsland vaker bij juridische procedures wordt gehanteerd en waaronder géén causaal verband meer tussen WAD en zwaarte van de botsing zou kunnen worden aangetoond – is niet verdedigbaar mede gezien de in dit artikel getoonde resultaten van analyses van de GIDAS en Folksam in-depth database. Wel kan een dergelijke grens van bijvoorbeeld 10 km/uur gehanteerd worden als een eerste grove schatting voor de kans op WAD.

De meeste inzittenden zullen bij een achteroprijding bij een Delta v van 10 km/uur, in een veilige auto en met

> de juiste zithouding, géén WAD oplopen en zeker geen WAD met langdurige klachten als gevolg. Ook voor een hogere Delta v zal dit vaak gelden. Wanneer er toch WAD zijn opgetreden bijvoorbeeld onder de grens van 10 km/uur en er twijfel bestaat over het causale verband met de zwaarte van de botsing, zou een nader onderzoek naar ongevals, voertuig- en persoonsgebonden parameters overwogen kunnen worden om meer duidelijkheid te krijgen. Het uitvoeren van een reconstructie van het ongeval op een botslede en/of via computersimulaties met een mensmodel zoals MADYMO²⁴ van TNO biedt hierbij de mogelijkheid om een beter inzicht te krijgen in het WAD risico bij het betreffende ongeval als functie van de diverse parameters.

De 2008 Whiplashrichtlijn van het NVvN concludeert op pagina 19: “Mechanische factoren, zoals aanrijdingen van achteren, snelheid(sverandering), hoofdsteen of zitpositie, hebben geen voorspellende waarde voor het optreden van, de duur van en de ernst van de klachten”. Het moge duidelijk zijn dat deze conclusie in de Richtlijn aanpassing verdient omdat, zoals besproken in dit artikel, deze factoren en ook een aantal andere factoren wel van grote invloed blijken te zijn.

¹ De letselbiomechanica is de discipline die zich bezig houdt met de bestudering van de relatie tussen krachtsinwerking op het menselijk lichaam en het ontstaan van letsels (letselmechanisme) en bijbehorende letselrisico's

² Blondeel A.F.J.: 'Delta v, whiplash causaal verband', *PIV-Bulletin* 2007, 6.

³ Castro W.H.M.: 'Whiplashproblematiek in de keuringssituatie', *PIV-Bulletin* 2008, 1.

⁴ Wartenbergh B.: 'Ongevallenanalyse in het kader van de whiplashproblematiek', *PIV-Bulletin* 2008.

⁵ Knijp P.C.: 'Whiplash en de nieuwe richtlijnen van de NVvN', *PIV-Bulletin* 2008, 5/6.

⁶ Meelker J.R.: 'Lage Delta v vanuit juridisch gezichtspunt', *PIV-Bulletin* 2008, 5/6

⁷ Van Veldhoven-Berntsens S.C.: 'De waarde en onwaarde van natuurkundig onderzoek en de causaliteitsvraag', *PIV-Bulletin* 2008, 8.

⁸ Bronsema J., 'Whiplash en de nieuwe richtlijnen van de NVvN', *PIV-Bulletin*, 2008, 7.

⁹ Meelker R.: 'Delta v 9' (slot)', *PIV-Bulletin* 2009, 2.

¹⁰ *Richtlijn Diagnostiek en Behandeling van mensen met Whiplash Associated Disorder I/II*, Nederlandse Vereniging voor Neurologie, 2008.

¹¹ Oskam P. en Reitsma A.M.: 'Whiplash een andere benadering', *PIV-Bulletin* 2015, 1.

¹² Pelckmans W.H.M.J.: 'Causaal verband in whiplashzaken: wat ik niet zie dat is er niet?' *PIV-Bulletin*, 2015, 2.

¹³ Janssen, Meijer en Wismans: *Literatuuronderzoek naar de relatie tussen de snelheidsverandering van een auto betrokken bij een achteraanrijding en de kans op whiplash*, TNO-rapport 00.OR.BV.010.1/EJ, Onderzoek in opdracht van de Stichting Personenschade, Instituut voor Verzekeraars, Feb. 2000

¹⁴ Spitzer W.O., Skovron M.L., Salmi L.R., Cassidy J.D., Duranceau J., Suissa S., and Zeis E, *Scientific monograph of the Quebec Task Force on Whiplash-Associated Disorders: redefining “whiplash” and its management*. Spine (Phila Pa 1976) 20(8 Suppl): 1S-73S. 1995.

¹⁵ *Richtlijn Diagnostiek en Behandeling van mensen met Whiplash Associated Disorder I/II*, Nederlandse Vereniging voor Neurologie, 2008.

¹⁶ Sundararajan e.a. (2004): 'Effect of head-neck position on cervical facet stretch of post mortem human subjects during low speed rear end impacts', *Stapp Car Crash Journal*, Vol. 48, p. 331-372.

¹⁷ *Minor Cervical Trauma Claims, Comparative study*, Comité Européen des Assurances (CEA), 2004.

¹⁸ E.B.M. Denters, 'Whiplash in Europa en recente ontwikkelingen van de whiplashpraktijk in Zwitserland', *PIV-Bulletin* 2013, 6.

¹⁹ *Diepteanalyse naar toepassing van de Gedragscode Behandeling Letselschade*, Eiffel, 2012.

²⁰ SWOV-Factsheet "Whiplash en preventie". Zie https://www.swov.nl/rapport/Factsheets/NL/Factsheet_Whiplash.pdf.

²¹ Publishable Summary ADSEAT (Adaptive Seat to Reduce Neck Injuries for Female and Male Occupants) project, 2013. Zie www.adseat.eu.

²² Krafft M., *When do AIS 1 Neck Injuries result in Long-Term Consequences; Vehicle and Human Factors*. *Traffic Inj Prev* 3(2): 89-97, 2002.

²³ Otte D., *Significance of cervical spine disorders in traffic accidents from viewpoint of investigation on scene GIDAS, Whiplash 2010, Neck Pain in Car Crashes*, 3rd International Conference, November 18 – 20, 2010, Munich, Germany.

²⁴ Krafft M. en Kullgren A.: *Influence of crash severity on various whiplash injury symptoms – a study based on real-life rear-end crashes with recorded crash pulses*, ESV conferentie 2005.

²⁵ Kullgren A and Krafft M. *Influence of change of velocity and mean acceleration on whiplash injury risk: Results from real-world crashes*. TÜV 2nd International Conference on Whiplash: Neck pain in car crashes; Erding, Munich, 2008.

²⁶ www.adseat.eu; Zie ook 26 ADSEAT, Deliverable 1.1, Real World Data, Nov. 2011.

²⁷ Dolinis J. (1997) 'Risk Factors for "Whiplash" in Drivers: A Cohort Study of Rear-End Traffic Crashes', *Injury*, Vol. 28, p. 173-179.

²⁸ Bartsch A.J., Gilbertson L.G., Prakash V, Morr D.R., Wiechel J.F., 'Minor crashes and 'whiplash' in the United States', *Annu Proc Assoc Adv Automot Med*. 2008 Oc., 52 117-28.

²⁹ Davidsson J en Kullgren A: *Evaluation of Seat Performance Criteria for Rear-End Impact Testing BioRID II and Insurance Data*. *Ircobi conference proceedings*, 2013.

³⁰ Kullgren A., Fildes B., van Ratingen M., Keall M.: *Evaluation of the EuroNCAP whiplash protocol using real-world crash data*, Paper Number 15- 0267, ESV conference Gothenburg, 2015.

³¹ *Testing protocol: the dynamic assessment of car seats for neck injury protection*, version 3.2. November 2014, EuroNCAP.

³² <https://www.tassinternational.com/madymo>.