

TNO-rapport
96.OR.BV.050.0/EJ

Preventie van whiplash-letsels bij achteraanrijdingen

TNO Wegtransportmiddelen

Schoemakerstraat 97
Postbus 6033
2600 JA Delft

Telefoon 015 269 69 00
Fax 015 262 07 66



Het kwaliteitssysteem van
TNO Wegtransportmiddelen
voldoet aan ISO 9001.

Datum
17 december 1996

Auteur
E.G. Janssen
J.G.M. Thunnissen

Bijdragegever
Stichting Achmea Slachtoffer en Samenleving
Postbus 866
3700 AW Zeist

Accoord
E.G. Janssen
(sectiehoofd)

Accoord
G.J. Blaauw
(afdelingshoofd)

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, foto-
kopie, microfilm of op welke andere
wijze dan ook, zonder voorafgaande
toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor onder-
zoeksopdrachten aan TNO, dan wel
de betreffende terzake tussen de
partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het
TNO-rapport aan direct belang-
hebbenden is toegestaan.

© 1996 TNO

Projectnummer
750610056

Onderzoekperiode
week 38 tot 48/1996

Aantal pagina's
57

Aantal bijlagen
2

Aantal figuren
11

Aantal tabellen
5

TNO Wegtransportmiddelen doet onderzoek en verleent
diensten op het terrein van wegvoertuigen en componenten
daarvan.

De hoofdaandachtsgebieden zijn Voertuigdynamica,
Botsveiligheid, Verbrandingsmotoren en Keuringen.



Nederlandse Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Samenvatting

Whiplash-letsel is het meest frequent voorkomend letsel bij verkeersongevallen en het neemt in omvang nog steeds toe. In Nederland komen er jaarlijks 15.000 tot 30.000 nieuwe slachtoffers bij en de totale jaarlijkse kosten van whiplash in Nederland worden geschat op 1 miljard gulden. Niet alleen in Nederland, ook Europees en mondiaal gezien is er sprake van een sterke toename van whiplash-letsels c.q. maatschappelijke kosten gedurende het afgelopen decennium.

Whiplash-letsel ontstaat vaak, maar niet alleen, ten gevolge van achteraanrijdingen. Het lichaam en het hoofd/nek systeem dienen daarbij opgevangen te worden door de stoelleuning en de hoofdsteun. De stoel en hoofdsteun worden echter vaak niet goed ingesteld door de gebruiker c.q. zijn vaak niet correct in te stellen. Dit laatste wordt veroorzaakt door het feit dat de internationale eisen die worden gesteld aan hoofdsteunen sterk verouderd zijn. De huidige effectiviteit van deze beveiligingssystemen wordt dan ook geschat op maximaal 20%, en dan nog indien ze optimaal worden benut. Het ontbreekt echter nog wel aan kennis en motivatie bij de automobilisten. Genoemde aspecten dienen op *korte termijn* aangepakt c.q. verbeterd te worden. Hiervoor dient de Nederlandse overheid initiatieven te (blijven) nemen richting Europese Commissie betreffende een adequate verbetering van de huidige voertuig-voorschriften. Tevens dient de overheid bij te dragen aan voorlichting omtrent het juiste gebruik van hoofdsteunen. Ook andere organisaties, zoals RAI, BOVAG, ANWB, VVN en Consumentenbond, dienen hierbij een rol te spelen, waarbij het tevens van belang is dat consumenten juist geïnformeerd worden omtrent (het ontbreken van) de letselpreventieve werking van stoelen/hoofdsteunen in de huidige personenauto's. Marktmechanismen en wetgeving vullen elkaar dan aan betreffende het stimuleren van innovatieve veiligheidsontwerpen.

Op het terrein van de traumazorg is een relevante voorlichting c.q. advisering van politie, hulpverleners en artsen noodzakelijk, omtrent de relatie tussen (verschillende soorten) verkeersongevallen en whiplash.

Verwacht wordt dat op de *lange termijn* een goede stoel/hoofdsteun constructie het aantal whiplash-slachtoffers ten gevolge van achteraanrijdingen met minstens 60% kan reduceren. Daarvoor blijft fundamenteel onderzoek naar het ontstaan van whiplash, dat wil zeggen naar letselmechanismen en -toleranties, nodig. Op basis hiervan kunnen toekomstige testmethoden (inclusief crash dummies) met scherpere eisen worden ontwikkeld, waardoor de letselpreventieve werking van stoel/hoofdsteun constructies aanzienlijk wordt verbeterd.

Inhoud

1	Inleiding	5
1.1	Verkeers(on)veiligheid	5
1.2	Letselpreventieve maatregelen	6
1.3	Whiplash	9
1.4	Vraagstelling onderzoek	10
2	Ongevalsstatistieken	12
2.1	Inleiding	12
2.2	Buitenland	12
2.3	Nederland	13
2.4	NSWP enquête	13
2.4.1	Inleiding	13
2.4.2	Alle ongevallen	13
2.4.3	Auto-ongevallen	15
2.4.4	Overige ongevallen	17
2.5	Conclusies en <i>aanbevelingen</i>	18
3	Biomechanica onderzoek	21
3.1	Inleiding	21
3.2	Belasting en beweging	21
3.3	Achterwaartse vrijwilligersproeven	23
3.3.1	Lage snelheid	24
3.3.2	Middel snelheid	25
3.4	Conclusies en <i>aanbevelingen</i>	26
4	Toolontwikkeling	29
4.1	Inleiding	29
4.2	Crash dummies	29
4.3	Computermodellen	30
4.4	Conclusies en <i>aanbevelingen</i>	31
5	Europese regelgeving	33
5.1	Inleiding	33
5.2	Stoelen en hoofdsteunen	33
5.3	Achterwaartse botsingen	34
5.4	Conclusies en <i>aanbevelingen</i>	35
6	Produktontwikkeling	37
6.1	Inleiding	37
6.2	Bewegingsbeperking	37
6.3	Energie-absorptie	38
6.4	Conclusies en <i>aanbevelingen</i>	39

7	Toepassing produkten	40
7.1	Inleiding	40
7.2	Gebruik hoofdsteunen	40
7.3	Effectiviteit	41
7.4	Conclusies en <i>aanbevelingen</i>	42
8	Voorlichting	44
8.1	Inleiding	44
8.2	Campagne Voorkom Nekletsel	44
8.3	Rol consumentenorganisaties	46
8.4	Conclusies en <i>aanbevelingen</i>	46
9	Conclusies en aanbevelingen	48
10	Referenties	55
Bijlage A	NSWP enquête-formulier	
Bijlage B	TNO Rear Impact Dummy (TRID) nek	

1 Inleiding

1.1 Verkeers(on)veiligheid

Nederland telt nu ongeveer 6 miljoen personenauto's, meer dan een verdubbeling sinds 1970. Het verzadigingspunt lijkt nog lang niet bereikt te zijn¹. De gevolgen van deze motorisering zijn dramatisch, zowel voor ons milieu als voor de verkeersveiligheid. Enkele sprekende cijfers voor de verkeersveiligheid (zie o.a. [1] en [2]):

- Jaarlijks vallen er in Nederland ongeveer 1300 verkeersdoden; 12000 slachtoffers moeten in het ziekenhuis worden opgenomen. Daarnaast raken er jaarlijks meer dan 200.000 mensen zodanig gewond bij een verkeersongeval dat ze poliklinisch of door een huisarts geholpen moeten worden.
- Het verkeer is in Nederland de belangrijkste doodsoorzaak voor jongeren tussen de 15 en 25 jaar. Overlijden door een verkeersongeval veroorzaakt samen met kanker en hart- en vaatziekten het grootste verlies aan levensjaren in geïndustrialiseerde landen.
- De economische schade in ons land tengevolge van verkeersongevallen is zeer hoog. Schattingen van McKinsey gaan uit van minimaal 6 miljard gulden per jaar en dit is nog exclusief de kosten van preventie en het niet in geld te becijferen leed².
- Europees gezien ligt het aantal doden in het verkeer boven de 50.000 per jaar en het aantal gewonden bedraagt 1 miljoen. De mondiale cijfers zijn respectievelijk een half en 15 miljoen slachtoffers per jaar.

Voor Nederland wordt een stabilisatie of zelfs een lichte stijging verwacht van het aantal verkeersdoden en -gewonden. De verwachting is dat wereldwijd dit aantal nog sterk zal toenemen tengevolge van de toenemende motorisering in de ontwikkelingslanden.

¹ Men schat dat er op de gehele wereld 500 miljoen motorvoertuigen rondrijden [1].

² Recente berekeningen van de SWOV (zie [3]) laten zien dat deze schatting van McKinsey ruim 1 miljard gulden te laag is, aangezien het niet door de verzekering gedekte deel van de materiële schade veel groter is dan uit het McKinsey-onderzoek valt af te leiden.

1.2 Letselpreventieve maatregelen

Er kunnen vijf strategieën onderscheiden worden om het aantal verkeersdoden en -gewonden terug te brengen [1]:

Expositiebeïnvloeding

Men moet hierbij denken aan maatregelen die vervoerswijzen met een hoog risico beperken, waarbij overigens de persoonlijke vrijheid van de mens en zijn behoefte aan mobiliteit wel aangetast worden.

Gedragsbeïnvloeding

Door voorlichting, educatie of eventueel wettelijke maatregelen tracht men het gedrag van de mens zodanig te veranderen dat de ongevalskans of de kans op ernstig letsel vermindert. Een duidelijk voorbeeld vormen de campagnes om het gebruik van alcohol en drugs in het verkeer te verminderen en de campagnes om het (goed) gebruik van veiligheidsgordels en hoofdsteunen te stimuleren.

Ongevalspreventie

Het gaat hierbij veelal om technische maatregelen, gericht op het terugdringen van het aantal verkeersongevallen. Men spreekt hier vaak van actieve veiligheidsmaatregelen ten aanzien van het voertuig (bijv. ABS), maar ook het scheiden van verkeersstromen valt onder deze strategie.

Letselpreventie

Deze strategie is gericht op het aanbieden van bescherming bij een ongeval met het doel zowel het aantal letsels als de ernst ervan te verminderen. Men kan hierbij denken aan maatregelen betreffende het voertuig (bijv. kreukelzone), de omgeving (bijv. energie-absorberende lichtmast) of de weggebruiker zelf (bijv. helm). Men spreekt hier vaak van passieve veiligheidsmaatregelen.

Traumazorg

Men kan ervan uitgaan dat niet elk ongeval voorkomen kan worden en dat het bij een ongeval niet altijd mogelijk zal zijn letsels te voorkomen. Maatregelen op het gebied van de hulpverlening, de medische behandeling en de rehabilitatie kunnen de gevolgen van de letsels bij het verkeersslachtoffer reduceren.

Het werkterrein van de afdeling Botsveiligheid van TNO Wegtransportmiddelen is vooral de passieve verkeersveiligheid of letselpreventie. Letselpreventieve maatregelen (zoals gordels) vormen een zeer effectieve methode om het aantal en de ernst van letsels terug te dringen. Om vanuit een bepaalde probleemstelling tot letselpreventieve maatregelen (zowel produkten als wetgeving) te komen, worden vaak een aantal opeenvolgende fasen doorlopen:

1. *Ongevalsstatistieken/-analyses*

Het verzamelen en analyseren van ongevalsgegevens vormt het startpunt c.q. de basis. Hieruit blijkt wat in de praktijk gevaarlijke situaties zijn. Het is vaak de eerste aanzet tot probleemdefiniering. Na invoering van een maatregel kan de effectiviteit van de maatregel bepaald worden.

2. *Biomechanica onderzoek*

Het betreft hier fundamenteel onderzoek op basis van bovengenoemde probleemdefiniering. Onderzoek m.b.v. biologisch materiaal (bijv. vrijwilligers) wordt uitgevoerd om de eigenschappen van het menselijk lichaam onder specifieke (bots-)condities te bepalen.

3. *Tool ontwikkeling*

Op basis van het biomechanica onderzoek worden crash dummies (proefpoppen) of computermodellen van de mens ontwikkeld, die gebruikt kunnen worden voor verder onderzoek, produktontwikkeling en reglementering.

4. *Reglementering / testmethoden*

Ontwikkeling van testmethoden en opname hiervan in reglementen, om produkten te kunnen evalueren c.q. te keuren.

5. *Produktontwikkeling en -optimalisatie*

Op basis van de ongevalsstatistieken en het biomechanisch onderzoek, gebruik makend van crash dummies en computermodellen, maar vooral gestuurd door reglementen, worden nieuwe produkten ontwikkeld c.q. bestaande produkten geoptimaliseerd.

6. *Toepassing produkten*

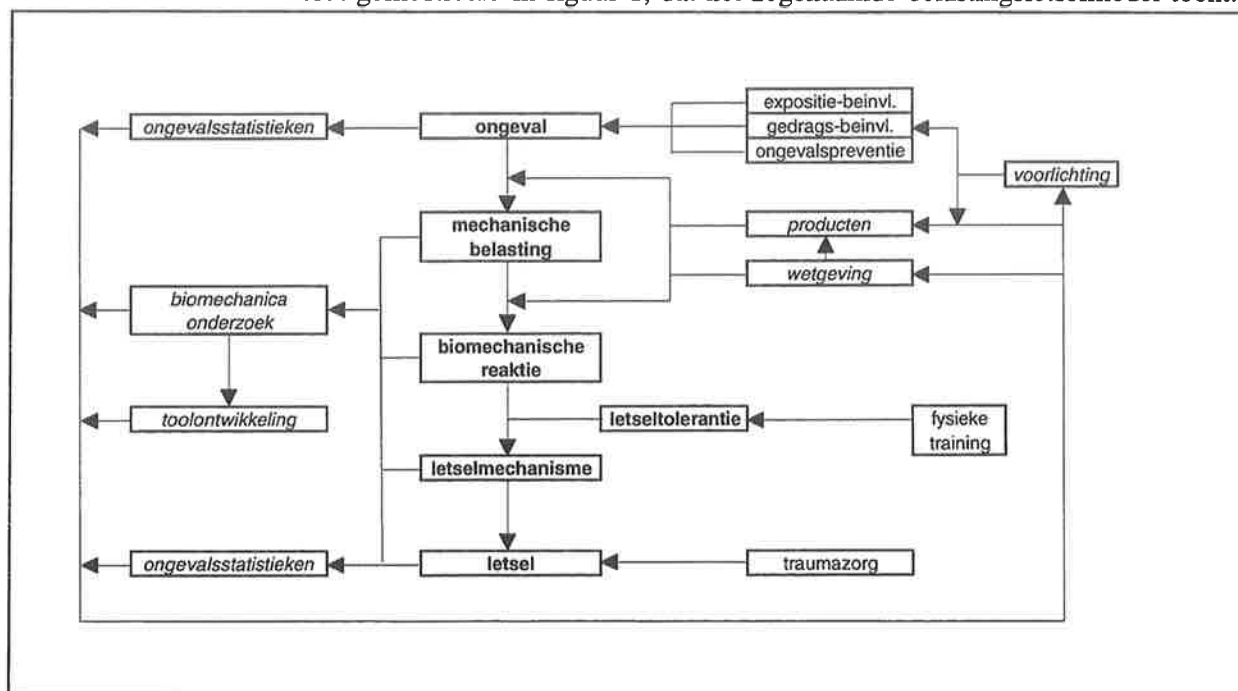
De produkten worden gebruikt in de praktijk en worden daarmee voor het eerst 'zichtbaar'. De voorgaande activiteiten zijn vaak niet bekend bij het publiek. Het effect (zie fase 1) kan worden gemeten.

7. *Voorlichting*

Voorlichting aan de gebruikers van de produkten omtrent (goed) gebruik, wetgeving, etc.

Bij totaal nieuwe produkten en maatregelen wordt dit traject bijna altijd sequentieel doorlopen, met een aantal tussentijdse terugkoppelingen. De produkten dienen vaak te voldoen aan internationale wetgeving. Afstemming van ongevalsstatistieken, uitwisseling van onderzoeksresultaten, ontwikkeling en acceptatie van tools en testmethoden, en uiteindelijk de acceptatie van een reglement vergen dan soms wel 20 jaar. Het kan dus lang duren voordat de produkten worden toegepast. Indien er al een produkt of wetgeving bestaat is de doorlooptijd korter, omdat er dan al kennis beschikbaar is en sommige activiteiten parallel uitgevoerd kunnen worden.

Het principe van letselpreventief onderzoek en letselpreventieve maatregelen wordt geïllustreerd in figuur 1, dat het zogenaamde belastingsletselmodel toont.



Figuur 1: *Belastingsletselmodel en mogelijke strategieën ter voorkoming van letsels (cursief letselpreventief onderzoek en maatregelen)*

Tevens wordt de input van de overige strategieën getoond. Middels expositie- en gedragsbeïnvloeding (o.a. voorlichting, boetes) en ongevalspreventieve maatregelen (bijv. radar afstandscontrole) wordt gepoogd een ongeval te voorkomen. Toch blijven ongevallen plaatsvinden en middels het bijhouden en analyseren van ongevalsstatistieken wordt inzicht verkregen in de (whiplash-)problematiek. Tevens kan de effectiviteit van bepaalde maatregelen bepaald c.q. geschat worden. Als gevolg van het ongeval werkt er een mechanische belasting op het lichaam, welke gereduceerd kan worden door letselpreventieve maatregelen, zoals het aanbrengen van een kreukelzone aan de achterkant van de auto. De mechanische belasting leidt tot een biomechanische reactie van het lichaam, dit is een verandering van positie en/of vorm van het lichaam of weefsel en iedere fysiologische verandering ten gevolge van deze mechanische veranderingen. Een voorbeeld aan een biomechanische reactie is het achterover roteren van hoofd en nek bij een achterwaartse botsing. Middels biomechanica onderzoek, waarvoor o.a. vrijwilligers worden gebruikt, wordt inzicht verkregen in de relatie tussen de mechanische belasting en de biomechanische reactie. Op basis van dit onderzoek worden mechanische (crash dummies) of mathematische modellen van de mens ontwikkeld. Deze tools worden gebruikt voor verder onderzoek, produktontwikkeling en reglementering. De biomechanische reactie kan beïnvloed worden door letselpreventieve produkten te gebruiken, zoals een hoofdsteun bij een achterwaartse botsing. Het gebruik hiervan kan worden

verbeterd middels voorlichting. De biomechanische reactie, ofwel de mechanische en/of fysiologische verandering in het weefsel, hoeft nog niet tot letsels te leiden. Pas indien een bepaalde grenswaarde (de letseltolerantie) wordt overschreden, zal een letsel ontstaan. Het mechanisme dat hieraan ten grondslag ligt wordt letselmechanisme genoemd. Niet ieder letsel heeft één vaste letseltolerantie, deze is o.a. afhankelijk van de leeftijd, gezondheid en geslacht van het slachtoffer. Onderzoek naar letselmechanismen en -toleranties is een van de belangrijkste doelstellingen van biomechanica onderzoek. Mogelijk kan via training de individuele letseltolerantie beïnvloed worden. Middels een adequate traumazorg wordt gepoogd de gevolgen van de letsels te reduceren.

Het vakgebied letselpreventie of botsveiligheid heeft zich de afgelopen decennia vooral gericht op het voorkomen en/of verminderen van de ernst van dodelijke en ernstige letsels. Bekende voorbeelden zijn te noemen, zoals kreukelzones, gordels en valhelmen, die hebben geleid tot een reductie van het aantal dodelijke en (zwaar)gewonde verkeersslachtoffers. Daarbij heeft de aandacht zich, wat de personenauto betreft, vooral gericht op frontale en zijdelingse botsingen. Sinds enkele jaren bestaat er meer 'belangstelling' voor minder ernstige letsels (bijv. knie/onderbeenletsels) en richt de analyse van ongevalsstatistieken, het biomechanica onderzoek en de toolontwikkeling zich óók op deze letsels. Zo staat 'whiplash' momenteel sterk in de belangstelling binnen dit vakgebied.

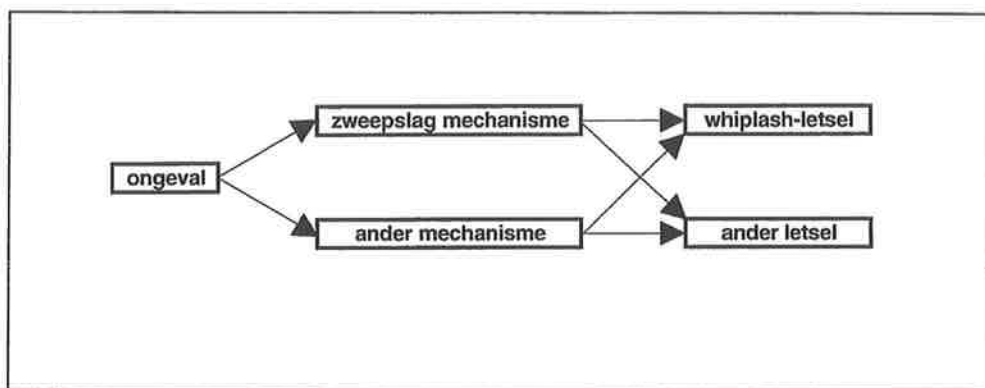
1.3 Whiplash

Al in 1923 werd whiplash beschreven in de medische literatuur. De term whiplash of whiplash-trauma wordt door medici vaak gebruikt om allerlei 'lichte' en soms vage klachten in de nek (en soms in het hoofd) te omschrijven, als gevolg van een ongeval waarbij geen aantoonbare afwijkingen als fracturen of luxaties kunnen worden waargenomen. Wel kunnen (micro-)beschadigingen van het zachte weefsel of van de tussenwervelschijven ontstaan zijn. De klachten treden meestal op binnen enkele uren na het ongeval en betreffen onder andere hoofd- en nekpijn, duizeligheid, vermoeidheid, depressiviteit, slapeloosheid en geheugenstoornis. De klachten zijn soms zo erg dat de patiënt met ziekteverlof moeten worden gestuurd. Bij veel patiënten verdwijnen de symptomen gelukkig na enkele maanden. In een aantal gevallen is er echter sprake van chronische klachten die dan vaak resulteren in blijvende arbeidsongeschiktheid.

'Whiplash' betekent letterlijk 'zweepslag' en hiermee wordt een heen- en weer slingeren van het hoofd tijdens een autobotsing bedoeld, hetgeen vaak als letselmechanisme voor de hiervoor genoemde klachten wordt aangegeven. Ook alternatieve benamingen als 'Schleuderverletzung' en 'acceleratie-deceleratie trauma' duiden op een mechanisme van heen- en weer slingeren. Uit diverse studies blijkt echter dat deze beweging van het hoofd als zodanig bij ongevallen nauwelijks optreedt en, zo het al optreedt, niet de oorzaak hoeft te zijn van de voor-

noemde klachten [4]. Ook andere mechanismen kunnen soortgelijke klachten veroorzaken (zie figuur 2).

Veel misverstanden ontstaan omdat de term 'whiplash' als mechanisme en als letsel door elkaar gebruikt wordt. Beter zou het zijn om termen als 'verrekking' of 'distorsie' van de cervicale wervelkolom als aanduiding voor dit letsel te hanteren. Omdat 'whiplash' al vele jaren ingeburgerd is wordt in dit rapport deze term verder wel gehanteerd, echter exclusief als aanduiding voor een traumatisch cervicaal letsel (nekletsel) en niet voor de diverse mechanismen die het letsel veroorzaakt zouden kunnen hebben.



Figuur 2: Letselmechanismen en whiplash-letsel

1.4 Vraagstelling onderzoek

De afdeling Botsveiligheid van TNO Wegtransportmiddelen heeft, met een financiële bijdrage van de Stichting Achmea Slachtoffer en Samenleving, onderzoek verricht naar whiplash. De doelstelling van het onderzoek was:

Het geven van adviezen en voorlichting ten aanzien van de preventie van whiplash-letsels en het opstellen van richtlijnen voor de hoofdsteun-stoel constructie t.b.v. de preventie van whiplash-letsels bij achteraanrijdingen.

Het onderzoek heeft zich vooral gericht op fase 1 en 2, zoals beschreven in paragraaf 1.2:

Fase 1: Ongevalsestatistieken

Deze studie betreft een analyse van de whiplash problematiek in Nederland op basis van een enquête die in 1995 werd gehouden door de Nederlandse Stichting Whiplash Patiënten (NSWP). Doel van deze studie is nadere informatie te verkrijgen over de ongevalsomstandigheden die leiden tot whiplash-klachten.

Fase 2: Biomechanica onderzoek

Het betreft hier een analyse van in het buitenland uitgevoerde reconstructies van achteraanrijdingen d.m.v. botsproeven met vrijwilligers. Het doel van deze studie is het verkrijgen van inzicht in de beweging van het hoofd/nek systeem tijdens een achterwaartse botsing en het opstellen van eisen t.b.v. de ontwikkeling en validatie van crash dummies en computermodellen.

De resultaten van deze separate studies worden gepresenteerd in respectievelijk hoofdstuk 2 en 3. Omdat dit rapport onderdeel vormt van de advisering en voorlichting, zoals genoemd in hiervoor beschreven doelstelling, bevatten deze hoofdstukken ook aanvullende informatie en wordt in de hoofdstukken 4 t/m 8 telkens een korte samenvatting gegeven van de stand van zaken betreffende de overige fasen, zoals beschreven in paragraaf 1.2. Ten slotte wordt in hoofdstuk 9 een samenvatting gegeven van de belangrijkste conclusies en aanbevelingen. Hiermee geeft dit rapport een 'state-of-the-art' overzicht van de whiplash-problematiek vanuit het gezichtspunt van de botsveiligheid c.q. de preventie van whiplash (bij achteraanrijdingen).

2 Ongevalsstatistieken

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de omvang van de whiplash problematiek, zowel in Nederland als daarbuiten. Hiervoor is gebruik gemaakt van reeds eerder bekende gegevens en van de resultaten van de analyse van een enquête gehouden door de Nederlandse Stichting Whiplash Patiënten (NSWP).

2.2 Buitenland

Nekletsels ten gevolge van verkeersongevallen leiden tot veel menselijk leed en grote maatschappelijke kosten, veroorzaakt door het grote aantal slachtoffers en door het grote risico op blijvende klachten c.q. invaliditeit. Een Zweedse studie laat zien dat het risico op blijvende neklachten na een achteraanrijding 10% bedraagt, tegenover 0.1% bij andere letsels c.q. andere verkeersongevallen [5]! Deze resultaten worden bevestigd in een recente Engelse studie, die tevens aangeeft dat er in Engeland jaarlijks 170.000 verkeersslachtoffers whiplash-letsel oplopen [6].

Volgens gegevens van Duitse auto-verzekeraars wordt 50% van alle letsels veroorzaakt door een achteraanrijding en lopen 90% van de slachtoffers in een dergelijk ongeval nekletsels op [7]. Zo is er in Duitsland bij tenminste 100.000 aanrijdingen per jaar sprake van minimaal één slachtoffer met een whiplash-trauma. Hierbij zijn tweemaal meer vrouwen dan mannen vertegenwoordigd. Verder werd gevonden dat deze letsels ten gevolge van achteraanrijdingen vooral optreden bij lage botssnelheden, meestal lager dan 25 km/u. In 1994 werden de maatschappelijke kosten van nekletsels ten gevolge van auto-ongevallen in Duitsland geschat op 1.5 miljard gulden per jaar.

De jaarlijkse maatschappelijke kosten van nekletsels ten gevolge van (alleen) achteraanrijdingen in Zweden (8 miljoen inwoners) worden geschat op een half miljard gulden [8]. Een Zweeds onderzoek [9] laat zien dat het risico op whiplash bij een achteraanrijding in een kleine, lichte auto 4x zo groot is dan in een grote, zware auto.

Een kostenschatting van nekletsels ten gevolge van achteraanrijdingen binnen de Europese Unie komt op 10 tot 20 miljard gulden per jaar.

Ook buiten Europa zijn de cijfers dramatisch hoog. In 1972 werden de jaarlijkse *whiplash* kosten in de USA al op 10 miljard dollar geschat [10]. In British Columbia (3 miljoen inwoners), Canada, hadden 68% van de verzekeringsclaims betreffende motorvoertuigen ongevallen in 1989 betrekking op nekletsels ten gevolge van achteraanrijdingen [11]. De kosten van de 32000 claims per jaar werden geschat op bijna 1 miljard gulden. Uit gegevens van Japanse verzekeraars is bekend dat meer dan 50% van de verkeersletsels betrekking hebben op de nek, waarvan 65% ten gevolge van achteraanrijdingen [12]. Uit de Japanse cijfers blijkt dat in 15-20% van de gevallen sprake is van blijvende klachten.

Alle studies maken melding van een sterke toename van nekletsels c.q. kosten gedurende het afgelopen decennium.

2.3 Nederland

Een studie van de SWOV laat zien dat in de periode 1983-1991 het jaarlijks aantal achteraanrijdingen in Nederland met 29% is toegenomen en het aantal nekletsels met 54% [13]. Reeds in 1976/1977 vond de SWOV opmerkelijk veel neklachten (50%) in de categorie achteraanrijdingen, die slechts 10% besloeg van alle auto-ongevallen.

Een TNO onderzoek in opdracht van de Raad voor de Verkeersveiligheid laat zien dat het aantal whiplash-slachtoffers in Nederland ten gevolge van verkeersongevallen zoals bekend bij de WA-motorrijtuigenverzekeraars circa 11.000 per jaar bedraagt. De uitkeringen door de WA-verzekeraars ten gevolge van whiplash-letsels werden voor 1994 geschat op 300 miljoen gulden en de totale gevolgkosten in Nederland op meer dan 600 miljoen gulden. De totale omvang van het aantal whiplash-slachtoffers in Nederland wordt tussen de 15.000 en 30.000 per jaar geschat [14].

2.4 NSWP enquête

2.4.1 Inleiding

In de tweede helft van 1995 heeft de Nederlandse Stichting Whiplash Patiënten (NSWP) enquête-formulieren gestuurd naar enkele duizenden donateurs en mensen die informatie vroegen over whiplash en de NSWP (zie bijlage A). Een groot aantal formulieren is ingevuld en teruggestuurd naar de NSWP. De afdeling Botsveiligheid van TNO, met een financiële bijdrage van de Stichting Achmea Slachtoffer en Samenleving, heeft de verwerking en analyse van deze whiplash-enquête uitgevoerd [15]. Hierna volgt een samenvatting van deze studie.

2.4.2 Alle ongevallen

TNO heeft 2355 formulieren ingevoerd in een computerbestand. De leeftijd van de respondenten varieert van 6 jaar tot 79 jaar, met een gemiddelde van 39 jaar. Tabel 1 toont de leeftijdsverdeling.

Tabel 1: *Leeftijd van de slachtoffers*

Leeftijd (jr)	Aantal	Percentage (%)
00-15	10	0.4
15-20	38	1.6
20-25	238	10.1
25-40	1033	43.9
40-65	989	42.0
65+	33	1.4
onbekend	14	0.6
totaal	2355	100.0

Het aandeel kinderen en bejaarden is relatief laag, maar dat kan veroorzaakt zijn door het feit dat de enquête naar een specifieke doelgroep is gestuurd.

Het merendeel (86%) is tussen de 25 en 65 jaar oud. Onder de slachtoffers zijn duidelijk meer vrouwen (74%) dan mannen (26%) vertegenwoordigd. Het grootste deel van de whiplash-klachten (84%) is veroorzaakt door een auto-ongeval. Overige ongevallen (16%) betreffen o.a. overige verkeersongevallen, sportongevallen, privé-ongevallen en bedrijfsongevallen.

De ongevallen vonden plaats tussen maart 1939 en december 1995. De klachten begonnen soms meteen, soms na enkele dagen of zelfs 21 jaar later, met een gemiddelde van 18 dagen na het ongeval. Om de invloed van uitschieters te beperken is in de studie een limiet van 5 jaar aangehouden als tijdsduur tussen het ongeval en het ontstaan van de klachten. Hierdoor wordt de gemiddelde tijdsduur tot klachten 13 dagen. Een beter beeld kan worden verkregen door te kijken naar de middelste waarde (de 'mediaan'³) van een rij oplopende getallen. De tijdsduur tot klachten wordt dan 0 dagen (ofwel 'meteen') en dat stemt meer overeen met het feit dat de meeste mensen (72%) meteen c.q. binnen 1 dag klachten ervaren (zie tabel 2).

Tabel 2: Spreiding in ontstaan klachten (dagen na ongeval)

Tijdsduur ontstaan klachten (dag)	Slachtoffers (aantal)	Slachtoffers (%)
< 1	1696	72
< 7	379	16
< 31	137	6
< 183	116	5
< 365	11	0
> 365	16	1
totaal	2355	100

Opvallend is dat de klachten bij vrouwen gemiddeld eerder ontstaan dan bij mannen: respectievelijk 9 en 21 dagen na het ongeval (de mediaan is echter gelijk: 0 dagen).

In 84% van de verwerkte formulieren wordt vermeld dat whiplash is vastgesteld door de huisarts of een specialist, variërend in tijd van dezelfde dag tot 55 jaar na het ongeval. De gemiddelde tijdsduur bedraagt 5 maanden voor de huisarts en 14 maanden na het ongeval voor de specialist. De middelste waarde (mediaan) is hier respectievelijk 5 en 80 dagen. Opvallend is het grote aantal opmerkingen dat te vinden is op de enquête-formulieren over de rol van de (para-)medische beroepsgroepen bij de vaststelling van de diagnose. Nog steeds weten veel artsen/therapeuten niet wat whiplash is c.q. de klachten/symptomen van whiplash zijn. Vaak wordt gesteld dat stress/spanning de oorzaak is van de klachten. Tevens wordt vaak gesteld door artsen dat whiplash alleen kan optreden bij een

³ Dit wil zeggen dat 50% van de getallen kleiner is dan de middelste waarde (mediaan) en 50% groter.

achter-aanrijding. Het bezoek aan de huisarts i.v.m. whiplash-klachten is de laatste jaren sterk gestegen, van enkele slachtoffers per jaar in de periode tot 1985 tot ruim 400 in 1995 (van de 2355 in dit bestand).

2.4.3 Auto-ongevallen

Van de 1978 auto-ongevallen in dit bestand, was de verdeling als volgt:

- achter-aanrijding : 51%
- voor-aanrijding : 19%
- zij-aanrijding : 14%
- kettingbotsing : 15%
- onbekend/anders : 1%

Het totaal van achter-aanrijdingen en kettingbotsingen is 66% tegenover 33% andere aanrijdingen. Tabel 3 toont een aantal opmerkelijke verschillen tussen deze typen aanrijdingen.

Tabel 3: Verschillen tussen achter/ketting- en voor/zij-aanrijdingen

Parameter	Achter/ketting	Voor/zij
aantal	66%	33%
reparatiekosten:		
- gemiddeld (fl.)	5854	9458
- total-loss	34%	49%
airbags:		
- aanwezig	1%	1%
- waarvan in werking	9%	33%
zien aankomen	25%	54%
contact interieur	34%	63%
zichtbare verwondingen	10%	36%
stilstaan verkeerslicht	38%	5%
constatering huisarts:		
- dagen gemiddeld	104	234
- dagen middelste	3	7

De reparatiekosten variëren van 0 tot 80.000 gulden en zijn gemiddeld hoger bij voor/zij-aanrijdingen. Ook zijn auto's vaker total-loss na dergelijke aanrijdingen. Airbags treden vaker in werking bij voor/zij-aanrijdingen, maar dit is relatief nog zo weinig (33% van 1%) dat niet geconcludeerd kan worden dat airbags invloed hebben op het ontstaan van whiplash-letsels.

Veel slachtoffers hebben het ongeval niet zien aankomen en dus niet geanticipeerd, bijvoorbeeld door de spieren te spannen. In de categorie achter-aanrijdingen is dit percentage zelfs 74%. Opvallend is dat de klachten bij auto-inzittenden die het ongeval niet hebben zien aankomen gemiddeld eerder ontstaan dan bij hen die het ongeval wel hebben zien aankomen: 9 dagen versus 18 dagen (de middelste waarde is gelijk: 0 dagen). Bij voor/zij-aanrijdingen treedt vaak con-

tact op met het auto-interieur⁴ en hebben de slachtoffers vaker zichtbare verwondingen opgelopen dan bij achter/ketting-aanrijdingen. Whiplash-letsels ontstaan dus niet alleen ten gevolge van een vrije 'zweepslag' beweging van hoofd en nek, maar ook ten gevolge van andere mechanismen (zie ook paragraaf 1.3). De helft van de auto-ongevallen vond plaats binnen de bebouwde kom. Whiplash wordt ook wel 'traffic light disease' genoemd, maar slechts 38% van de auto's betrokken bij een achter/ketting-aanrijding stond stil voor een verkeerslicht. Bij de overige typen aanrijdingen speelt dit verschijnsel nauwelijks een rol. Constatering van whiplash door de huisarts vindt bij voor/zij-aanrijdingen later plaats dan bij achter/ketting-aanrijdingen, bij 50% van de slachtoffers later dan 7 dagen na het ongeval. Mogelijk wordt er minder snel aan whiplash gedacht bij dergelijke aanrijdingen, of wordt er eerst aandacht besteed aan andere (zichtbare) letsels.

TNO heeft de betrokken auto's (ruim 300 verschillende typen/modellen) verdeeld over 4 gewichtsklassen. Opvallend is dat 40% van de vrouwen rijdt in een auto uit de lichtste klasse (tot 900 kilo), terwijl slechts 17% van de mannen in een dergelijke auto rijdt. Uit buitenlands onderzoek is bekend dat het risico op whiplash in een kleine auto groter is dan in een grote, zware auto. Het merendeel van de slachtoffers (87%) geeft aan dat er een gordel werd gedragen tijdens het ongeval. In 86% van de auto's/zitplaatsen was een hoofdsteun aanwezig. Hierbij waren relatief weinig passagiers, deze zitten vooral in de categorie 'geen hoofdsteun' en het betreft dan vaak achter-passagiers. Een hoofdsteun kan bescherming bieden bij achter-aanrijdingen, mits deze goed is afgesteld. Uit de ingevulde gegevens is een relatie af te leiden tussen de lichaamslengte van het slachtoffer en de ingestelde hoogte van de hoofdsteun, dus blijktbaar is er wel sprake van een bewuste instelling. Op enkele formulieren is aangegeven dat de stoel was afgebroken ten gevolge van het ongeval.

Teneinde een eventueel aanwezig tijdseffect te bestuderen zijn de auto-ongevallen van vóór 1985 vergeleken met die vanaf 1990. Tabel 4 toont een overzicht van opmerkelijke verschillen.

De meeste auto-ongevallen in dit bestand vonden in 1990 of later plaats (81%). Bij de ongevallen die voor 1985 plaatsvonden is minder vaak een gordel aanwezig c.q. gedragen (51%) dan bij de latere ongevallen (90%) en is eveneens minder vaak een hoofdsteun aanwezig (42% versus 91%). Het blijkt dat het aandeel van achter-aanrijdingen is toegenomen met 6%, maar het aandeel van kettingbotsingen is afgenomen met eenzelfde percentage. Het gemiddelde aantal dagen tot het ontstaan van klachten bedraagt 77 dagen voor de ongevallen vóór 1985 en 6 dagen voor de ongevallen die in 1990 of later plaatsvonden (de middelste waarde is echter gelijk: 0 dagen).

⁴ Contact met de hoofdsteun is ook gedefinieerd als 'contact met interieur', hetgeen vooral van belang is in de categorie achter/ketting-aanrijdingen.

Tabel 4: Verschillen tussen oude en recente auto-ongevallen

Parameter	Auto-ongevallen voor 1985	Auto-ongevallen vanaf 1990
aantal	6%	81%
gordel gedragen	51%	90%
airbag aanwezig	0%	1%
hoofdsteen aanwezig	42%	91%
klachten:		
- dagen gemiddeld (<5jr)	77	6
- dagen middelste	0	0
constatering huisarts:		
- aantal	21%	61%
- dagen gemiddeld	3979	40
- dagen middelste	3552	4

Constatering van whiplash door een huisarts kwam vroeger voor bij 21% van de slachtoffers en nu bij 61% van de slachtoffers. Vroeger zaten er gemiddeld meerdere jaren tussen deze diagnose en het tijdstip van het ongeval, tegenwoordig gemiddeld 40 dagen. Ook de middelste waarde (mediaan) verschilt hier nogal, van ongeveer 10 jaar vroeger tot 4 dagen nu. Dit laatste betekent dus de huisarts tegenwoordig de diagnose whiplash voor 50% van de slachtoffers binnen 4 dagen na het auto-ongeval stelt en voor 50% later dan 4 dagen na het auto-ongeval.

2.4.4 Overige ongevallen

Het aantal verkeersongevallen waarbij het slachtoffer niet in een auto zat bedraagt 132 (6% van totale bestand). Het betreft hier fietsongevallen (61%), bromfiets/motorongevallen (27%) en tenslotte ongevallen met een openbaar vervoermiddel (13%). Het aantal niet-verkeersongevallen in het bestand bedraagt 245 (10% van totale bestand). Het betreft hier o.a. vallen (22%), voorwerp tegen hoofd (19%), hoofd tegen voorwerp (16%), skiën/schaatsen (13%), andere sporten (10%), val van paard (4%) en diversen (17%). In tabel 5 worden de belangrijkste verschillen met auto-ongevallen samengevat.

Het aandeel vrouwen is in de categorieën overige- en niet verkeersongevallen nog groter dan in de categorie auto-ongevallen.

Slechts 1% van de slachtoffers van een niet-verkeersongeval heeft het ongeval zien aankomen. Slachtoffers van overige verkeersongevallen (o.a. fiets, bromfiets en motor) lopen veel vaker zichtbare verwondingen op. Het gemiddeld aantal dagen tussen het ongeval en het ontstaan van de klachten verschilt niet zoveel voor de diverse soorten ongevallen en de mediaan is zelfs gelijk. Toch wordt whiplash later en ook minder vaak geconstateerd door een huisarts indien het niet een auto-ongeval betreft. Bij slechts 1/3 deel van de patiënten met klachten na een niet auto-ongeval constateert de huisarts whiplash-letsel en dat is bij 50% van deze patiënten dan ook nog later dan 4 weken na het ongeval, d.w.z. de mediaan is (ongeveer) 28 dagen (zie tabel 5).

Opvallend is verder dat er veel minder vaak politie aanwezig is geweest bij de overige verkeersongevallen (48%) dan bij auto-ongevallen (85%) en dat de aanwezige politie ook minder vaak proces-verbaal opmaakt (27% versus 84%).

Tabel 5: Verschillen tussen auto-ongevallen, overige verkeersongevallen en niet verkeersongevallen

Parameter	Auto-ongevallen	Overige verkeersongevallen	Niet verkeersongevallen
aantal	84%	6%	10%
vrouwen	73%	80%	79%
zien aankomen	35%	14%	1%
zichtbare verwondingen	19%	39%	7%
klachten:			
- dagen gemiddeld (<5jr)	12	14	16
- dagen middelste	0	0	0
constatering huisarts:			
- aantal	56%	36%	33%
- dagen gemiddeld	143	179	189
- dagen middelste	4	26	31

2.5 Conclusies en aanbevelingen

Whiplash-letsel⁵ is het meest frequent voorkomend letsel bij verkeersongevallen en het neemt in omvang nog steeds toe. Mondiaal, maar ook nationaal, gezien zijn de maatschappelijke kosten hoog en is er veel menselijk leed, o.a. vanwege het feit dat het aandeel slachtoffers met blijvende klachten c.q. beperkingen relatief hoog is. In Nederland komen er jaarlijks 15.000 tot 30.000 nieuwe whiplash-slachtoffers bij en de totale jaarlijkse kosten in Nederland worden inmiddels geschat op 1 miljard gulden.

Globaal 4.500 whiplash-patiënten in Nederland zijn donateur van de Nederlandse Stichting Whiplash Patiënten (NSWP). Zij hebben, samen met enkele duizenden andere belangstellenden⁶, een enquête-formulier ontvangen van de NSWP. Hoewel de respons goed was (globaal 1/3 deel), is deze groep niet per definitie

⁵ In de literatuur ook licht nekletsel of zacht-weefselletsel genoemd.

⁶ Voornamelijk mensen die naar aanleiding van de campagne "Voorkom Nekletsel" informatie hebben opgevraagd bij de NSWP.

representatief voor alle whiplash-patiënten⁷. Toch zijn een aantal interessante trends waar te nemen. Een aanzienlijk deel van de ongevallen betrof een auto-ongeval, maar ook (brom)fiets-, motor-, bus-, sport-, privé- en bedrijfsongevallen komen in het bestand voor. Ruim 50% van de slachtoffers was betrokken bij een achter-aanrijding of kettingbotsing, de twee typen aanrijdingen die vaak worden geassocieerd met whiplash. Maar dit betekent ook dat bijna 50% van de slachtoffers het letsel heeft opgelopen tijdens een ander ongeval, al dan niet gepaard gaande met hoofdcontact. Het blijkt dat whiplash ten gevolge van deze andere ongevallen minder frequent en minder snel na het ongeval wordt geconstateerd door een (huis)arts, hoewel de klachten vaak ook al meteen beginnen. In verband met een adequate behandeling is het nodig dat de patiënt binnen 24 uur na het ongeval een arts raadpleegt. *Hulpverleners, politie en artsen dienen dan ook alert te zijn op whiplash-letsel, ook bij andere ongevallen dan achter-aanrijdingen of kettingbotsingen, en ook als er andere (bijv. hoofd) verwondingen zijn.*

De verhouding vrouwen/mannen onder de dodelijke en zwaargewonde verkeersslachtoffers bedraagt globaal 1:2. Onder de whiplash-patiënten is deze verhouding net andersom, namelijk 2:1 (of zelfs 3:1 volgens de onderhavige NSWP enquête). Als bestuurder rijden vrouwen vaak in kleine auto's en uit buitenlands onderzoek is bekend dat bij deze auto's het risico op whiplash ten gevolge van achteraanrijdingen of kettingbotsingen groter is dan bij grote, zware auto's. Ook is de musculatuur van vrouwen enigszins minder ontwikkeld dan die van mannen, waardoor vrouwen kwetsbaarder zijn. Maar de vraag is of spieren c.q. spierkracht wel een rol speelt bij het ontstaan van whiplash. Veel slachtoffers hebben het ongeval niet zien aankomen en dus ook niet geanticipeerd⁸. Vrouwen zijn echter ook frequent passagier en met name *op de achterbank ontbreken nogal eens de hoofdsteunen. Middels wetgeving dient deze situatie verbeterd te worden.*

Gordels worden nu vaker gedragen dan 20 jaar geleden. Er wordt nogal eens gedacht dat gordels of airbags de oorzaak zijn van whiplash-letsels. Het is wel bekend dat het aantal lichte nekletsels (waartoe whiplash wordt gerekend) is toegenomen sinds de invoering van de gordeldraagplicht, maar daar staat tegenover dat het aantal ernstige (nek)letsels sterk is gereduceerd. *Middels voorlichting, educatie en sancties dient het gebruik van gordels dan ook nog steeds gestimuleerd te worden.* Hetzelfde geldt voor airbags, waarbij onder bepaalde omstandigheden ook negatieve effecten kunnen optreden, maar die in het algemeen een positieve letselpreventieve werking laten zien.

⁷ Waarschijnlijk worden vooral chronische patiënten lid van een dergelijke belangenvereniging. Verder zijn niet alle patiënten in staat een enquête-formulier in te vullen. Uit onderzoek is bekend dat vrouwen eerder lid worden van een dergelijke belangenvereniging dan mannen.

⁸ Het huidige biomechanica onderzoek van TNO richt zich o.a. op de werking van de nekspieren tijdens een botsing: in hoeverre kunnen deze reflexmatig reageren en wat is dan de invloed op de hoofdbeweging en de interne nekkrachten?

Ongevalsexstatistieken vormen de basis voor verder onderzoek, reglementering en het meten van effecten van maatregelen. In Nederland bestaan geen grote databestanden met zeer gedetailleerde gegevens zoals deze bijvoorbeeld in de ons omringende landen en in de USA, Japan en Australië zijn opgezet door de overheid en/of verzekeraars. *Nederland dient een (in-depth) ongevalsexstatistieken-systeem in te voeren dat aansluit bij de overige (West)Europese landen.*

Op het terrein van de whiplash-problematiek kunnen de inzichten verder toeneemen door:

- *Een vervolg-enquête te houden onder een geselecteerde groep whiplash-patiënten uit het huidige NSWP/TNO computerbestand;*
- *Bestanden van verzekeraars te koppelen en te analyseren m.b.t. whiplash-ongevallen;*
- *Specifieke vragen te stellen m.b.t. whiplash-klachten bij een (volgende) bevolkingsenquête.*

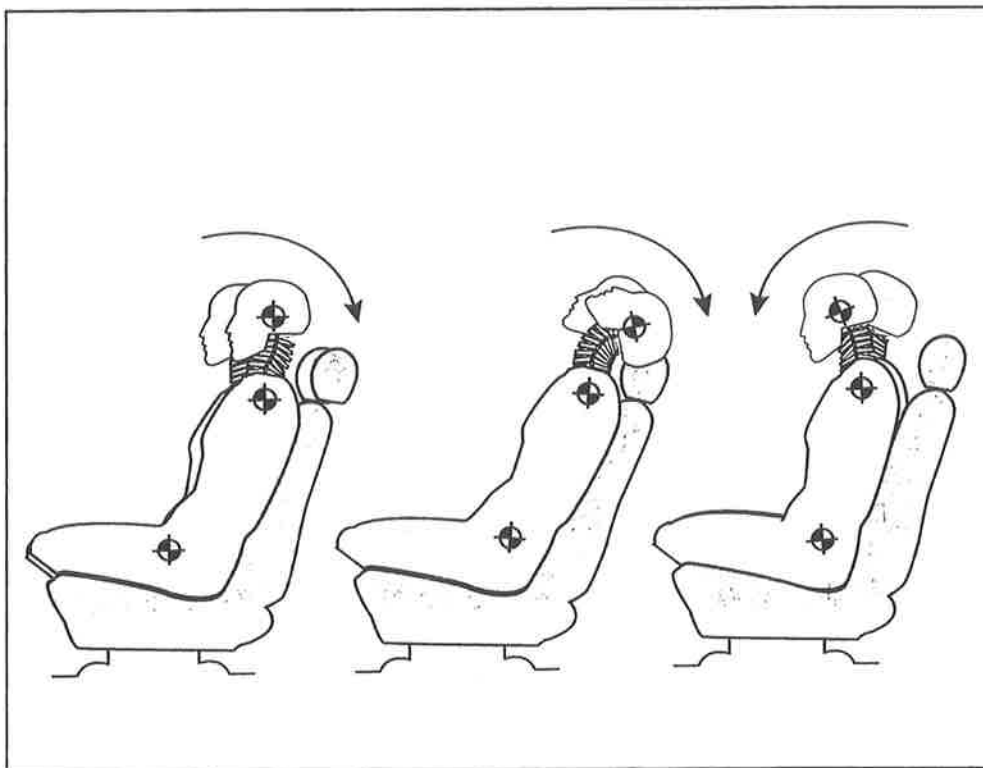
3 Biomechanica onderzoek

3.1 Inleiding

Bijna 30 jaar geleden werden er in de USA al vrijwilligersproeven uitgevoerd om inzicht te verkrijgen in de whiplash problematiek [16]. Daarna zijn er in diverse laboratoria over de gehele wereld dergelijke, al dan niet goed gedocumenteerde, vrijwilligersproeven uitgevoerd, waarbij vooral is gekeken naar achterwaartse botsingen. De afdeling Botsveiligheid van TNO, met een financiële bijdrage van de Stichting Achmea Slachtoffer en Samenleving, heeft een literatuurstudie uitgevoerd naar vrijwilligersproeven in relatie tot whiplash [17]. In dit hoofdstuk wordt deze studie samengevat.

3.2 Belasting en beweging

Het internationaal biomechanica onderzoek betreffende whiplash richt zich voornamelijk op achterwaartse botsingen. Door deze botsing wordt de auto en dus ook de auto-stoel naar voren geschoven. Vanwege de massa-traagheid van het lichaam blijft dit achter bij de auto-beweging. Het lichaam beweegt dus ten opzichte van de auto naar achteren (zie figuur 3).



Figuur 3: Beweging van hoofd/nek bij een achterwaartse botsing

De rug wordt in de stoelleuning gedrukt en afgeremd, terwijl het hoofd nog verder naar achteren beweegt. Indien er geen hoofdsteun aanwezig is roteert het hoofd achterover, de zogenaamde hyper-extensie van het hoofd. Tegelijkertijd wordt de nek in lengte-richting uitgerekt. Dit kan leiden tot beschadigingen van het zachte weefsel in de nek (incl. zenuwen) of zelfs tot fracturen. Indien er wel een hoofdsteun aanwezig is wordt het hoofd hierdoor op een bepaald moment afgeremd. Er werkt dan een kracht op het hoofd die doorgegeven wordt naar de nek, de zogenaamde afschuivingskracht. Ook dit kan, indien deze kracht te groot is, aanleiding geven tot beschadigingen.

Doordat de stoelleuning en eventueel aanwezige hoofdsteun enigszins elastisch zijn (o.a. in verband met het zitcomfort), wordt het lichaam na deze eerste beweging naar achteren vervolgens naar voren geworpen, de zogenaamde 'rebound' (zie figuur 3). Dit wordt gezien als de klassieke whiplash-beweging. Het lichaam wordt vervolgens opgevangen door de gordels en het hoofd beweegt verder naar voren, de zogenaamde flexie-beweging, gecombineerd met wederom een uitrekking van de nek. Afhankelijk van de snelheid van het hoofd in deze rebound-beweging, die wordt beïnvloed door de vorm en elasticiteit van de stoel/hoofdsteun constructie, zouden er in deze fase ook nog beschadigingen kunnen optreden. De energie-inhoud van deze rebound flexie-beweging ten gevolge van een achterwaartse botsing is echter (meestal) veel lager dan bij een flexie-beweging ten gevolge van een frontale botsing.

Uit het belastingsletselmodel (figuur 1) wordt duidelijk dat er twee mogelijke interventie strategieën zijn om letsels te voorkomen:

- Verlagen van de mechanische belasting op het lichaam;
- Beïnvloeden van de biomechanische reactie.

Aangezien de letselmechanismen en -toleranties betreffende whiplash nog niet bekend zijn, heeft TNO deze strategieën vertaald in een hypothese:

Het risico op whiplash-letsel kan worden gereduceerd door de directe en indirecte belasting⁹ op en de beweging van het hoofd/nek systeem te beperken.

De analyse van de vrijwilligersproeven heeft zich dan ook gericht op de parameters 'belasting' en 'beweging' van het hoofd/nek systeem.

Aan de derde mogelijkheid tot interventie, training om de letseltolerantie te verhogen, wordt binnen de letsel-biomechanica nauwelijks of geen aandacht besteed. Dit is echter wel een interessante optie in relatie tot bijvoorbeeld lichamelijke opvoeding op scholen.

⁹ Directe belasting middels contact, bijvoorbeeld hoofd tegen hoofdsteun, en indirecte belasting ten gevolge van de massa-traagheidseffecten, d.w.z. de torso wordt vastgehouden en het hoofd beweegt verder.

3.3 Achterwaartse vrijwilligersproeven

De studie van TNO (zie [17]) heeft zich gericht op statische en dynamische proeven met vrijwilligers. De dynamische proeven betreffen auto-auto botsingen of nabootsingen hiervan middels slede-proeven. In het laatste geval wordt een stoel met vrijwilliger op een slede geplaatst die met een bepaalde snelheid achterwaarts tegen een obstakel botst en daardoor wordt vertraagd. Omdat de vrijwilligers niet blootgesteld kunnen worden aan belastingen/bewegingen boven de tolerantiegrens, is de snelheid bij achterwaartse botsingen vaak beperkt (maximaal 35 km/u).

Statische, vrijwillige bewegingen van het hoofd ten opzichte van de torso geven inzicht in de maximale rotatiehoek voorwaarts (flexie) en achterwaarts (extensie), die mensen zelf kunnen uitvoeren. De resultaten variëren nogal per studie, o.a. veroorzaakt door het feit dat de hoeken bij vrouwen groter zijn dan bij mannen en voor jonge mensen groter dan voor oude mensen. De maximale vrijwillige flexiehoek van het hoofd ten opzichte van de torso bedraagt 50 tot 90 graden en de maximale vrijwillige extensiehoek 40 tot 90 graden. De gemiddelde flexiehoek en de gemiddelde extensiehoek van de vrijwilligers is ongeveer 70 graden. De maximale vrijwillige hoeken reduceren sterk indien het hoofd niet alleen voorwaarts/achterwaarts roteert, maar bijvoorbeeld eerst om een verticale as wordt gedraaid. Dit betekent concreet dat een hoofd niet zo ver achterover kan buigen tijdens een achterwaartse botsing indien de betrokkene (toevallig) opzij kijkt!

De statisch toelaatbare belasting op het hoofd/nek systeem is ook onderzocht. De afschuifkrachten op de hoofd/nek verbinding bedroegen 200 tot 300 N¹⁰ in voorwaartse richting en 400 tot 900 N in achterwaartse richting. Deze 900 N werd gevoeld als maximaal toelaatbaar. De verticaal toelaatbare kracht, d.w.z. het uitrekken van de nek, was 1100 N. Het toelaatbare buigend moment om de hoofd/nek verbinding was 25 Nm¹¹ in flexie en 20 Nm in extensie. Boven genoemde waarden is de kans op letsel groot¹².

De dynamische testen worden in het algemeen verdeeld in lage, middel en hoge snelheidstesten. Achterwaartse testen met vrijwilligers worden meestal uitgevoerd met auto-auto botssnelheden tot 15 km/u (laag) of in de range 15-35 km/u

¹⁰ 10 Newton is ongeveer gelijk aan 1 kg (zwaarte)kracht.

¹¹ Een kracht van 1 N met een arm van 1 m. 25 Nm is bijvoorbeeld een horizontale kracht van 500 N (50 kg) door het zwaartepunt van het hoofd dat ligt op een afstand van 0.05 m (5 cm) van de hoofd/nek verbinding (OC gewricht).

¹² De resultaten van de dynamische testen mogen eigenlijk niet vergeleken worden met deze statische waarden, maar bij gebrek aan dynamische tolerantie-waarden geeft het wel een eerste indicatie.

(middel). De slede botssnelheden worden vaak vertaald naar deze auto-auto snelheden¹³.

3.3.1 Lage snelheid

Het Japanese Automobile Research Institute (JARI) heeft in 1993 en 1995 een serie vrijwilligerstesten uitgevoerd, bestaande uit auto-auto botsingen en sledetesten. De snelheden bedroegen maximaal 8 km/u. De maximale extensiehoek was 49° en de berekende maximale belasting op de hoofd/nek verbinding 140 N afschuifkracht, 110 N trekkracht en 13 Nm buigend moment. Deze waarden liggen onder de hiervoor genoemde grenswaarden en de vrijwilligers voelden dan ook geen pijn of discomfort. JARI heeft zowel testen met als ook zonder hoofdsteun uitgevoerd. Opvallend is dat de berekende nekbelasting groter was bij een lage hoofdsteun dan bij afwezigheid van een hoofdsteun. Echter in het laatste geval is de hoofdrotatie juist weer groter. Een ander opvallend verschijnsel bij deze proeven was de beweging van de torso naar boven. Omdat de stoelleuning onder een hoek staat wordt de torso niet alleen naar achteren geduwd, maar ook omhoog ('ramping up'). Tevens wordt de wervelkolom gestrekt. Door deze twee effecten beweegt het hoofd dus niet alleen naar achteren maar ook omhoog (soms wel 10 cm), waardoor het hoofd over de hoofdsteun kan slaan. Tijdens de laatste serie testen heeft JARI ook EMG-metingen aan de halsspieren uitgevoerd en hoge snelheid Röntgen-opnames gemaakt van de cervicale wervelkolom. Deze metingen zijn nog onvoldoende verwerkt, maar bieden in de toekomst veel mogelijkheden voor de ontwikkeling en validatie van crash dummies en computermodellen (zie hoofdstuk 4).

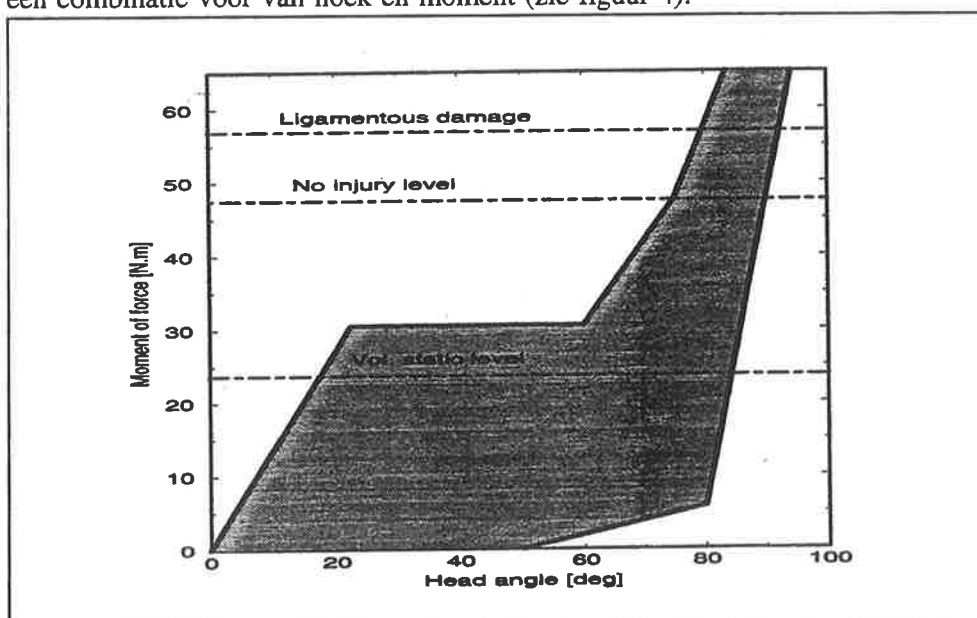
In de USA is een serie auto-auto botsingen uitgevoerd met vrijwilligers, waarbij snelheden tot 11 km/u werden gebruikt. De maximale achterwaartse hoofdrotatie gemeten in deze experimenten was 57°, d.w.z. nog ruim onder het gemiddelde van de statische, vrijwillige grenswaarden. Toch hadden de vrijwilligers een 'gevoelige' nek c.q. hoofdpijn die enkele dagen duurde. De vrijwilligers gaven ook aan een verticale belasting te hebben gevoeld ten gevolge van de 'ramping up' beweging. Volgens de onderzoekers is deze verticale belasting op het lichaam aanzienlijk.

In een andere serie auto-auto botsingen in de USA zijn mannelijke en vrouwelijke vrijwilligers gebruikt, waarbij de snelheid 8 km/u bedroeg. De maximale extensiehoek in deze testen was slechts 45°, maar de rebound flexiehoek was soms wel 90°. Vier van de vijf vrijwilligers hadden onmiddellijk na de test hoofdpijn en één vrijwilliger had de volgende dag een stijve nek.

¹³ Van belang is de snelheidsverandering, dit is voor een slede de botssnelheid plus de reboundsnelheid. In dit hoofdstuk wordt met 'snelheid' de snelheidsverandering bedoeld.

3.3.2 Middel snelheid

Reeds in 1967 is een Amerikaans onderzoek gepubliceerd, waarnaar nu nog steeds frequent wordt gerefereerd, betreffende een serie achterwaartse sledetesten met vrijwilligers om het inzicht in whiplash te vergroten. Er zijn testen uitgevoerd met en zonder hoofdsteun en de vergelijkbare auto-auto botssnelheid bedroeg 15 of 35 km/u. Sommige vrijwilligers hadden de spieren aangespannen en anderen niet. De hoofdrotaties en berekende nekbelasting zijn groter in de 35 km/u testen, met maxima van 85° extensie, 45 Nm buigend moment, 440 N afschuifkracht en 500 N trekkracht. De krachten zijn dus globaal 50% van de statische, vrijwillige grenswaarden, terwijl de extensiehoek en het buigend moment erop of zelfs erboven liggen. De onderzoekers maken geen melding van klachten of letsels. Zij vinden dat de hoek alleen geen goede maat is en stellen een combinatie voor van hoek en moment (zie figuur 4).



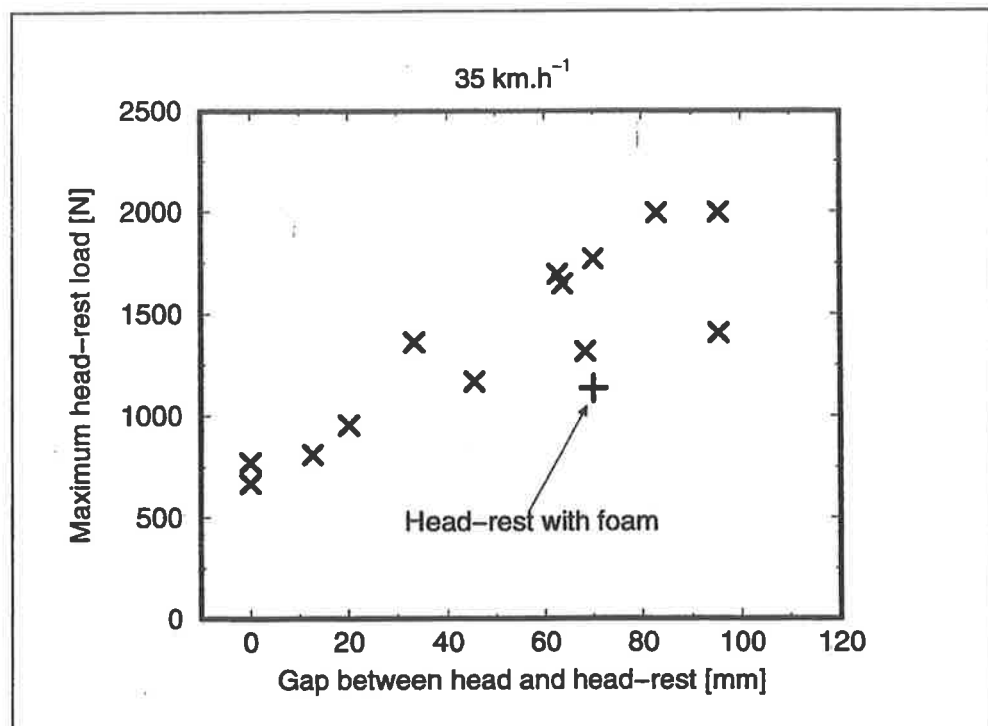
Figuur 4: Buigend moment in het OC gewricht versus hoofdrotatie

Het vrijwillige statische moment is 24 Nm volgens figuur 4. Het niet-letsel niveau is volgens de onderzoekers 47 Nm bij een maximale extensiehoek van 75° . Zij verwachten dat bandletsels ontstaan bij 57 Nm. Verder definiëren zij een toelaatbare grenswaarde voor de afschuifkracht en trekkracht van 1100 N, indien deze langer dan 40 milliseconden duurt. Deze waarden worden natuurlijk beïnvloed door leeftijd, geslacht, gezondheid, etc.

Door het aanspannen van de spieren worden zowel de hoofdrotatie als ook de berekende belasting op de hoofd/nek verbinding gereduceerd. Het is echter vooralsnog niet duidelijk of door het aanspannen van de spieren niet juist de interne krachten en dus deformaties in de nek toenemen¹⁴.

¹⁴ Door bijvoorbeeld het aanspannen van de beenspieren tijdens de loopbeweging worden de interne krachten in het knie-gewricht 7x zo groot als de statische belasting ten gevolge van de zwaartekracht (d.w.z. het lichaamsgewicht).

De kracht die de hoofdsteun uitoefent op de achterkant van het hoofd, resulteert in een belasting op de hoofd/nek verbinding. Uit bovengenoemde sledetesten blijkt dat deze hoofdsteun-kracht toeneemt met een toename van de slede-vertraging¹⁵ en ook toeneemt met een toename van de horizontale afstand tussen hoofd en hoofdsteun (zie figuur 5). De hoofdsteun-kracht neemt toe van globaal 75 kg tot 200 kg indien de afstand wordt vergroot van 0 tot 100 mm.



Figuur 5: Maximale hoofdsteun-kracht versus afstand tussen hoofd en hoofdsteun

3.4 Conclusies en aanbevelingen

Al 30 jaar lang worden er achterwaartse testen uitgevoerd met vrijwilligers om inzicht te verkrijgen in de beweging van en belasting op het hoofd/nek systeem. Het is bekend dat er meer testen zijn uitgevoerd dan opgenomen in het TNO rapport [17], maar deze testen zijn vaak niet goed gedocumenteerd. De sledetesten uitgevoerd door JARI in Japan bieden wel de mogelijkheid tot een wetenschappelijk verantwoorde analyse. De toepassing van EMG in deze testen biedt de mogelijkheid om de kennis omtrent de invloed van de spieren op de hoofdbeving nader te analyseren. Verder worden er high-speed Röntgen technieken toegepast door JARI, waarmee de beweging van de individuele nekwervels kan worden geanalyseerd. Middels deze studie kan het inzicht in de biomechanische

¹⁵ Sledetraging kan worden gezien als een maat voor de ernst van de botsing.

reactie van het lichaam worden vergroot. *De resultaten dienen vervolgens gebruikt te worden voor de ontwikkeling en validatie van crash dummies (proefpoppen) en computermodellen, geschikt voor achterwaartse botsingen.* JARI heeft de testserie in het najaar van 1996 voortgezet en is van plan in 1997 nog een serie vrijwilligersproeven uit te voeren. *Het verdient aanbeveling om ook deze testen te analyseren.*

In hoofdstuk 2 is gesteld dat whiplash-letsels niet alleen ontstaan ten gevolge van achterwaartse aanrijdingen, maar ook ten gevolge van bijvoorbeeld frontale of zijdelingse botsingen. In het verleden zijn er ook vrijwilligerstesten uitgevoerd in die botsrichtingen. *Deze testen zouden nogmaals geanalyseerd kunnen worden, gezien van uit de whiplash-problematiek.* Whiplash-letsels kunnen ook ontstaan ten gevolge van hoofdcontact met een hard voorwerp, waardoor een belasting ontstaat op de hoofd/nek verbinding. Dit kan dan ook een compressie-belasting zijn. *Een literatuur-onderzoek in deze richting kan het inzicht in whiplash ook vergroten.*

Testen met vrijwilligers worden vaak uitgevoerd in het mid-saggitale vlak, d.w.z. in het verticale, symmetrie vlak. Het is bekend dat de flexibiliteit van de nek afneemt indien het hoofd opzij wordt gedraaid. Aangezien auto-inzittenden niet altijd precies vooruitkijken en niet alle achteraanrijdingen precies in het verlengde van beide auto's plaats vinden, *is het van belang om onderzoek hieromtrent te initiëren.*

De aandacht rondom whiplash en achteraanrijdingen richt zich vooral op het bovenste gedeelte van de wervelkolom, op de nek. De vrijwilligersproeven tonen aan dat ook het onderste deel van de wervelkolom, de lumbale wervelkolom, sterk wordt belast. Het is bekend dat sommige whiplash-patiënten ook op die plaats klachten c.q. pijn ondervinden. *Bij verder biomechanica-onderzoek, bij de ontwikkeling van crash dummies en computermodellen, evenals bij de ontwikkeling van auto-stoelen dient ook rekening te worden gehouden met de belasting die werkt op de lumbale wervelkolom.*

Vrijwilligersproeven tonen aan dat de maximale achterwaartse rotatie van het hoofd (extensie) gereduceerd kan worden door het gebruik van een hoofdsteun. De proeven tonen echter ook aan dat de belasting op de hoofd/nek verbinding dan kan toenemen, bijvoorbeeld indien de hoofdsteun te laag staat. De positie en elasticiteit van zowel de stoelleuning als van de hoofdsteun beïnvloeden de beweging van en belasting op het hoofd/nek systeem.

In het algemeen bestaat er niet één letseltolerantie (grenswaarde) voor een bepaald letsel. Dit is o.a. afhankelijk van de leeftijd, gezondheid en geslacht van het slachtoffer. Verzekeraars beweren wel eens dat whiplash niet kan ontstaan bij achterwaartse botssnelheden van 11 km/u of lager. De gezonde, meestal jonge vrijwilligers die gebruikt worden voor proeven krijgen bij een snelheid van 8 km/u al hoofdpijn en/of een stijve nek. Het is dan ook vooralsnog prematuur om een ondergrens aan te geven, waaronder geen whiplash zou kunnen ontstaan. De genoemde klachten treden soms op zonder dat de achterwaartse hoofdrotatie de maximale vrijwillige, statische grenswaarde heeft overschreden. Hoofdrotatie alleen is dan ook geen goede parameter. Vooralsnog wordt voor de belasting

gekeken naar de krachten en momenten die het hoofd op de nek uitoefent in het gewricht tussen hoofd en nek. De hierbij gehanteerde letselcriteria zijn te conservatief om kleine beschadigingen, die mogelijk een rol spelen bij whiplash, te voorspellen. *Daarvoor is het van belang om naar lokale deformaties, bijvoorbeeld van de tussenwervelschijven, te kijken.*

Het belastingsletselmodel laat zien dat het in het algemeen mogelijk is om letsels te voorkomen door de mechanische belasting op het lichaam te reduceren (bijv. gebruik van een valhelm), of door de biomechanische reactie te beïnvloeden (bijv. gebruik van een gordel). Daarnaast zou ook gedacht kunnen worden aan het vergroten van de weerstand van het lichaam c.q. de weefsels tegen beschadigingen, d.w.z. het verhogen van de individuele tolerantiegrens, middels training. *Een goede lichaamshouding tijdens het werk, op school en in huis, gecombineerd met voldoende lichaamsbeweging en speciale oefeningen zou de weerstand tegen whiplash-letsels kunnen vergroten.*

4 Toolontwikkeling

4.1 Inleiding

Op basis van biomechanica onderzoek worden crash dummies (proefpoppen) of computermodellen van de mens ontwikkeld, die gebruikt kunnen worden voor verder onderzoek, produktontwikkeling en reglementering. In dit hoofdstuk wordt een kort overzicht gepresenteerd van toolontwikkeling in relatie tot achterwaartse botsingen en nekletsels.

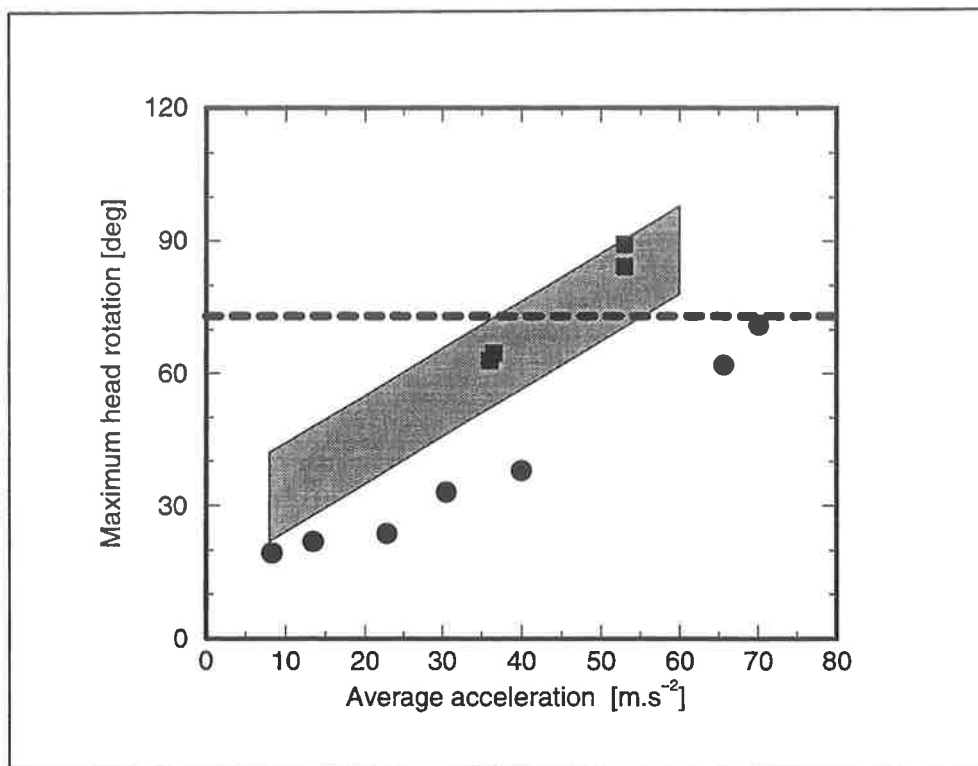
4.2 Crash dummies

De wereldwijd meest toegepaste dummy is de Hybrid III, speciaal ontwikkeld voor frontale botsingen. TNO heeft de biomechanische reactie van deze dummy in achterwaartse botsingen vergeleken met die van vrijwilligers, zoals beschreven in het vorige hoofdstuk [18]. De conclusie was dat het gedrag van deze dummy te vergelijken is met dat van een vrijwilliger met aangespannen spieren, met ander woorden de rotatie van het dummy hoofd was te klein. Uit de NSWP enquête (paragraaf 2.4) is bekend dat de meeste slachtoffers van achterwaartse aanrijdingen het ongeval niet hebben zien aankomen. De meeste vrijwilligersproeven worden ook onder die conditie uitgevoerd. De Hybrid III nek is dus in extensie te stijf voor botssnelheden tot globaal 30 km/u.

TNO heeft een nieuwe nek ontwikkeld, de TRID¹⁶ nek (zie bijlage B), die minder stijf is en gebruikt kan worden in combinatie met de Hybrid III dummy (ESV 96). Daardoor kan deze nieuwe nek ook gebruikt worden voor het meten van de belasting op de hoofd/nek verbinding en nek/torso verbinding. Het ontwerp is in de zomer van 1996 beschikbaar gekomen en voor de laatste ontwerp-specificaties en voor de validatie is o.a. gebruik gemaakt van de resultaten uit de NSWP enquête en de analyse van de vrijwilligersproeven¹⁷. Figuur 6 laat zien dat de extensiehoek met de TRID nek binnen de corridor van de vrijwilligersproeven valt, terwijl de extensiehoek met de Hybrid III nek te klein is.

¹⁶ TNO Rear Impact Dummy.

¹⁷ Uit de analyse van vrijwilligersproeven volgen ook zogenaamde 'performance corridors' voor de biomechanische reactie van dummies. M.a.w. het gedrag van de dummy, gemeten m.b.v. fysische parameters als versnelling, kracht, tijd, dient binnen een bepaalde corridor gelijk te zijn aan dat van de mens ('biofidelity' = mensgelijkheid). Deze complexe gegevens worden niet gepresenteerd in dit rapport.

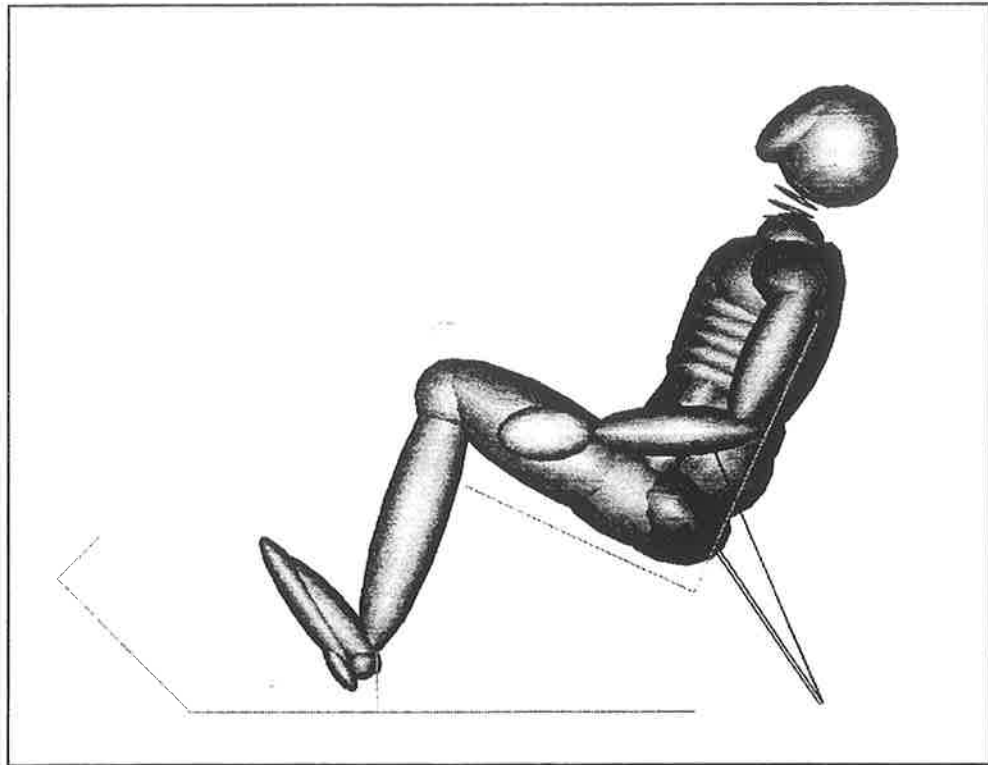


Figuur 6: Vergelijking extensiehoek vrijwilligers (grijze corridor), Hybrid III dummy met standaard nek (●) en met nieuwe TNO nek (■)

4.3 Computermodellen

Sinds 1973 is TNO bezig met de ontwikkeling en verdere uitbreiding van het computerprogramma Mathematical Dynamical Models (MADYMO). Met dit programma worden modellen ontwikkeld van voertuigen, beveiligingsmiddelen (bijv. airbags), dummies, etc., zodat een ongeval kan worden nagebootst. MADYMO wordt als standaard programma wereldwijd gebruikt door automobielfabrikanten, toeleveranciers, research instituten en universiteiten. Er bestaan standaard modellen van o.a. de Hybrid III dummies en in de zomer van 1996 is ook een model van de TRID nek beschikbaar gekomen (zie figuur 7).

Sinds enige jaren wordt er ook gewerkt aan de modellering van mensen m.b.v. MADYMO. In het voorjaar van 1996 is een promotiewerk afgerond dat zich heeft gericht op de modellering van de menselijke nek, inclusief wervels en spieren [19]. Een afstudeerder van de TUE heeft bij TNO dit model verder uitgebreid en gevalideerd voor achterwaartse botsingen. Hiervoor is o.a. gebruik gemaakt van de analyse van de vrijwilligersproeven genoemd in het vorige hoofdstuk. Dit nekmodel (zie figuur 8) is in het najaar van 1996 gereed gekomen [20]. Het model kan o.a. de invloed van de spieren op de hoofdbeweging van vrijwilligers verklaren.



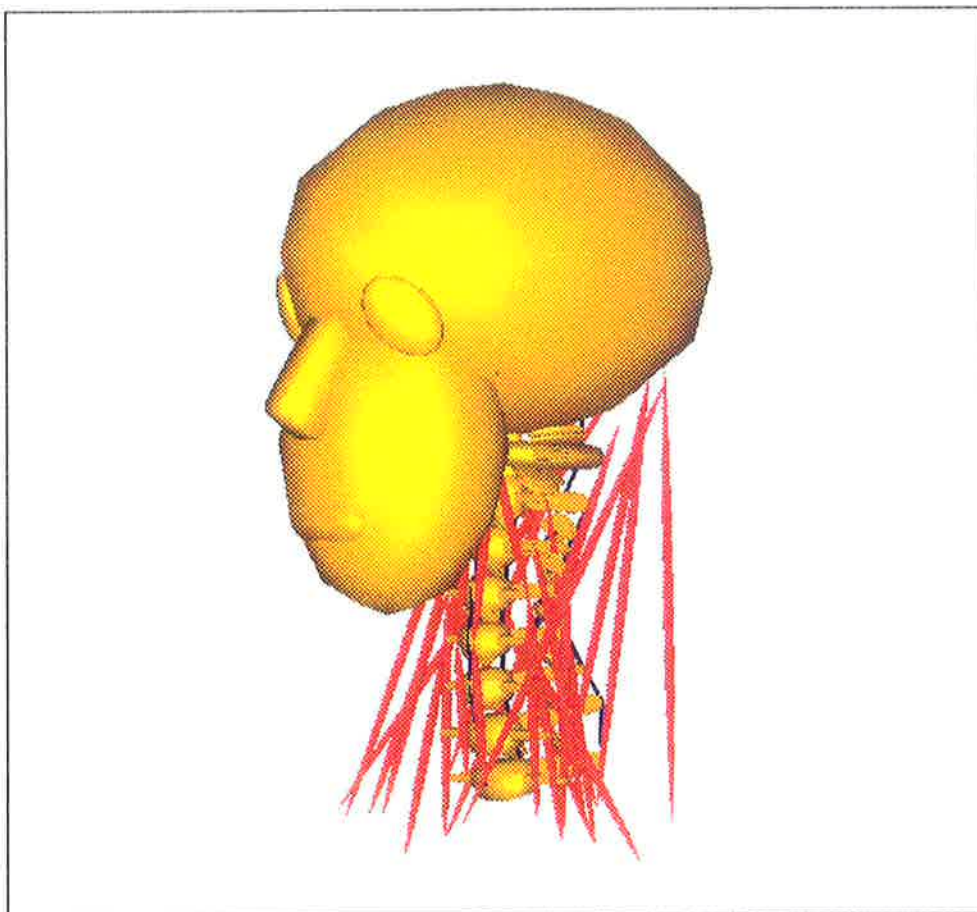
Figuur 7: MADYMO model van de Hybrid III dummy met de TRID nek

4.4 Conclusies en aanbevelingen

TNO heeft een nieuwe dummy nek ontwikkeld, geschikt voor achterwaartse botsingen met een snelheid tot globaal 35 km/u. Deze nek kan gebruikt worden in de meest gebruikte dummy ter wereld, de Hybrid III dummy. Deze dummy is beschikbaar in 3 maten: een kleine vrouw, een gemiddelde man en een grote man. De gemiddelde man wordt het meest frequent gebruikt. De afmetingen van deze dummy zijn gebaseerd op metingen aan Amerikaanse vrijwilligers, die ongeveer 20 jaar geleden zijn uitgevoerd. Het is bekend dat de gemiddelde lichaamslengte van (jonge) mensen nog steeds toeneemt en dat de Nederlandse bevolking gemiddeld relatief groot is. *Bij de verdere ontwikkeling van een complete dummy geschikt voor achterwaartse botsingen dient rekening gehouden te worden met de invloed van de lichaamslengte en met het feit dat de (gemiddelde) lichaamslengte inmiddels is toegenomen.*

De zeer statische c.q. 'stijve' zitpositie van de Hybrid III dummy, inclusief de flexibiliteit van de wervelkolom, is niet ideaal. *Om een nieuwe dummy te ontwikkelen is het van belang naar de vorm en stijfheid van de gehele wervelkolom te kijken.*

Naast computermodellen van dummies wordt tegenwoordig ook gewerkt aan de ontwikkeling van modellen van de mens. Recentelijk heeft TNO in samenwerking met de Technische Universiteit Eindhoven een nekmodel ontwikkeld, waarin ook wervels en spieren zijn opgenomen. *Met dit model kan een eerste aanzet worden gegeven in de richting van onderzoek naar letselmechanismen en*



Figuur 8: MADYMO model van de menselijke nek

-toleranties met betrekking tot achterwaartse botsingen. Het model kan bijvoorbeeld gebruikt worden om bestaande ongevallen na te bootsen. Het computermodel is vooralsnog gevalideerd op een globaal niveau, d.w.z. de beweging van hoofd/nek ten opzichte van de torso. De Röntgen-opnamen van de JARI vrijwilligersproeven kunnen gebruikt worden voor validatie van het model op lokaal niveau (wervels).

De ontwikkelde tools kunnen ook gebruikt worden om een eerste evaluatie uit te voeren van bestaande stoel/hoofdsteun ontwerpen. De beweging van en belasting op het hoofd/nek systeem kunnen worden bepaald en daarmee kan een relatieve uitspraak worden gedaan over het risico op whiplash (zie paragraaf 3.2). Aanbevolen wordt een aantal 'extreme' stoel/hoofdsteun ontwerpen uit de huidige markt te selecteren en te onderwerpen aan een statische (afmetingen) en dynamische evaluatie (crash dummy sledeproeven).

5 Europese regelgeving

5.1 Inleiding

De aanwezigheid van hoofdsteunen in personenauto's is in Nederland niet wettelijk verplicht, zoals bijvoorbeeld de aanwezigheid (en het gebruik) van gordels. Wel wordt in het Nieuwe Voertuigreglement (NVR), behorend bij de Wegenverkeerswet 1994, gesteld dat indien hoofdsteunen aanwezig zijn, ze aan richtlijn 78/932/EEG moeten voldoen. Het gaat dan om personenauto's die in gebruik zijn genomen na 31 december 1994 [21].

Personenauto's dienen aan een aantal Europese reglementen en voorschriften te voldoen voordat zij op de markt gebracht kunnen worden. De kaders waarin internationale regelgeving betreffende voertuigtechnische eisen plaatsvindt zijn:

- EEG-Richtlijnen van de Europese Unie (Brussel);
- ECE-Reglementen van de Economic Commission for Europe van de Verenigde Naties (Genève).

Inhoudelijk is er vaak weinig of geen verschil tussen een EEG-Richtlijn en een ECE-Reglement. Vaak komt het voor dat een ECE-Reglement geheel wordt overgenomen als EEG-Richtlijn. De EEG-Richtlijnen zijn echter verplicht voor alle lidstaten, terwijl de erkenning van ECE-Reglementen vrijwillig is. In dit hoofdstuk worden de eisen gesteld aan stoelen/hoofdsteunen en aan de constructie van voertuigen in achterwaartse botsingen samengevat.

5.2 Stoelen en hoofdsteunen

Eisen ten aanzien van hoofdsteunen worden beschreven in ECE-Reglement 25 en Richtlijn 78/932/EEG. Eisen ten aanzien van de sterkte van de stoel, de stoelverankerungen en hoofdsteunen worden beschreven in ECE-Reglement 17, waarbij de eisen ten aanzien van de hoofdsteun gelijk zijn aan de eisen in ECE-Reglement 25.

ECE-Reglement 17: stoelen, stoelverankerungen en hoofdsteunen

Dit reglement beschrijft een statische en dynamische beproeving voor de sterkte van de stoelen en stoelverankerungen in personenauto's (voor de eisen t.a.v. de hoofdsteun zie ECE-R25). Statisch wordt de stoel getest door aan de bovenzijde van de rugleuning een achterwaarts gerichte belasting aan te brengen. Dynamisch wordt de stoel getest door gedurende 30 milliseconden een versnelling van 20 G¹⁸ te laten werken, zowel in voorwaartse als in achterwaartse richting. De

¹⁸ 1 G is de versnelling ten gevolge van de zwaartekracht.

betreffende onderdelen mogen niet afbreken¹⁹ in bovengenoemde testen en er mogen geen zodanige beschadigingen ontstaan die een verhoogd letselrisico kunnen inhouden voor de inzittende.

ECE-Reglement 25 en Richtlijn 78/932/EEG: hoofddeunen

Het reglement voor hoofddeunen bevat o.a. bepalingen voor sterkte, energie-opname en afmetingen. De sterkte van de hoofddeun (en de rugleuning) wordt getest door hierop een achterwaartse statische kracht aan te brengen. Tijdens deze test mag de hoofddeun zich niet meer dan een voorgeschreven afstand achterwaarts verplaatsen.

De energie-opname wordt getest door een bolvormig lichaam, dat een hoofd voorstelt, met een snelheid van 24 km/u tegen de hoofddeun te 'schieten'. De letsel tolerantie voor hersenletsel (80 G) mag hierbij niet overschreden worden. Met betrekking tot de afmetingen worden eisen gesteld aan de hoogte en breedte van de hoofddeun, en aan de afmetingen van eventuele openingen in de hoofddeun. De eis ten aanzien van de hoogte is erg belangrijk (zie hoofdstuk 3). ECE-R25 eist een minimale hoogte van de (verstelbare) hoofddeun van 75 cm ten opzichte van het referentie-punt van de stoel²⁰.

Voor de Europese Unie gelden de eisen in Richtlijn 78/932/EEG. Deze eisen dateren uit 1978 en zijn sterk verouderd. Genoemde richtlijn bepaalt dat de minimumhoogte van de hoofddeunen 70 cm moet bedragen, eveneens gemeten vanaf het referentie-punt boven de zitting tot de bovenkant van de hoofddeun.

5.3 Achterwaartse botsingen

In drie verschillende ECE-Reglementen worden er eisen gesteld aan het voertuig ten aanzien van achterwaartse botsingen: ECE-R32, ECE-R34 en ECE-R42.

ECE-R32: gedrag structuur bij achterwaartse botsing

Het betreft een reglement om de overlevingsruimte achterin het voertuig veilig te stellen. Hierbij wordt gebruikt gemaakt van een 1100 kg zware botsslede, aan de voorzijde voorzien van een grote verticale plaat, die met een snelheid van 35 tot 38 km/u tegen de achterzijde van de stilstaande personenauto botst. Het referentie-punt van de achterbank/stoel van de auto mag niet meer dan 75 mm naar voren worden geschoven ten gevolge van deze botsing. Daarnaast mogen de zijportieren niet opengaan tijdens de test, maar moeten er wel een voldoende aantal te openen zijn na de test ter evacuatie van eventuele slachtoffers.

¹⁹ In de praktijk gebeurt dit nog wel eens (zie ook opmerking hieromtrent in paragraaf 2.4.3).

²⁰ Dit R-punt ligt ongeveer ter hoogte van het heup-gewricht, dus globaal 5 cm boven de stoelzitting, zodat de minimale hoogte van de hoofddeun t.o.v. de stoelzitting globaal 80 cm dient te zijn.

ECE-R34: brandpreventie

De test is gelijk aan die beschreven in ECE-R32, waarbij eisen worden gesteld aan de hoeveelheid brandstof die mag weglekken. Gezien de lokatie van de brandstoftank is dit een kritische test.

ECE-R42: bumpers

Het doel van dit reglement is om de schade aan het voertuig bij geringe bots-snelheden te verminderen. Een botsslede met het gewicht van de betreffende personenauto en aan de voorzijde voorzien van een onvervormbare bumper, wordt met een snelheid van 4 km/u tegen de auto gebotst. Na de test vindt een visuele inspectie plaats. Alle systemen dienen nog te functioneren, bijvoorbeeld de verlichting moet nog intact zijn, de kofferdeksel moet nog normaal te openen zijn, etc.

5.4 Conclusies en aanbevelingen

Er bestaan momenteel geen voertuigtechnische eisen met betrekking tot whiplash. De huidige eisen betreffende de hoofdsteun/stoel constructie hebben vooral betrekking op de sterkte tijdens een botsing. De energie-absorberende eigenschappen die gevraagd worden van de hoofdsteun hebben betrekking op het voorkomen van hersenletsels, de hoofdsteun mag niet 'hard' zijn. *Om de belasting op de hoofd/nek verbinding te reduceren dienen de energie-absorberende eigenschappen van stoel en hoofdsteun op elkaar afgestemd te worden.*

Uit een veldstudie van de SWOV [13] blijkt dat de hoogte-instelling van de hoofdsteun voor meer dan de helft van de Nederlandse mannen, gezien hun lichaamslengte, onvoldoende is om optimale bescherming aan het hoofd te kunnen bieden. Om tenminste 95% van de Nederlandse bevolking optimaal te beschermen zou de minimale hoogte van de hoofdsteun 85 cm dienen te zijn i.p.v. 70 of 75 cm²¹. De Rijksdienst voor het Wegverkeer (RDW), de Nederlandse vertegenwoordiger bij het ECE overleg in Genève, heeft daarom in 1995 voorgesteld dit als eis op te nemen. De auto-industrie stelt dat dit tot problemen leidt met betrekking tot het zichtveld naar achteren en met betrekking tot het naar voren klappen van de stoelen in een tweedeurs auto. Ook de zuidelijke landen, die meestal de industrie steunen, vonden dit voorstel overdreven ("Wij hebben geen whiplash"). Tenslotte is er een onbevredigend compromis bereikt: een minimale hoogte van 80 cm voor de voorstoelen. *Aanbevolen wordt om politieke druk uit te blijven oefenen betreffende verbetering van de bestaande regelgeving met betrekking tot de hoogte- en diepte-instelling van hoofdsteunen.*

²¹ Gemeten vanaf het R-punt (zie vorige noot). De SWOV heeft als criterium genomen dat de bovenkant van de hoofdsteun minimaal op oorhoogte dient te zitten, terwijl volgens de huidige inzichten de bovenkant van de hoofdsteun dient samen te vallen met de bovenkant van het hoofd. Verder is in de SWOV-studie niet gekeken naar de horizontale instelling van de hoofdsteun, die ook belangrijk is (zie figuur 5). De situatie is dus in feite nog slechter in de praktijk.

Verder dient de verouderde Richtlijn 78/932/EEG in overeenstemming te worden gebracht met ECE-R25, zodat e.e.a. ook doorwerkt in de Wegenverkeerswet. De voertuig-eisen ten aanzien van achterwaartse botsingen bevorderen een stijve constructie terwijl vanuit biomechanisch oogpunt een geleidelijke krachtinleiding door middel van een voldoende grote kreukelzone aan de achterzijde de voorkeur zou verdienen. Met name kleine (stads)auto's met een rechte achterkant zouden wel eens te stijf kunnen zijn, waardoor de auto een grotere versnelling ondergaat, hetgeen leidt tot een grotere belasting op het hoofd/nek systeem. Er dient een achterwaartse botsproef (inclusief crash dummy en eisen) ontwikkeld te worden, waarbij de stoel/hoofddeun geëvalueerd wordt met betrekking tot het risico op whiplash-letsels. Verder dient er onderzoek verricht te worden naar de mogelijke relatie tussen de huidige voertuig-eisen, de daaruit volgende voertuig-constructies en het risico op whiplash.

6 Produktontwikkeling

6.1 Inleiding

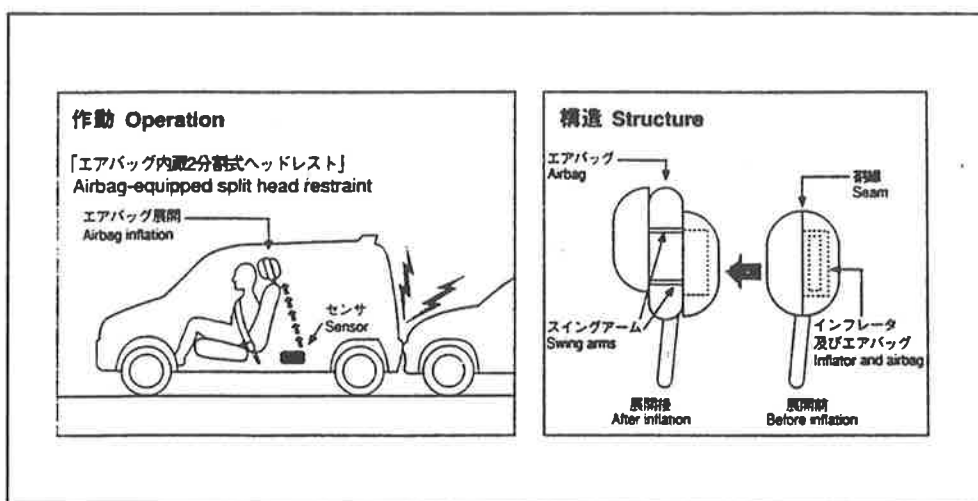
Als gevolg van de toenemende publiciteit rondom de whiplash-problematiek zijn stoelfabrikanten en research-instituten inmiddels al begonnen met de ontwikkeling van whiplash-preventie systemen. Deze systemen zijn veelal gebaseerd op het principe van bewegingsbeperking en/of energie-absorptie. In dit hoofdstuk worden een aantal voorbeelden gepresenteerd.

6.2 Bewegingsbeperking

De Duitse auto-verzekeraar Allianz geeft op basis van vrijwilligersproeven, middels een video, de aanbeveling om een geïntegreerde stoel/hoofdsteun (d.w.z. niet instelbaar, want dat gaat toch fout stelt men) te ontwerpen die hoog genoeg is voor een lange man, waarbij de afstand tussen hoofd en stoelleuning minimaal is.

In 1995 heeft de Technische Universiteit van Zürich een stoel/hoofdsteun prototype gepresenteerd op een conferentie, dat was geoptimaliseerd met het TNO computerprogramma MADYMO. Het bijzondere van dit concept is dat de horizontale afstand tussen hoofd en hoofdsteun continue geminimaliseerd wordt, doordat de hoofdsteun het hoofd volgt. Middels sensoren wordt de afstand tot het hoofd bepaald en vervolgens wordt de hoofdsteun middels kleine elektromotoren naar voren c.q. naar achteren geschoven.

Een Japanse automobielfabrikant werkt aan een hoofdsteun die wordt 'gesplitst' door het opblazen van een airbag (zie figuur 9). Het voorste deel van de hoofd-



Figuur 9: Airbag in hoofdsteun

steun wordt hierdoor snel naar voren en naar boven geschoven tijdens een achterwaartse botsing. Het hoofd wordt dan eerder en beter opgevangen. Saab heeft begin 1996 een 'actieve' hoofdsteun gepresenteerd, die in het voorjaar van 1997 zal (of zou²²) worden ingevoerd. Het principe van dit "Pro-tech" systeem is gebaseerd op een hefboom werking: indien de rug ten gevolge van de achterwaartse botsing in de stoelleuning wordt gedrukt, beweegt de hoofdsteun naar voren en boven (zie figuur 10). Het systeem treedt in werking bij een achterwaartse botsing met een snelheid van 15 km/u door een zwaar voertuig. De hoofdsteun komt automatisch terug in de beginpositie.



Figuur 10: Actieve hoofdsteun gebaseerd op hefboom werking

6.3 Energie-absorptie

Het Nederlandse bedrijf Rasenberg BV is bezig met de ontwikkeling van een hoofdsteun, genaamd Whiplash Prevention System (WPS), gebaseerd op het principe van een zitkussen. Een groot aantal kleine korrels in de hoofdsteun zorgen voor een gelijkmatige verdeling van de belasting over het hoofd en de nek. Tevens absorberen de korrels de bewegings-energie, waardoor de rebound-snelheid (zie ook paragraaf 3.2) praktisch nul is. Dit systeem is in Oostenrijk uitgetest middels vrijwilligersproeven. Het bedrijf wil het WPS als 'aftermarket' systeem gaan aanbieden.

²² Volgens recente berichten uit Zweden is Saab inmiddels minder enthousiast over het systeem en het schijnt zelfs dat Saab de ontwerpers heeft aangeklaagd omdat het systeem niet werkt.

6.4 Conclusies en aanbevelingen

Veel automobiel- c.q. stoelfabrikanten zijn momenteel geïnteresseerd in de ontwikkeling van 'anti-whiplash' hoofdsteunen. De ontwikkelingen richten zich vooral op het beperken van de achterwaartse hoofdbeweging, door de verticale en horizontale positie van de hoofdsteun ten opzichte van het hoofd te optimaliseren. *Dit is in principe een goede ontwikkeling.* Ook de energie-absorberende eigenschappen van de hoofdsteun en stoelleuning zijn echter van belang om de belasting op het hoofd/nek systeem te beperken.

De ontwikkelingen richten zich vooral op de hoofdsteun en nauwelijks op de rugleuning. Voor de langere termijn is het belangrijk dat *stoel- en hoofdsteun ontwerpen gecombineerd worden en gebaseerd zijn op biomechanische inzichten met betrekking tot whiplash, zoals letselmechanismen en -toleranties. Hiervoor is een betrouwbare testmethode nodig, zodat de effectiviteit van dergelijke systemen beoordeeld kan worden en het risico op negatieve effecten geminimaliseerd wordt.*

7 Toepassing produkten

7.1 Inleiding

De produkten die in de praktijk reeds worden toegepast om nekletsels ten gevolge van achteraanrijdingen te voorkomen zijn hoofdsteunen. Uit de analyse van de NSWP enquête (zie paragraaf 2.4.3) is gebleken dat zeer veel slachtoffers wel een hoofdsteun hadden, maar deze blijkbaar onvoldoende bescherming heeft geboden. In dit hoofdstuk wordt een kort overzicht gegeven van het gebruik in de praktijk en de verwachte effectiviteit.

7.2 Gebruik hoofdsteunen

De aanwezigheid van hoofdsteunen in personenauto's is in Nederland niet wettelijk verplicht, maar ze komen in vrijwel alle nieuwe auto's standaard voor. Vaak worden hoofdsteunen voor de achterbank/plaatsen aangeboden tegen meerprijs. Als een auto van hoofdsteunen is voorzien dienen deze wel aan Europese voorschriften te voldoen (zie hoofdstuk 5).

In 1995 heeft de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) een onderzoek op parkeerplaatsen e.d. en bij auto-dealers uitgevoerd naar de aanwezigheid, instelling en instelmogelijkheid van hoofdsteunen [21]. De aanwezigheid van hoofdsteunen op voorzitplaatsen bleek nagenoeg 100%. Op de achterzitplaatsen bedroeg de aanwezigheid 18%, terwijl in nieuwe auto's bij dealers een aanwezigheidspercentage van 32% werd vastgesteld voor hoofdsteunen op de achterzitplaatsen.

De volgende criteria zijn door de SWOV gehanteerd voor een correcte instelling²³ van de hoofdsteun:

- Hoogte: de bovenkant van de hoofdsteun moet in ieder geval tot boven het oor komen;
- Horizontale afstand tussen hoofd en hoofdsteun: niet groter dan 10 cm.

Uit de enquêtes en metingen op parkeerterreinen is vastgesteld dat bij 80% van de mannelijke voorinzittenden de hoofdsteun te laag stond. Vrouwen scoren op dit punt, als gevolg van hun gemiddelde lengte, een geringer foutpercentage: 48%. Driekwart van de bestuurders en voorpassagiers weet niet op welke wijze de hoogte van de hoofdsteun dient te worden ingesteld. Dit kan als voornaamste reden worden gezien waarom de meeste hoofdsteunen of in het geheel niet of te laag zijn ingesteld. Daarnaast blijkt dat in veel auto's een correcte instelling niet mogelijk is. Om de instelmogelijkheid te onderzoeken is de hoofdsteun in de hoogst mogelijke stand gezet, hetgeen voor 46% van de bestuurders niet

²³ Dit is onvoldoende gezien de (huidige) biomechanische kennis, zie ook hoofdstuk 3. De criteria zijn dan ook aangescherpt t.b.v. de campagne 'Voorkom nekletsel' (zie hoofdstuk 8).

toereikend was. Voor de voorpassagiers (vaker vrouwen) is dit percentage gunstiger: 25%. Indien als criterium voor de hoogte gesteld zou worden dat de bovenkant van de hoofdsteun gelijk dient te zijn aan de bovenkant van het hoofd (zie ook hoofdstuk 8), dan zou de hoofdsteun nog ongeveer 10 centimeter hoger moeten kunnen. Dit betekent dan, dat bij 96% van de bestuurders van personenauto's de hoofdsteunhoogte niet voldoet. Voor de voorpassagiers is dit percentage ook hoog: 88%. Verder bleek dat 35% van de hoofdsteunen niet hoger afgesteld kon worden dan de ECE-R25 eis van 75 cm; slechts 13% kwam boven de 80 centimeter uit²⁴. Deze percentages zijn vergelijkbaar met metingen gedaan aan nieuwe auto's bij dealers. Alle hoofdsteunen haalden overigens wel de minimale hoogte van 70 cm volgens 78/932/EEG.

Hoewel met het veldonderzoek bij 28% van de voorinzittenden een te grote horizontale afstand tussen hoofd en hoofdsteun is vastgesteld (meer dan 10 centimeter), toonde het onderzoek bij de dealers aan dat slechts in een enkel geval de oorzaak bij de auto gezocht moet worden. Vooral een onjuiste stand van de rugleuning (te ver achterover) en een verkeerde zithouding werden als hoofdoorzaak aangewezen.

Bij 9% van de verstelbare hoofdsteunen werkte de vergrendeling in verticale richting niet goed; bij ongeveer 20% ging het afstellen niet gemakkelijk. Verder bleek dat de inrichting voor het verstellen in horizontale richting bij ongeveer de helft van de auto's met zo'n verstelinrichting niet goed werkte: de hoofdsteun bleef niet in de gekozen stand staan. Voorts is uit het onderzoek gebleken dat automobilisten het op prijs stellen als hun hoofdsteun correct wordt afgesteld door experts (bijv. dealers).

7.3 Effectiviteit

Er worden verschillende statistische methodieken gebruikt om de effectiviteit van letselpreventieve maatregelen te berekenen c.q. te schatten. De trend in (inter)nationale ongevals cijfers kan geanalyseerd worden, maar deze trend wordt vaak beïnvloed door andere, soms onbekende, effecten. Ten behoeve van schattingen betreffende de effectiviteit van gordels worden min of meer identieke ongevallen vergeleken, met als enig verschil dat in het ene ongeval de inzittende wel een gordel droeg en in het andere ongeval niet. Zo kon worden geconcludeerd dat (goed) gebruik van een gordel leidt tot 40% minder doden en zwaar gewonden. Ongevalsex studies betreffende achteraanrijdingen geven een reductie in nekletsels van 15% voor instelbare hoofdsteunen, 25% voor vaste hoofdsteunen tot zelfs 55% voor de beste hoofdsteunen [22]. Dit betekent dat bij een goed ontwerp van de stoel/hofdsteun constructie en bij een juist gebruik hiervan (dient onderdeel te zijn van goed ontwerp) minstens 60% van de whiplash-letsels ten gevolge van achteraanrijdingen voorkomen kan worden.

²⁴ Zie paragraaf 5.2 betreffende de eisen en de definitie van de hoogte.

7.4 Conclusies en aanbevelingen

De SWOV heeft een veldonderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid, instelmogelijkheid en instelling van hoofdsteunen. Ondanks het feit dat de gehanteerde criteria voor een correcte instelling als minimale eisen gezien moeten worden, blijken de instelmogelijkheden van de hoofdsteunen in het huidige wagenpark verre van toereikend te zijn. De hoogte-instelling voldoet wel aan de voorgescreven internationale eisen, maar deze zijn sterk verouderd. Indien als criterium wordt gehanteerd dat de bovenkant van de hoofdsteun (minimaal) gelijk dient te zijn aan de bovenkant van het hoofd en dat het hoofd dient te 'rusten' tegen de hoofdsteun, dan falen bijna alle huidige hoofdsteunen. *De industrie dient de instelmogelijkheden van de hoofdsteunen te verbeteren, zowel de hoogte- en diepte-instelling, als ook de kwaliteit en gebruikersvriendelijkheid van de instelling. Verkeerd gebruik van beveiligingssystemen dient daarbij uitgesloten te worden.*

Veel automobilisten weten niet wat de meest veilige zithouding is. Een onderuit gezakte houding is zowel gevaarlijk bij frontale botsingen (onder de gordel door glijden), als ook bij achterwaartse botsingen. Indien de rugleuning namelijk te ver achterover staat, zal ook de hoofdsteun te ver naar achter staan. *Een goede voorlichting, middels landelijke campagnes (vergelijkbaar met campagnes ter bevordering van correct gordelgebruik) en middels een beschrijving in de instructie-boekjes, betreffende een correcte stoel- en hoofdsteun instelling is wenselijk.*

Het blijkt dat automobilisten het op prijs stellen dat de hoofdsteun wordt ingesteld door een expert. *Garage-bedrijven en dealers zouden het correct instellen van de hoofdsteun dienen op te nemen in hun service-pakket. Evaluatie van de werking van de instelling zou ook onderdeel dienen te vormen van een APK-veiligheidskeuring.*

Bijna alle auto's hebben tegenwoordig hoofdsteunen ten behoeve van de voorzitplaatsen. De aanwezigheid achterin het voertuig bedraagt 18% (veldonderzoek) tot 32% (nieuwe auto's bij dealers). Hoofdsteunen achterin worden vaak tegen meerprijs aangeboden. Dan moet de klant eventueel kiezen tussen elektrisch bediende ramen en hoofdsteunen. De keuze tussen comfort en veiligheid is een (te) moeilijke keuze. *Basis beveiligingsmiddelen, zoals 3-punts gordels en hoofdsteunen, dienen daarom standaard in een auto aanwezig te zijn.*

Indien het gebruik van instelbare hoofdsteunen te complex wordt, zowel voor de fabrikant als voor de automobilist, kan overwogen worden om *geïntegreerde hoofdsteunen toe te passen* (d.w.z. stoel en hoofdsteun vormen één geheel).

De effectiviteit van een hoofdsteun kan in de praktijk zelfs nog minder zijn dan ingeschat wordt naar aanleiding van statische c.q. visuele inspecties zoals deze door de SWOV zijn uitgevoerd. Uit vrijwilligersproeven is het bekend dat een niet-vergrendelbare hoofdsteun naar beneden kan worden gedrukt door het hoofd, waardoor de hoofdsteun misschien statisch wel de goede positie had, maar in een botsing faalt. Het is daarom wenselijk om ook een *dynamische evaluatie uit te voeren, waarbij de stoel/hofdsteun constructie aan een serie botsproeven met*

een crash dummy wordt onderworpen en de resultaten worden gemeld aan de consumenten.

Bij een goed ontwerp van de stoel/hoofdsteun constructie, gebaseerd op biomechanische inzichten betreffende letselmechanismen en -toleranties, kan 60% van de whiplash-letsels bij achteraanrijdingen worden voorkomen.

8 Voorlichting

8.1 Inleiding

Voorlichting aan gebruikers omtrent het (correct) gebruik van beveiligingsmiddelen, zoals gordels, kinderzitje en hoofdsteunen, vindt meestal plaats middels landelijke campagnes of middels publikatie van produkt-evaluaties door bijvoorbeeld consumentenbonden. In dit hoofdstuk wordt een korte beschrijving gegeven van de campagne 'Voorkom Nekletsel' en van de rol van consumentenorganisaties.

8.2 Campagne Voorkom Nekletsel

Zoals gesteld in paragraaf 1.2 is gedragsbeïnvloeding één van de mogelijke strategieën om de verkeersveiligheid te bevorderen. De Nederlandse overheid en andere instellingen, zoals Veilig Verkeer Nederland, maken veelvuldig gebruik van landelijke voorlichtingscampagnes om bijvoorbeeld het (correct) dragen van gordels te bevorderen. Vaak hebben dit soort campagnes maar een tijdelijk effect en moeten daarom regelmatig herhaald worden. Verder blijkt dat de adviezen in de praktijk niet altijd één op één op te volgen zijn. Zo kan bijvoorbeeld het correct gebruik van hoofdsteunen wel gestimuleerd worden, maar is een correcte instelling van de hoofdsteun vaak niet mogelijk.

Op initiatief van de Nederlandse overheid, verzekeraars en diverse belangengroeperingen is op 1 November 1995 de campagne 'Voorkom Nekletsel' van start gegaan. TNO en SWOV hebben bijgedragen aan de technisch-wetenschappelijke ondersteuning en advisering. Het doel van de campagne was:

- Het vergroten van de kennis bij automobilisten en hun passagiers over de wijze waarop nekletsel kan worden voorkomen;
- Het stimuleren van automobilisten en hun passagiers om hun hoofdsteun juist af te stellen;
- Het terugdringen van het aantal verkeersslachtoffers met nekletsel.

Als advies betreffende een juiste afstelling van de hoofdsteun is het volgende gedefinieerd:

Om de beste bescherming te bereiken moet de bovenkant van de hoofdsteun op gelijke hoogte staan met de bovenkant van het hoofd. Als dat niet mogelijk is, dient de hoofdsteun in elk geval zo hoog mogelijk te worden ingesteld. Bovendien moet de horizontale afstand tussen hoofd en hoofdsteun zo klein mogelijk worden gehouden, bij voorkeur 4 cm of minder. Ook dient de rugleuning van de stoel zo recht mogelijk te staan.

In het kader van de campagne zijn de volgende communicatie-middelen ingezet:

- billboards langs autowegen;
- een televisie-spot;
- een folder;
- een spiegelhanger;

- artikelen in ledenbladen en huis-aan-huis bladen.

Figuur 11 toont de afbeelding die gebruikt is voor de billboards en voor de folder.



Figuur 11: Campagne Voorkom Nekletsel

Er zijn bij de participerende instanties veel reacties binnengekomen. Zo hebben enkele duizenden mensen (extra) informatie gevraagd aan de NSWP (zie ook paragraaf 2.4). De SWOV heeft in mei 1996 de resultaten c.q. doelstellingen van de campagne geëvalueerd [23]. Er zijn verbeteringen geconstateerd in kennis omtrent whiplash en zelf-gerapporteerd gebruik van hoofdsteunen. De belangrijkste onderzoekuitkomst was dat de feitelijke observatie van hoogte-instelling een aanmerkelijke verbetering laat zien: van bijna 40% 'goed' bij bestuurders in 1995 tot meer dan 60% 'goed' bij bestuurders in 1996, een verbetering van 50%. Deze verbetering werd met name tot stand gebracht doordat het aandeel in de observatie-categorie 'twijfel' is verminderd en in veel mindere mate doordat het aandeel in de 'fout'-categorie is verminderd. Over alle

bestuurders beschouwd loopt het percentage 'fout' slechts met 7% terug van 1995 naar 1996. De SWOV stelt dat een periodieke herhaling van campagne-activiteiten gewenst is.

8.3 Rol consumentenorganisaties

De druk die van marktmechanismen uitgaat, speelt een steeds grotere rol bij het bespoedigen van innovatieve veiligheidsontwerpen [2]. De druk van de consument wordt gestimuleerd door informatie vanuit consumenten- en automobielenorganisaties, autotijdschriften en buitenlandse verzekeringsmaatschappijen. Marktmechanismen en wetgeving vullen elkaar hierbij aan. Het klimaat waarin discussies omtrent wetgeving plaatsvinden, kan positief worden beïnvloed door het bewustzijn bij het publiek over de veiligheidsaspecten van voertuigen te stimuleren. Ook een aantal nationale overheden zien steeds meer het belang van juiste informatie naar de consument. Diverse landen (Zweden, Engeland, Verenigde Staten, Australië) publiceren regelmatig ranglijsten met (on)veilige personenauto's op het gebied van de passieve veiligheid. Ook de Nederlandse Consumentenbond hanteert deze methodiek. Dergelijke lijsten kunnen de consument helpen te beslissen de veiligste auto in zijn klasse aan te schaffen.

De Zweedse verzekeringsmaatschappij Folksam heeft berekend dat er ruim 40% minder doden en ernstig gewonden zouden vallen onder auto-bestuurders ten gevolge van auto/auto-botsingen indien iedere auto even veilig was als de 'beste' huidige auto in de betreffende gewichtsklasse [22]. Door het bekend maken van ranglijsten op het gebied van de passieve veiligheid, bijvoorbeeld met betrekking tot whiplash-preventie, kunnen de consumenten middels hun koopgedrag deze ontwikkeling stimuleren.

8.4 Conclusies en aanbevelingen

De landelijke voorlichtingscampagne 'Voorkom Nekletsels' heeft bijgedragen aan de bekendheid van de whiplash-problematiek. Een half jaar na de start van de campagne is gebleken dat meer auto-inzittenden de hoofdsteun correct(er) instellen. *Aangezien het effect van dit soort campagnes meestal langzaam wegeeft is een herhaling over enkele jaren noodzakelijk.* Daarnaast is een correcte instelling vaak niet mogelijk bij de huidige stoel/hoofdsteun constructies.

Consumenten dienen voorgelicht te worden omtrent de letselpreventieve werking van de hoofdsteunen in het huidige wagenpark.

Naast een publieksvoorlichting is ook een meer gerichte voorlichting c.q. advisering van hulpverleners, artsen, politie, rij-instructeurs en andere 'intermediairs' wenselijk. Zij kunnen de kennis continue overdragen aan het publiek, waardoor een meer permanente gedragsbeïnvloeding mogelijk is.

Sancties, zoals verkeersboetes, worden ook wel gebruikt ten behoeve van gedragsbeïnvloeding. Zo zou het gebruik van hoofdsteunen verplicht gesteld kun-

nen worden. Daartoe moet dan eerst de wet worden aangepast, maar dat is bij de huidige kwaliteit van de hoofdsteenen (nog) niet wenselijk.

9 Conclusies en aanbevelingen

Nederland telt nu ongeveer 6 miljoen personenauto's, meer dan een verdubbeling sinds 1970. De gevolgen van deze motorisering zijn dramatisch, zowel voor ons milieu als voor de verkeersveiligheid. Jaarlijks vallen er in Nederland ongeveer 1300 verkeersdoden, terwijl bijna 12.000 verkeersslachtoffers in het ziekenhuis moeten worden opgenomen. Daarnaast raken er jaarlijks meer dan 200.000 mensen zodanig gewond bij een verkeersongeval dat ze poliklinisch of door een huisarts geholpen moeten worden.

Whiplash-letsel is het meest frequent voorkomend letsel bij verkeersongevallen en het neemt in omvang nog steeds toe. De term whiplash of whiplash-letsel wordt door medici vaak gebruikt om allerlei 'lichte' en soms vage klachten in de nek (en soms in het hoofd) te omschrijven, als gevolg van een ongeval waarbij geen aantoonbare afwijkingen, zoals fracturen of luxaties, kunnen worden waargenomen. Wel kunnen (micro-) beschadigingen van het zachte weefsel of van de tussenwervelschijven ontstaan zijn, die niet te zien zijn met de huidige scantechnieken. De klachten treden meestal op binnen enkele uren na het ongeval en betreffen onder andere hoofd- en nekpijn, duizeligheid, vermoeidheid, depressiviteit, slapeloosheid en geheugenstoornis. De klachten zijn soms zo erg dat de patiënt met ziekteverlof moeten worden gestuurd. Bij veel patiënten verdwijnen de symptomen gelukkig binnen enkele maanden. In een aantal gevallen is er echter sprake van chronische klachten die dan vaak resulteren in blijvende arbeidsongeschiktheid. In Nederland komen er jaarlijks 15.000 tot 30.000 nieuwe whiplash-slachtoffers bij en de totale jaarlijkse kosten van whiplash in Nederland worden inmiddels geschat op 1 miljard gulden. Whiplash wordt in het algemeen geassocieerd met een achteraanrijding of een kettingbotsing. Whiplash-letsels of -klachten kunnen echter ook ontstaan ten gevolge van andere auto-botsingen of zelfs ook ten gevolge van andere ongevallen dan auto-ongevallen.

In het algemeen kunnen er vijf strategieën onderscheiden worden om het aantal verkeersdoden en -gewonden terug te dringen: expositiebeïnvloeding, gedragsbeïnvloeding, ongevalspreventie, letselpreventie en traumazorg. Het werkterrein van de afdeling Botsveiligheid van TNO Wegtransportmiddelen is vooral de letselpreventie: het voorkomen en/of verminderen van de ernst van letsels ten gevolge van verkeersongevallen. In het verleden is gebleken dat letselpreventieve maatregelen (gordel, valhelm) hiervoor zeer effectief zijn.

De afdeling Botsveiligheid van TNO Wegtransportmiddelen heeft, met een financiële bijdrage van de Stichting Achmea Slachtoffer en Samenleving, onderzoek verricht naar whiplash. De doelstelling van het onderzoek is:

Het geven van adviezen en voorlichting ten aanzien van de preventie van whiplash-letsels en het opstellen van richtlijnen voor de hoofdsteun-stoel constructie t.b.v. de preventie van whiplash-letsels bij achteraanrijdingen.

Het onderzoek heeft zich vooral gericht op 'ongevalsstatistieken' en 'biomechanica onderzoek', maar in onderhavig rapport wordt ook een overzicht gegeven van de overige letselpreventieve activiteiten rondom whiplash:

Ongevalsstatistieken

Niet alleen in Nederland, ook Europees en mondiaal gezien is er sprake van een sterke toename van whiplash-letsels c.q. maatschappelijke kosten gedurende het afgelopen decennium. De statistische analyses hieromtrent zijn vaak gebaseerd op gegevens van verzekeraars, omdat whiplash meestal niet (separaat) terug te vinden is in de algemene landelijke statistieken.

TNO heeft een enquête geanalyseerd, die in 1995 is gehouden door de Nederlandse Stichting Whiplash Patiënten (NSWP). Een aanzienlijk deel van de ongevallen betrof een auto-ongeval, maar ook (brom)fiets-, motor-, bus-, sport-, privé- en bedrijfsongevallen komen in het bestand voor. Ruim 50% van de slachtoffers was betrokken bij een achter-aanrijding of kettingbotsing, de twee typen botsingen die vaak worden geassocieerd met whiplash. Maar dit betekent ook dat bijna 50% van de slachtoffers het letsel heeft opgelopen tijdens een ander ongeval.

Uit de enquête blijkt dat whiplash ten gevolge van deze andere ongevallen minder frequent en minder snel na het ongeval wordt geconstateerd door een (huis)arts. Bij de meeste slachtoffers beginnen de klachten meteen of enkele uren na het ongeval. In verband met een adequate behandeling is het nodig dat de whiplash-patiënt binnen 24 uur na het ongeval een arts raadpleegt. Een andere belangrijke conclusie die uit de analyse van de enquête volgt is het feit dat veel slachtoffers van achterwaartse aanrijdingen het ongeval niet hebben zien aankomen. Dit is van belang voor verder biomechanica onderzoek en de ontwikkeling van crash dummies en computermodellen in verband met de mogelijke rol die spieren spelen in de biomechanische reactie en het whiplash-letselmechanisme.

Biomechanica onderzoek

TNO heeft een literatuurstudie uitgevoerd naar achterwaartse botsproeven met vrijwilligers. De resultaten hiervan zijn voor een deel direct gebruikt voor de ontwikkeling en validatie van een nieuwe crash dummy nek en voor een computermodel van de menselijke nek. Met name de vrijwilligersproeven die in Japan zijn/worden uitgevoerd zijn hiervoor interessant, aangezien daarbij gebruik wordt gemaakt van nieuwe meettechnieken zoals EMG-metingen ter bepaling van de spieractiviteit en high-speed Röntgen-opnamen voor de beweging van de nek-wervels tijdens een achterwaartse botsing. Aangezien de letselmechanismen en -toleranties betreffende whiplash nog niet bekend zijn, stelt TNO voorlopig dat het risico op whiplash-letsel kan worden gereduceerd door de belasting op en de beweging van het hoofd/nek systeem te beperken. Wel kan uit de vrijwilligersproeven geconcludeerd worden dat een slechte hoofdsteun tot een grotere belasting op de nek kan leiden dan optreedt bij afwezigheid van de hoofdsteun. Een belangrijke conclusie uit deze studie is dat verder onderzoek zich ook dient te richten op hoofdcontact (dus niet alleen op de 'zweepsag' beweging), ook

dient te richten op het onderste (lumbale) deel van de wervelkolom (dus niet alleen op de nek), en ook op asymmetrische belasting van de nek (bijvoorbeeld: opzij kijken tijdens een achterwaartse botsing). Verder blijkt uit deze studie dat whiplash-achtige klachten al kunnen ontstaan bij 'milde' achter-aanrijdingen.

Toolontwikkeling

TNO heeft een eerste aanzet gegeven tot de ontwikkeling van tools: een nieuwe dummy nek, geschikt voor achterwaartse botsingen, en een computermodel van de menselijke nek, inclusief spieren en wervels. Dit computermodel, ontwikkeld in samenwerking met de Technische Universiteit Eindhoven, is geschikt voor 'indepth' studies naar whiplash-letsels, bijvoorbeeld middels reconstructies van echte ongevallen.

Reglementering

De aanwezigheid van hoofdsteunen in personenauto's is in Nederland niet wettelijk verplicht. Wel wordt in het Nieuwe Voertuigreglement (NVR), behorend bij de Wegenverkeerswet 1994, gesteld dat indien hoofdsteunen aanwezig zijn, ze aan richtlijn 78/932/EEG moeten voldoen. Het gaat dan om personenauto's die in gebruik zijn genomen na 31 december 1994. Deze EEG eisen dateren uit 1978 en zijn sterk verouderd. Genoemde richtlijn bepaalt dat de minimumhoogte van de hoofdsteun 70 cm moet bedragen, terwijl een hoogte van 95 cm nodig is om 95% van de Nederlandse bevolking optimaal te beschermen²⁵. Inmiddels zijn er internationale afspraken gemaakt om per 1-10-1999 in het vergelijkbare ECE-Reglement deze minimumhoogte op 80 cm te stellen voor de voorste zitplaatsen. De bestaande voertuig richtlijnen/reglementen op het terrein van achterwaartse botsingen zijn gericht op de sterkte van het passagierscompartiment en de sterkte van de brandstoftank. Hiermee leiden deze voorschriften in het algemeen, maar specifiek bij kleine auto's, tot stijve constructies van de achterzijde, waarbij vanuit biomechanisch oogpunt een meer geleidelijke krachtsinwerking wenselijk is om letsels te voorkomen.

Produktontwikkeling

Veel automobiel- c.q. stoelfabrikanten zijn momenteel geïnteresseerd in de ontwikkeling van 'anti-whiplash' hoofdsteunen. De ontwikkelingen richten zich vooral op het beperken van de achterwaartse hoofdbeweging, door de verticale en horizontale positie van de hoofdsteun ten opzichte van het hoofd te optimaliseren. Ook wordt er wel gekeken naar de energie-absorberende eigenschappen van hoofdsteunen, om de 'rebound' beweging van hoofd en nek te reduceren. Er wordt weinig aandacht besteed aan reductie van de belasting op het hoofd/nek systeem. Een probleem hierbij vormt het ontbreken van geschikte produktontwikkelingstools. Verder bestaat er nog weinig aandacht voor een integraal concept van stoel en hoofdsteun.

²⁵ Afstand vanaf referentie-punt boven zitting (ongeveer 5 cm boven zitting) tot bovenkant hoofdsteun, waarbij deze dient samen te vallen met bovenkant hoofd.

Toepassing produkten

De hoofdsteunen in het huidige wagenpark voldoen vaak niet. Uit een SWOV studie blijkt dat de maximale hoogte-instelling onvoldoende is voor de meeste bestuurders en voorpassagiers. Op de achterbank ontbreken vaak hoofdsteunen. De kwaliteit en gebruikersvriendelijkheid van de hoofdsteun-instelling laat vaak te wensen over. Verder werd geconcludeerd uit deze studie dat de zithouding van veel auto-inzittenden slecht c.q. gevaarlijk is, de rugleuning staat vaak te ver achterover.

De verwachting is dat bij een goed ontwerp van de stoel/hoofdsteun constructie, gebaseerd op biomechanische inzichten betreffende letselmechanismen en - toleranties, minstens 60% van de whiplash-letsels bij achteraanrijdingen kan worden voorkomen. Dit komt globaal overeen met 1/3 deel van alle whiplash-gevallen.

Voorlichting

De landelijke voorlichtingscampagne 'Voorkom Nekletsel' heeft bijgedragen aan de bekendheid van de whiplash-problematiek. Een half jaar na de start van de campagne is gebleken dat meer auto-inzittenden de hoofdsteun zo hoog mogelijk instellen (hetgeen meestal niet hoog genoeg is). Dit soort campagnes dienen regelmatig herhaald te worden om blijvend effect te scoren.

Naar aanleiding van dit onderzoek kunnen ter preventie van whiplash-letsels (bij achter-aanrijdingen) de volgende **aanbevelingen** geformuleerd worden:

Ongevalsstatistieken:

1. Nederland dient een (in-depth) ongevalsstatistieken-systeem in te voeren dat aansluit bij de overige (West)Europese landen, zodat uitwisseling van ongevals/letselgegevens mogelijk wordt.
2. Eén of meerdere (vervolg)onderzoeken dienen uitgevoerd te worden om het inzicht in de whiplash-problematiek te vergroten:
 - Een vervolg-enquête onder een geselecteerde groep whiplash-patiënten uit het huidige NSWP/TNO computerbestand;
 - Bestanden van verzekeraars koppelen en analyseren m.b.t. whiplash-ongevallen;
 - Specifieke vragen stellen m.b.t. whiplash-klachten bij een (volgende) bevolkingsenquête.

Biomechanica onderzoek:

3. Toekomstig biomechanica onderzoek dient zich o.a. te richten op:
 - de invloed van de nekspieren;
 - het meten van verplaatsingen en deformaties van de nekwervels;

- het analyseren van de belasting op en beweging van de gehele wervelkolom;
- ook andere botsrichtingen dan achterwaarts;
- de invloed van hoofdcontact op whiplash;
- de invloed van zijwaartse hoofdrotatie (opzij kijken) op whiplash;
- de toepassing van computermodellen om inzicht te krijgen in letselmechanismen en -toleranties, bijvoorbeeld middels ongevalsreconstructies;
- het risico op whiplash bij vrouwen versus mannen.

Toolontwikkeling:

4. De EMG-metingen en high-speed Röntgen-opnamen van de JARI vrijwilligersproeven dienen gebruikt te worden voor de ontwikkeling en validatie van crash dummies (proefpoppen) en computermodellen, geschikt voor achterwaartse botsingen.
5. Bij de verdere ontwikkeling van crash dummies en computermodellen van de mens dient rekening te worden gehouden met de invloed van de lichaamslengte op de interactie tussen mens en stoel/hoofdsteun en met de toegenomen lichaamslengte van de populatie auto-inzittenden.
6. Bij de ontwikkeling van een crash dummy, geschikt voor achterwaartse botsingen, dient de vorm en stijfheid van de gehele wervelkolom meegenomen te worden.

Reglementering:

7. De verouderde richtlijn 78/932/EEG (hoofdsteunhoogte 70 cm) dient in overeenstemming te worden gebracht met reglement ECE-R25 (hoofdsteun-hoogte wordt 80 cm).
8. De minimale hoogte-instelling van hoofdsteunen dient verder aangepast te worden in bovengenoemde voorschriften, waarbij 85 cm een minimum is.
9. Er dienen eisen gesteld te worden aan de diepte-instelling van hoofdsteunen, zodat de afstand tussen hoofdsteun en hoofd minimaal wordt.
10. De aanwezigheid van hoofdsteunen op de voor- en achterplaatsen dient wettelijk vastgelegd te worden.
11. In de toekomst dienen eisen te worden gesteld aan de stoel/hoofdsteun constructie met betrekking tot de preventie van whiplash-letsels. Daartoe dient een achterwaartse botsproef (inclusief crash dummy en eisen)

ontwikkeld te worden. Ook ten aanzien van niet-achterwaartse botsproeven dienen (extra) eisen te worden gesteld m.b.t. whiplash-preventie.

12. Onderzocht dient te worden of de huidige voertuig-eisen en de daaruit volgende voertuig-constructies leiden tot een verhoogd whiplash-risico. Indien nodig dienen de voorschriften aangepast te worden en/of nieuwe voorschriften ontwikkeld te worden m.b.t. de achterzijde van personenauto's.

Produktontwikkeling:

13. Hoofdsteunen dienen de achterwaartse verplaatsing en rotatie van het hoofd te reduceren.
14. Om de belasting op de hoofd/nek verbinding te reduceren dienen de energie-absorberende eigenschappen van de stoel en de hoofdsteun op elkaar afgestemd te worden, en dienen deze gebaseerd te zijn op biomechanische inzichten betreffende whiplash letselmechanismen en -toleranties, welke geïmplementeerd dienen te worden in een betrouwbare testmethode.
15. De industrie dient de instelmogelijkheden van de hoofdsteunen te verbeteren, zowel de hoogte- en diepte-instelling, als ook de kwaliteit en gebruiksvriendelijkheid van de instelling. Een alternatief vormt de ontwikkeling van geïntegreerde hoofdsteunen.

Toepassing producten:

16. Basis beveiligingsmiddelen, zoals 3-punts gordels en hoofdsteunen, dienen standaard in een auto aanwezig te zijn.
17. Aanbevolen wordt een aantal 'extreme' stoel/hoofdsteun ontwerpen uit de huidige markt te selecteren en te onderwerpen aan een statische (afmetingen) en dynamische evaluatie (crash dummy sledeproeven).

Voorlichting:

18. Een regelmatige herhaling van landelijke voorlichtingscampagnes betreffende het (goed) gebruik van beveiligingsmiddelen, inclusief hoofdsteunen, is nodig om een blijvend effect te scoren.
19. Een goede beschrijving van een correcte stoel- en hoofdsteuninstelling in de instructie-boekjes is wenselijk.
20. Garage-bedrijven en dealers zouden het correct instellen van de hoofdsteun dienen op te nemen in hun service-pakket. Controle van het correct func-

tioneren van de instelling dient onderdeel te vormen van een APK-veiligheidskeuring.

21. Naast een publieksvoorlichting is ook een meer gerichte voorlichting c.q. advisering van hulpverleners, artsen, politie, rij-instructeurs en andere 'intermediairs' wenselijk.
22. Consumenten dienen voorgelicht te worden omtrent de letselpreventieve werking van hoofdsteunen in het huidige wagenpark.

Algemene preventie:

23. Een goede lichaamshouding tijdens het werk, op school en in huis, gecombineerd met voldoende lichaamsbeweging en speciale oefeningen zou de weerstand tegen whiplash-letsels kunnen vergroten. Een nader onderzoek hieromtrent is wenselijk.

Traumazorg:

24. Hulpverleners, politie en artsen dienen alert te zijn op whiplash-letsel, ook bij andere ongevallen dan achter-aanrijdingen of kettingbotsingen, ook indien er andere, zichtbare (bijv. aan het hoofd) verwondingen zijn.

Diverse aanbevelingen zullen door TNO zelf opgevolgd worden, met name in het Europese whiplash project dat 1 november 1996 is gestart. Hierin participeren een tiental Europese automobiefabrikanten, stoelfabrikanten, verzekerings-maatschappijen en research instellingen, onder leiding van TNO. Het project wordt gesponsord door de Europese Commissie en moet eind 1999 leiden tot een achterwaartse botsproef voor de evaluatie van stoelen/hoofdsteunen. Ook zal er een demonstratie stoel worden ontwikkeld, die whiplash-letsels dient te voorkomen. TNO is behalve voor de coördinatie van het project, ook verantwoordelijk voor de toolontwikkeling (dummy en computermodel).

Op korte termijn kunnen echter ook al een aantal aanbevelingen uitgewerkt worden en effect scoren. Hierbij valt te denken aan verbetering van de wetgeving, het stimuleren van produktontwikkeling door (Nederlandse) bedrijven, het organiseren c.q. geven van voorlichting aan artsen, politie, rij-instructeurs en andere intermediairs. Dit rapport kan daartoe een eerste aanzet geven.

10 Referenties

- [1] Wismans, J.S.H.M.:
Over mechanica, letsels en preventie.
Intree rede Technische Universiteit Eindhoven, 1990.
- [2] Janssen, E.G., e.a.:
Ontwikkelingen in de richting van duurzame voertuigveiligheid.
SWOV rapport A-95-20, Delft, Leidschendam, 1995.
- [3] Flury, F.C.:
Kosten ten gevolge van verkeersongevallen.
SWOV rapport R-95-27, Leidschendam, 1995.
- [4] Wismans, J.S.H.M. en E.G. Janssen:
De biomechanica van het whiplash-trauma.
In: Het whiplash-probleem, o.r.v. Fisher, Kingma en Patijn, 1992.
- [5] Nygren, A.:
Injuries to car occupants. Some aspects of the interior safety of cars.
Akta Oto-Laryngological, Supplement 395, Almqvist & Wiksell,
Stockholm, 1984.
- [6] Galasko, C., Murray, P. en M. Pitcher:
Soft tissue injury of the cervical spine as a result of a road traffic accident.
15th ESV Conference, paper 96-S9-W-24, Melbourne, 1996.
- [7] Deutscher, C.:
Bewegungsablauf van Fahrzeuginsassen beim Heckaufprall.
Eurotax AG, Ismaning, 1994.
- [8] Tingval, C.:
Persoonlijke informatie.
Department of Injury Prevention, Chalmers University of Technology,
Göteborg, 1993.
- [9] Koch, van M., e.a.:
Soft tissue injury of the cervical spine in rear-end and frontal car
collisions.
Proceedings IRCOB Conference, Brunnen, 1995.

- [10] O'Neill, B., e.a.:
Automobile head restraints: frequency of neck injury insurance claims in relation to the presence of head restraints.
American Journal of Publ. Health, Vol. 62, 1972.
- [11] Lubin, S. en J. Sehmer:
Are automobile head restraints used effectively?
Canadian Family Physician, Vol. 39, 1993.
- [12] Ono, K. en M. Kanno:
Influences of the physical parameters on the risk to neck injuries in low impact speed rear-end collisions.
Proceedings IRCOBI Conference, Eindhoven, 1993.
- [13] Kampen, L.T.B. van:
Availability and (proper) adjustment of head restraints in the Netherlands.
Proceedings IRCOBI Conference, Eindhoven, 1993.
- [14] Wismans, J.S.H.M. en C.G. Huijskens:
Incidentie en preventie van het whiplash trauma.
TNO-rapport no. 94.OR.BV.041.1/JW, Delft, 1994.
- [15] Janssen, E.G.:
Analyse van een enquête gehouden door de Nederlandse Stichting Whiplash Patiënten.
TNO-rapport no. 96.OR.BV.045.0/EJ, Delft, 1996.
- [16] Mertz, H.J. en L.M. Patrick:
Investigation of the kinematics and kinetics of whiplash.
Proceedings 11th Stapp Car Crash Conference, SAE paper 670919, 1967.
- [17] Thunnissen, J.G.M.:
Analysis of human head-neck response during low-severity rear-end impacts.
TNO-rapport no. 96.OR.BV.041.1/JTH, Delft, 1996.
- [18] Thunnissen, J.G.M., e.a.:
A dummy neck for low severity rear impacts.
15th ESV Conference, paper 96-S10-O-12, Melbourne, 1996.
- [19] Jager, M.K.J. de:
Mathematical head-neck models for acceleration impacts.
Proefschrift Technische Universiteit Eindhoven, 1996.

- [20] Haaster, R. van:
Modelling of the human head-neck system in impact conditions.
Afstudeerrapport Technische Universiteit Eindhoven, WFW-96.107, 1996.
- [21] Schoon, C.C.:
Technische aspecten omtrent de aanwezigheid en gebruik van
hoofdsteunen.
SWOV rapport R-95-30, Leidschendam, 1995.
- [22] European Traffic Safety Council:
Reducing traffic injuries through vehicle safety improvements - the role of
car design.
Rapport ETSC, Brussel, 1993.
- [23] Goldenbeld, Ch.:
Evaluatie van de campagne 'Voorkom Nekletsel'.
SWOV rapport R-96-**, Leidschendam, 1996.

Bijlage A NSWP enquête-formulier

**NSWP****VOORBEREIDENDE ENQUÊTE WHIPLASH**

reg. nr. _____

(s.v.p. met blokletters invullen)

- 1) Heeft u het Whiplash-letsel opgelopen:
- Als inzittende bij een auto-ongeval? ja/nee*
 - Anders (s.v.p. korte omschrijving):

- 2) Type aanrijding:
- Werd u van achteren aangereden? ja/nee*
 - Reed u tegen een voorligger of obstakel? ja/nee*
 - Werd u van opzij aangereden? links/rechts*
 - Was u bij een kettingbotsing betrokken? ja/nee*

- 3) Type auto _____
 model _____
 bouwjaar _____
 Reparatiebedrag f _____
 Aantal inzittenden _____

- 4) Was u:
- bestuurder ja/nee*
 - passagier voorin ja/nee*
 - passagier achterin links/rechts*

- 5) Droeg u een gordel? ja/nee*
 Zo ja, was dit een driepuntsgordel? ja/nee*

- 6) Was er een airbag aanwezig? ja/nee*
 Zo ja, is deze in werking getreden? ja/nee*

- 7) Was er een hoofdsteun? ja/nee*
 Indien instelbaar, in welke stand stond deze?
- laagste stand ja/nee*
 - hoogste stand ja/nee*
 - tussenstand ja/nee*
 - onbekend ja/nee*

- 8) Zag u het ongeval aankomen? ja/nee*

- 9) Kwam u in aanraking met het auto-interieur? ja/nee*
 Had u zichtbare verwondingen? ja/nee*

- 10) Had het ongeval plaats binnen de bebouwde kom? ja/nee*
 Stond u voor een verkeerslicht? ja/nee*
 Was er regen? ja/nee*

- 11) Wanneer en waar had het ongeval plaats?

Datum _____

Plaats _____

- 12) Is er politie bij geweest? ja/nee*
 Zo ja, is er procesverbaal opgemaakt? ja/nee*

- 13) Klachten begonnen:
- meteen ja/nee*
 - enige tijd later na _____ uur
 - na _____ dagen
 - na _____ maanden

- 14) Whiplash werd vastgesteld door:
- huisarts datum _____ ja/nee*
 - specialist datum _____ ja/nee*

- 15) Leeftijd _____ jaar
 Lengte _____ meter
 Gewicht _____ kg

- 16) Man / vrouw*

(* Doorstrepen wat niet van toepassing is)

Naam _____

Adres _____

Postcode _____

Woonplaats _____

Bijlage B TNO Rear Impact Dummy (TRID) nek

Design of the TRID-neck

-continued-

**TRID-neck-II
assembly**



Design of the TRID-neck

-continued-

**TRID-neck-II
exploded view
- detail**

