

Direct na het ongeval

Verkennde literatuurstudie naar hulp aan
verkeersslachtoffers

R-2020-24

SWOV



Auteurs



Dr. F. Hermens

Ongevallen **voorkomen**
Letsel **beperken**
Levens **redden**

Documentbeschrijving

| | |
|---------------------|--|
| Rapportnummer: | R-2020-24 |
| Titel: | Direct na het ongeval |
| Ondertitel: | Verkennde literatuurstudie naar hulp aan verkeersslachtoffers |
| Auteur(s): | Dr. F. Hermens |
| Projectleider: | Dr. F. Hermens |
| Projectnummer SWOV: | S20.01.G |
| Projectinhoud: | Dit rapport behandelt de onderzoeksvraag of de eerste hulp aan verkeersslachtoffers na een ongeval kan worden verbeterd, en hoe dat zou kunnen. Hiertoe is een uitgebreide literatuurstudie gedaan en zijn gesprekken met diverse experts gevoerd. |
| Aantal pagina's: | 82 |
| Fotografen: | Paul Voorham (omslag) – Peter de Graaff (portret) |
| Uitgave: | SWOV, Den Haag, 2020 Dit onderzoek is mede mogelijk gemaakt door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat |

**De informatie in deze publicatie is openbaar.
Overname is toegestaan met bronvermelding.**

SWOV – Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid

Bezuidenhoutseweg 62, 2594 AW Den Haag – Postbus 93113, 2509 AC Den Haag
070 – 317 33 33 – info@swov.nl – www.swov.nl

 [@swov_nl](https://twitter.com/swov_nl) / [@swov](https://twitter.com/swov)  [linkedin.com/company/swov](https://www.linkedin.com/company/swov)

Samenvatting

Kan de eerste hulp aan verkeersslachtoffers na een ongeval verbeteren en hoe? Om deze vraag te beantwoorden is een literatuurstudie gedaan en zijn gesprekken met experts gevoerd.

Eerst is onderzocht of hulp op tijd bij het slachtoffer is. Het overgrote deel (ongeveer 91% tot 93%) van de ambulances komt binnen de norm (15 minuten bij A1-inzetten) aan en er zijn weinig aanwijzingen voor extreem lange responstijden (langer dan 30 minuten). Het slachtoffer is in de meeste gevallen binnen 45 minuten op de spoedeisende hulp. Uit de literatuur blijkt dat een korte vertraging in de responstijd niet noodzakelijk tot een slechtere gezondheidsuitkomst leidt, met uitzondering van acute gevolgen van een ongeval, zoals een hartstilstand, een ademstilstand of een levensbedreigende bloeding. Kranten en een brandbrief van medewerkers bij traumacentra spreken van capaciteitsproblemen op de spoedeisende hulp. Exacte getallen over hoe vaak dit voorkomt en hoe ernstig de consequenties zijn voor spoedeisende hulp in het algemeen of specifiek voor verkeersslachtoffers, zijn echter moeilijk te vinden. Waarschijnlijk verbetert de bereikbaarheid van spoedeisendehulpafdelingen bij een snellere doorstroming van vooral oudere patiënten naar zorg buiten het ziekenhuis. Problemen met de doorstroming zijn niet uniek voor Nederland; in bijvoorbeeld het VK halen capaciteitsproblemen in de spoedeisende hulp en de mogelijke oorzaken regelmatig het nieuws. Het effect van een verbeterde doorstroming van patiënten naar zorg buiten het ziekenhuis op de uitkomst van verkeersslachtoffers is echter nog te bepalen.

Er zijn verschillende manieren om te proberen hulp sneller ter plaatse te laten zijn, onder meer door verandering aan te brengen in het melden. Dit kan bijvoorbeeld door gebruik te maken van een systeem in het voertuig dat na het ongeval automatisch de hulpdiensten inschakelt (eCall), en melden met beeld en sociale media (het 'nieuwe melden'). Ook het inzetten van wiskundige modellen om de verdeling van ambulances over een regio te verbeteren, het gebruik van automatische afstemming van verkeerslichten, of het voeren van optische en geluidssignalen zijn mogelijkheden. De exacte bijdragen van elke methode blijken moeilijk in te schatten. Verder onderzoek is nodig om na te gaan wat iedere methode toevoegt, met name aan de behandeling van verkeersslachtoffers.

Naast inzet van medisch personeel, zijn er ook belangrijke taken weggelegd voor brandweer en politie. De bijdrage van vrijwilligers en omstanders lijkt voor hulp aan verkeersslachtoffers beperkt. Voor de behandeling ter plaatse en voor de afhandeling van de melding op de meldkamer leiden protocollen het proces in goede banen.

Hersenletsel is een aanzienlijk probleem bij slachtoffers van verkeersongevallen. Naast het voorkomen van hersenletsel (bijvoorbeeld door het dragen van een helm), lijken verbeteringen mogelijk bij de eerste behandeling van dergelijk letsel. Deze bestaan onder meer uit het beter inzicht krijgen in welke slachtoffers met ogenschijnlijk licht hersenletsel na verloop van tijd zullen verslechteren en een beter begrip van de processen die leiden tot secundair hersenletsel.

Een minder bekend probleem bij verkeersslachtoffers is het psychologische gevolg van een verkeersongeval, waarvan posttraumatische stress, depressie en angststoornissen de meest

voorkomende zijn. Met name posttraumatische stress heeft grote invloed op het verdere leven van het slachtoffer. Slachtoffers en hulpverleners herkennen de stoornissen mogelijk niet altijd, waardoor het slachtoffer niet altijd de juiste psychologische (therapie) en psychiatrische (medicijnen) hulp krijgt.

Summary

Post-crash; Explorative literature review of aid to road casualties

Can first aid to road casualties be improved and, if so, how? To answer this question, the literature was reviewed and experts were interviewed, with a focus on the Dutch situation.

First, we studied whether ambulances arrive in time to help road casualties. Most (about 91% to 93%) of the ambulances arrive within the target response time (15 minutes for A1 urgency), and there are few indications of extremely long response times (longer than 30 minutes). In most cases, road casualties reach an emergency room within 45 minutes. The literature suggests that a short delay in response time does not necessarily lead to a worse health outcome, except for acute trauma, such as a cardiac or respiratory arrest, or a life-threatening haemorrhage. There are indications of capacity problems and crowding in Dutch emergency rooms, as reported by newspapers and in a letter from emergency care staff to the ministry of health. However, it is hard to obtain exact numbers indicating the extent of these capacity issues or how serious the associated consequences are for emergency rooms in general, or for road casualties in particular. There are suggestions that accessibility of emergency rooms can be improved with improved throughput of especially older patients to outpatient care. Problems with patient throughput are not unique to the Netherlands; in the UK for instance, capacity problems of emergency rooms and the possible causes regularly make the headlines. Nevertheless, the effect of improved patient throughput to outpatient care on the health outcome of road casualties is still to be determined.

There are different ways to ensure that emergency services reach the crash scene sooner, for example by enhancing reporting of the crash to emergency services. These include an in-vehicle system to automatically call the emergency services after a crash (eCall), or the use of images and social media. Moreover, mathematical models can be used to improve the distribution of ambulances over a region, coordination of traffic lights may improve traffic flow, or optical signals and sound signals can be used strategically. The exact contribution of each method proves hard to assess on the basis of the literature alone. Further research is needed to evaluate the extent to which each method improves trauma care of road casualties.

Apart from medical staffing, important tasks are reserved for fire and police officers. First aid provided by volunteers and bystanders to casualties of road crashes seems of limited benefit. Protocols are in place for on-site treatment and for how dispatchers should deal with an emergency call.

Brain injuries are a serious problem in road casualties. Besides preventing brain injuries (for example by wearing a helmet), some improvements may still be possible in the first line treatment of such injuries, for example by a better understanding of which supposedly slight brain injuries are likely to deteriorate, and of the processes leading to secondary brain injuries.

A less well-known problem are the psychological consequences of a road crash, such as post-traumatic stress disorder, depression and anxiety disorders. Post-traumatic stress, in particular, has an enormous impact on the quality of life. Trauma care and healthcare providers may not always recognise such psychological consequences, and as a consequence road traffic casualty may not receive optimal psychological (therapy) and psychiatric (medication) treatment and support.

Inhoud

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Inleiding | 10 |
| 1.1 | Doelstelling | 10 |
| 1.2 | Leeswijzer | 11 |
| 2 | Methoden | 12 |
| 2.1 | Onderwerpen | 12 |
| 2.2 | Bronnen | 12 |
| 3 | Inzet van hulpdiensten | 14 |
| 3.1 | Responstijden en beschikbaarheid | 14 |
| 3.1.1 | Analyse 2009 | 17 |
| 3.1.2 | 'Gevoelige ziekenhuizen' | 18 |
| 3.1.3 | Toegankelijkheid spoedeisende hulp | 18 |
| 3.2 | Verbeteren responstijden | 20 |
| 3.2.1 | Gebruik van computermodellen | 20 |
| 3.2.2 | Melden en triage | 23 |
| 3.2.3 | Gebruik van optische en geluidssignalen | 29 |
| 3.2.4 | Afstemmen verkeerslichten | 29 |
| 3.3 | Inzet van andere hulpverleners | 30 |
| 3.3.1 | Inzet van de brandweer | 30 |
| 3.3.2 | Inzet van het mobiel medische team | 31 |
| 3.3.3 | Inzet van vrijwilligers en omstanders | 33 |
| 3.4 | Relatie responstijd en uitkomst | 34 |
| 3.5 | Samenvatting inzet hulpdiensten | 35 |
| 4 | Diagnose en behandeling lichamelijk letsel | 36 |
| 4.1 | Hersenletsel | 37 |
| 4.1.1 | Soorten hersenletsel | 37 |
| 4.1.2 | Prevalentie | 38 |
| 4.1.3 | Diagnose hersenletsel | 38 |
| 4.1.4 | Behandeling hersenletsel | 41 |
| 4.2 | Preventie chronische whiplash | 42 |
| 4.3 | Preventie chronische pijn | 44 |
| 4.4 | Behandelingsprotocollen en individuele verschillen in letsel | 45 |
| 4.4.1 | Alcoholgebruik | 47 |
| 4.4.2 | Mannen en vrouwen | 47 |
| 4.4.3 | Verkeersdeelnemers met overgewicht | 47 |
| 4.5 | Samenvatting diagnose en behandeling lichamelijk letsel | 48 |
| 5 | Diagnose en behandeling psychische gevolgen | 49 |
| 5.1 | Prevalentie van PTSS | 49 |
| 5.2 | Gevolgen PTSS | 50 |
| 5.3 | Screening voor PTSS | 50 |

| | | |
|----------|------------------------|-----------|
| 5.4 | Risicofactoren PTSS | 51 |
| 5.5 | Behandeling van PTSS | 51 |
| 5.6 | Aanpak in Nederland | 52 |
| 6 | Conclusies | 54 |
| 6.1 | Inzet van hulpdiensten | 54 |
| 6.2 | Lichamelijk letsel | 55 |
| 6.3 | Psychologisch gevolgen | 55 |
| | Literatuur | 56 |

1 Inleiding

Verkeersveiligheidspreventie maakt onderscheid op basis van het moment van het ongeval: (1) pre-crash, (2) crash, en (3) post-crash. Pre-crashpreventie, zoals het beperken van gebruik van alcohol in het verkeer (Houwing et al., 2015; SWOV, 2020) en het tegengaan van gebruik van telefoons in het verkeer (Hoekstra et al., 2013), en crashpreventie, zoals het gebruik van airbags en autogordels (Davidse, Louwerse & Van Duijvenvoorde, 2018), krijgen (terecht) veel aandacht. Na het ongeval (post-crash) kan er ook 'preventief' worden gewerkt, onder meer door de snelheid en de kwaliteit van de inzet van hulpdiensten (ambulance, politie en brandweer), en de kwaliteit van traumabehandeling te verbeteren. De scheidslijn tussen de drie fases is mogelijk niet zo eenduidig als deze in eerste instantie lijkt. Aanpassingen aan de infrastructuur kunnen bijvoorbeeld leiden tot voorkoming van ongevallen (pre-crash) en tot minder ernstige ongevallen (crash), en zij kunnen er ook voor zorgen dat hulpdiensten sneller bij het slachtoffer kunnen zijn (post-crash). Het belang van de post-crashfase in het onderzoek naar verkeersveiligheid wordt ook duidelijk uit het opnemen van 'traumacare' onder de 'safety performance indicators' (SPI's), die een maat zijn voor hoe het met de verkeersveiligheid in de verschillende EU-landen is gesteld (Hakkert & Gitelman, 2007).

1.1 Doelstelling

Het onderzoek richt zich op de huidige stand van zaken in Nederland rond hulp aan verkeersslachtoffers direct na het ongeval en zoekt naar antwoorden op de vraag of, en hoe, deze hulp verbeterd zou kunnen worden. 'Direct na het ongeval' betekent hierbij de eerste minuten, uren, dagen en mogelijk weken na het ongeval. Hiermee richt deze verkennende literatuurstudie zich dus op het eerste gedeelte van de keten van zorgverlening (LNAZ, z. j.) en vult daarmee onderzoek aan naar de consequenties van verkeersongevallen op de lange termijn (Weijermars et al., 2016, 2014a).

De keten van zorg bij ongevallen (zie ook Weijermars et al., 2014b) begint bij eventuele hulp door omstanders en het melden bij de meldkamer, die (indien nodig) de hulpdiensten inschakelt. De volgende stap is het verplaatsen van de hulpdiensten naar het slachtoffer, waarbij niet alleen politie, brandweer en ambulances, maar mogelijk ook een mobiel medisch team, bergingsbedrijven, de milieudienst en GGZ-instellingen betrokken kunnen zijn (LNAZ, z. j.). Een medische hulpdienst onderzoekt en behandelt de patiënt deels ter plaatse en vervoert deze (indien nodig) naar een traumacentrum of (de spoedeisende hulp binnen) een ziekenhuis. Het team dat de patiënt gaat opvangen wordt vooraf gewaarschuwd en bereidt zich voor op de komst van de patiënt. Indien nodig, wordt de patiënt geopereerd, naar de intensive care gebracht, op een verpleegafdeling opgenomen, en (na ontslag uit het ziekenhuis) poliklinisch verder behandeld (LNAZ, z. j.). Verdere hulp kan bijvoorbeeld worden geboden met schadeclaims en met psychologische ondersteuning om weer te gaan werken of aan het verkeer deel te nemen (Slachtofferhulp, z. j.).

1.2 Leeswijzer

Deze verkenning licht in *Hoofdstuk 2* eerst de methoden toe en behandelt daarna de volgende onderwerpen: de inzet van hulpdiensten (*Hoofdstuk 3*); de diagnose en behandeling van lichamelijk letsel (*Hoofdstuk 4*); en de diagnose en behandeling van de psychische gevolgen (*Hoofdstuk 5*).

2 Methoden

Met een verkennende literatuurstudie is de huidige stand van zaken rond hulp direct na een verkeersongeval onderzocht, om zo in kaart te brengen of, en hoe, deze hulp zou kunnen verbeteren. Dit onderzoek sluit aan op eerder werk binnen SWOV (Weijermars et al., 2014a, 2014b, 2016), waarin onder meer de gevolgen van verkeersongevallen op de langere termijn in beeld zijn gebracht. Dit hoofdstuk licht de keuze van de onderwerpen en de gebruikte bronnen toe.

2.1 Onderwerpen

De gekozen onderwerpen volgen uit een iteratieve verkenning, met als het startpunt gesprekken met deskundigen. Het uitwerken van deze onderwerpen leidde tot nieuwe informatie, nieuwe personen om contact op te nemen, en vaak weer meer onderwerpen om te onderzoeken. Wel is steeds in de gaten gehouden dat het literatuur betrof over direct na het ongeval (geen lange termijn, omdat hier reeds onderzoek naar was uitgevoerd binnen SWOV, Weijermars et al., 2014a, 2014b, 2016). Soms zijn er kleine 'excursies' gemaakt naar onderzoek iets buiten het domein van de verkeersveiligheid, bijvoorbeeld over de rol van omstanders of het melden met beeld (waarvan bekend is dat zij een positieve bijdrage leveren bij het behandelen van een hartstilstand). Deze excursies droegen eraan bij beter inzicht te verkrijgen over of, en hoe, dergelijke hulp ook bij verkeersongevallen zou kunnen worden ingezet.

Uit deze iteratieve verkenning kwamen de volgende onderwerpen naar voren: (1) mogelijke problemen bij de responstijden van ambulances en beschikbaarheid van de spoedeisende hulp, (2) de behandeling van hersenletsel, en (3) de behandeling van de psychologische gevolgen van verkeersongevallen. Deze onderwerpen zijn ondergebracht in drie hoofdthema's: (1) de inzet van hulpdiensten, (2) de behandeling van lichamelijke consequenties, (3) de behandeling van psychische consequenties.

2.2 Bronnen

Deze studie maakt gebruik van literatuur en gesprekken met experts. Naast de gebruikelijke door externe beoordelaars getoetste ('peer reviewed') wetenschappelijke literatuur (doorzocht met Google Scholar), is ook gebruikgemaakt van krantenberichten, proefschriften, rapporten, televisie-documentaires, video's op YouTube, blogs, en kamerbrieven. Deze alternatieve bronnen zijn gebruikt omdat veel van de vragen niet konden worden beantwoord met alleen de extern getoetste wetenschappelijke literatuur.

Wetenschappelijke literatuur beschrijft vaak de situatie in het buitenland, terwijl voor dit onderzoek de stand van zaken in Nederland van belang was. Daarnaast blijken veel van de onderwerpen nog niet systematisch te zijn onderzocht, en beperken de antwoorden zich tot informatie die wel beschikbaar is. Houd er wel rekening mee dat alternatieve bronnen niet altijd van dezelfde wetenschappelijke kwaliteit zijn als de wetenschappelijke literatuur. Ook zijn meerdere bronnen gecombineerd om tot een beeld te komen, waarbij steeds de kanttekening is gemaakt dat het om

informatie uit alternatieve literatuur gaat. Omdat proefschriften en rapporten vaak intern (en soms ook extern) zijn getoetst, geven deze waarschijnlijk een beter beeld van de werkelijkheid dan bijvoorbeeld krantenberichten, televisiedocumentaires en video's op YouTube.

Het is lastig voor elk onderwerp exact aan te geven hoe de informatie is gevonden. Zo volstond bij het zoeken naar informatie over verkeersongevallen een enkele zoekterm meestal niet, maar combinaties van 'traffic' en 'road', of 'crash' en 'accident' wel. Vanwege het grote aantal onderzochte onderwerpen en de verkennende aard van het onderzoek, is niet systematisch bijgehouden welke zoektermen zijn gebruikt of hoeveel bronnen zijn gevonden (zoals gebruikelijk bij een systematische literatuurstudie). Het kan daarom voorkomen dat niet alle over een onderwerp beschikbare literatuur aan bod komt. Naast directe zoekresultaten zijn bronnen ook opgespoord door citaties in reeds gevonden artikelen te volgen, door te onderzoeken welke bronnen verwijzen naar een reeds gevonden bron, en in documenten aangeleverd door de experts met wie gesproken is.

Ondanks de situatie rond het coronavirus is het gelukt met verschillende experts te spreken. Er is met experts gesproken over eCall, de behandeling van hersenletsel, slachtofferhulp, en post-traumatisch stress. Ook is er contact geweest met VeiligheidNL, het RIVM, de ambulancedienst Flevoland, Acute Zorg Regio Oost, TNO, en de ANWB. Met de instanties en experts is onder meer de reeds gevonden literatuur besproken en is om aanvullende literatuur gevraagd. Geprobeerd is voor alle informatie uit de gesprekken ook bijbehorende literatuur te vinden. Naast contact over de onderwerpen, is er ook gecorrespondeerd over de beschikbaarheid van data.

3 Inzet van hulpdiensten

Dit hoofdstuk bespreekt de inzet van hulpdiensten en gaat in op de volgende vragen:

- (1) Zijn er aanwijzingen dat er problemen zijn met de responstijd van ambulances en beschikbaarheid van de spoedeisende hulp?;
- (2) Op welke manieren kan de responstijd worden verbeterd?;
- (3) Kan de beschikbaarheid en kwaliteit van hulp worden verbeterd door inzet van anderen, zoals brandweer en omstanders?;
- en (4) Maken langere responstijden veel uit voor de uitkomst?

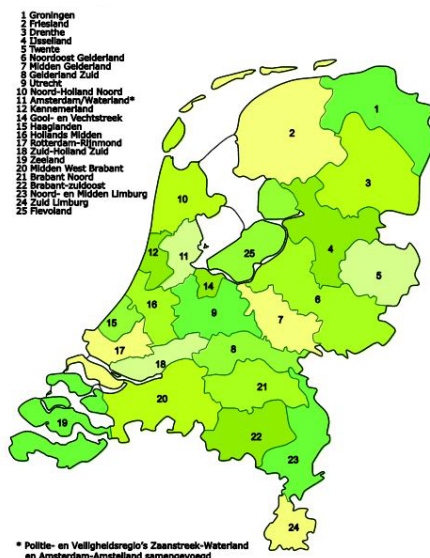
3.1 Responstijden en beschikbaarheid

Nederland heeft 25 ambulance-eenheden (regionale ambulancevoorzieningen; RAV's; zie *Afbeelding 3.1a*). Binnen elk van deze eenheden zijn er verschillende ambulancestandplaatsen, waarvan een groot deel 24 uur per dag opereert en een kleiner deel alleen overdag of 's avonds (*Afbeelding 3.1b*). Het proces van het inzetten van een ambulance begint bij de oproep naar de meldkamer ambulancezorg, die een aantal vragen stelt om vast te stellen of een voertuig ingezet moet worden en, bij inzet, met welke urgentie een voertuig uitgestuurd moet worden. Bij levensbedreigende spoed, of als een levensbedreigende situatie niet uitgesloten kan worden, is er sprake van A1-urgentie. De ambulance rijdt dan met optische en geluidssignalen naar de locatie (al zal deze niet altijd hiervoor kiezen, bijvoorbeeld 's nachts; Karemaker en Polman, 2018).

Afbeelding 3.1. RAV-regio's en ambulancestandplaatsen.

Bron: Kommer en Zwakhals (2011).

(a) RAV-regio's 2010



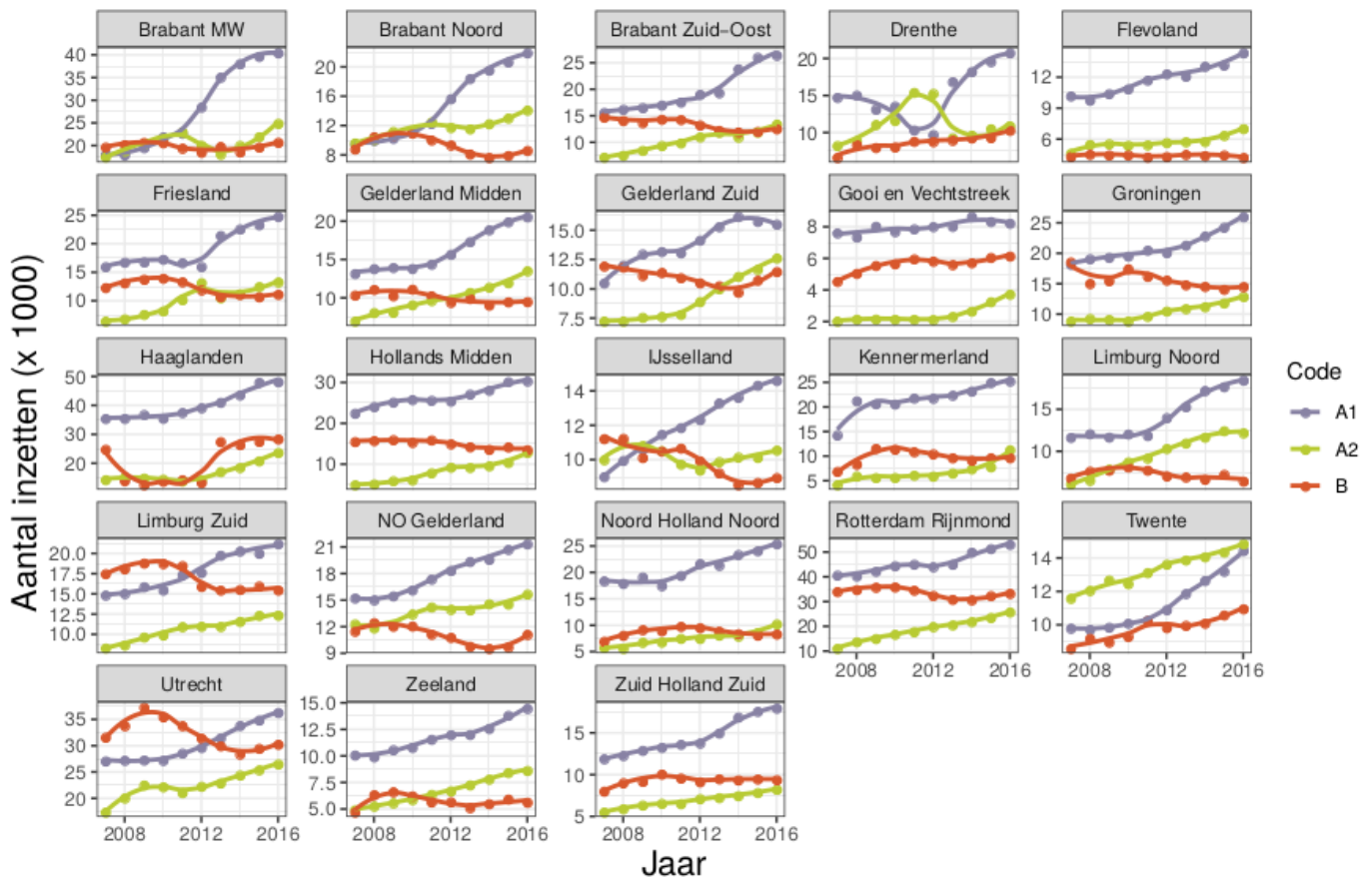
(b) Ambulancestandplaatsen 2019



Bij A2-urgentie is er wel spoed, maar geen sprake van een levensbedreigende situatie. Ook hierbij kan gebruik worden gemaakt van optische en geluidssignalen. Bij B-ritten is er geen sprake van urgentie en gaat het met name om gepland vervoer van patiënten. De meeste landen delen hun ambulanceritten op in urgente en geplande ritten. In andere landen kan het voorkomen dat verschillende ambulancediensten A- en B-inzetten uitvoeren (Van Buuren, 2018). Ook bij het

doorrekenen van modellen voor de verdeling van ambulances wordt doorgaans een onderscheid gemaakt tussen spoed en gepland vervoer (Kommer & Zwakhals, 2013).

Informatie over de verhouding van A1-, A2-, en B-inzetten is beschikbaar op het niveau van de RAV en is te verkrijgen uit CBS open data, die het aandeel inzet tussen 2007 en 2016 per jaar tonen. Weergaven van deze gegevens (Afbelding 3.2) laat zien dat de verdeling van A1-, A2-, en B-inzetten varieert per RAV. Brabant Midden-West heeft bijvoorbeeld relatief veel A1-inzetten, en dan vooral na 2012, terwijl Twente relatief veel A2-inzetten heeft. Voor de meeste regio's neemt het aantal inzetten toe.



Afbelding 3.2. Aantallen A1-, A2-, en B-inzetten per regio tussen 2007 en 2016. Deze dataplot is gemaakt met als bron CBS open data en het pakket ggplot binnen R. Merk op dat de schaal per RAV kan verschillen. De curve toont een schatting van de trend in de aantallen (LOESS schatter).

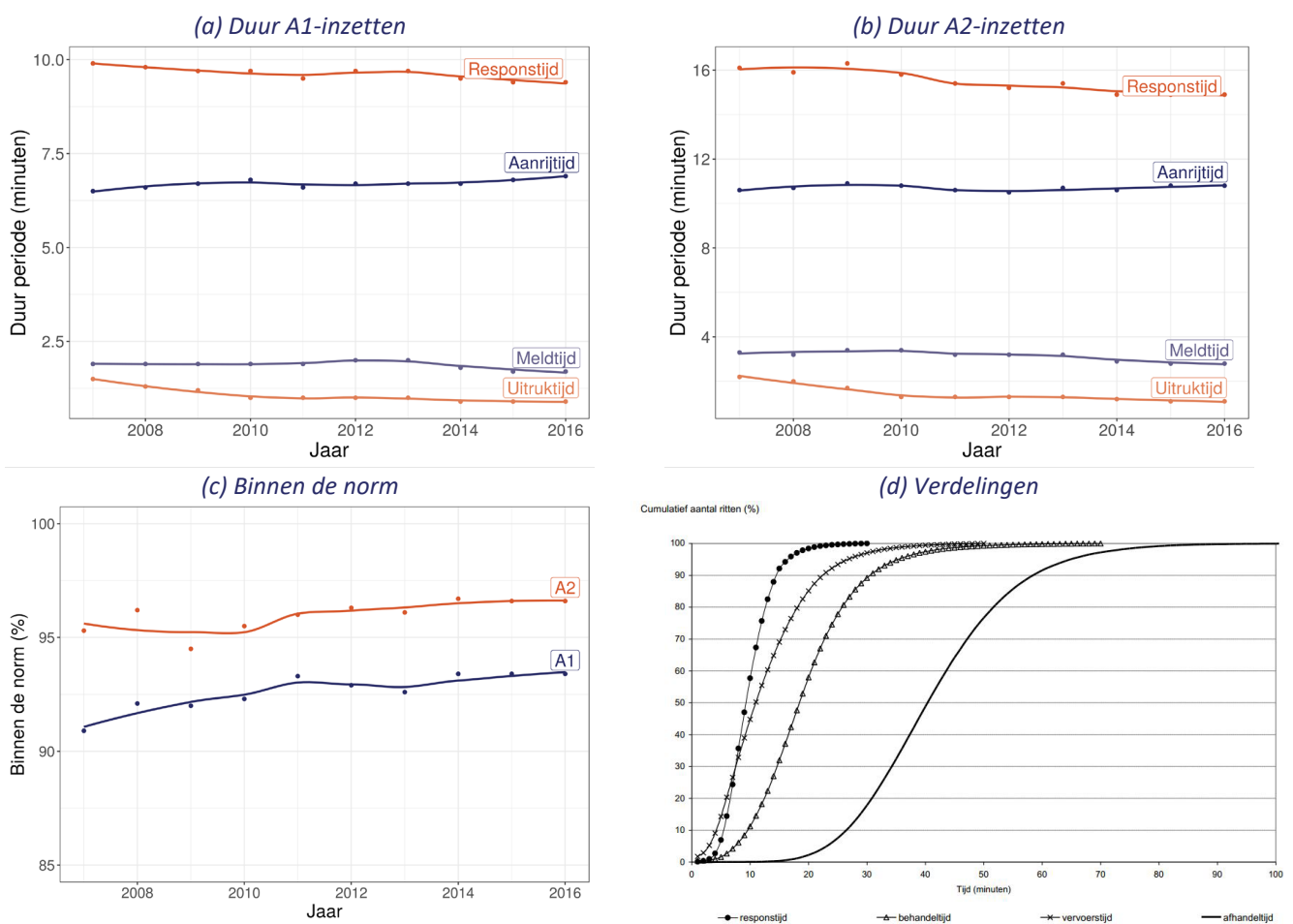
De keuze voor de snelheid van de respons (A1, A2 of B) wordt in eerste instantie bepaald tijdens de triage door de meldkamer. Voor A1-ritten geldt de norm dat hulpdiensten binnen 15 minuten op locatie moeten zijn (de 'responstijd'). De responstijd start bij het binnenkomen van het gesprek bij de meldkamer. Afhankelijk van of de ambulance reeds op de weg is of niet, kan deze tijd ook het in het voertuig stappen (de 'chute time') en het uitrijden van de ambulance bevatten (samen de 'pre-trip delay' genoemd; Van Buuren, 2018).

Als maat voor de kwaliteit van de geleverde diensten van een ambulancedienst wordt vaak het percentage ritten gehanteerd waarbij de patiënt binnen 15 minuten is bereikt. Het doel is 95%, maar de vraag is of dit wel de meest geschikte maat is (Van Buuren, 2018). De norm wordt namelijk ook gehaald bij een klein aantal zeer lange responstijden, maar dergelijke responstijden zijn onwenselijk. Als alle responstijden net onder de 15 minuten blijven, wordt de norm ook gehaald, maar dit is waarschijnlijk een even onwenselijke situatie. De gewenste responstijd hangt mede af van het soort letsel. Zo is een norm van 15 minuten bij bijvoorbeeld een hartstilstand te ruim en moet reanimatie reeds binnen enkele minuten gestart worden. Voor verkeersongevallen

lijkt er niet een duidelijke grens voor responstijden te zijn vanaf wanneer uitkomsten direct slechter zullen zijn, zoals dat bij een hartstilstand wel het geval is (Clark, Winchell & Betensky, 2013; Sanchez-Mangas et al., 2010). Clark, Winchell & Betensky (2013) spreken over een half uur waarna uitkomsten verslechteren, terwijl Sanchez-Mangas et al. (2010) het hebben over een statistisch effect van 10 minuten tijds winst.

De responstijd is niet de enige belangrijke duur in het behandeltraject. Bij aankomst wordt de patiënt eerst gestabiliseerd en vervolgens naar de spoedeisende hulp vervoerd (in Nederland; in andere landen wordt soms gekozen voor het zo snel mogelijk vervoeren van de patiënt naar het ziekenhuis; later meer hierover). Bij elkaar opgeteld worden de responstijd, de behandel tijd ter plaatse, en de vervoer tijd de ‘afhandeltijd’ genoemd (de tijd tussen de oproep en het moment dat de patiënt op de eerste hulp aankomt; Kommer & Zwakhals, 2011).

CBS open data biedt zicht op het verloop van de meldtijd, uitruktijd, aanrijtijd en responstijd. *Afbeelding 3.3a* laat zien dat voor A1-inzetten, de landelijke gemiddelde responstijd rond de 10 minuten ligt (norm van 15 minuten), met een kleine verbetering over de tijd. Deze verbetering zit vooral in de uitruktijd, en iets minder in de meldtijd, terwijl de aanrijtijd wat toegenomen lijkt te zijn. Eenzelfde patroon is zichtbaar voor A2-inzetten (*Afbeelding 3.3b*; norm van 30 minuten), waarbij alle tijden langer zijn dan voor A1-inzetten. *Afbeelding 3.3c* laat zien dat de 30 minuten norm voor A2-inzetten makkelijker wordt gehaald dan de 15 minuten norm voor A1-inzetten, maar dat de overgrote meerderheid van de A1-inzetten binnen 15 minuten bij de patiënt is. Ook lijkt er een licht stijgende lijn te zijn in het aandeel inzetten dat de norm haalt. Na 2016 (niet in deze afbeelding te zien) is dit aandeel voor A1-inzetten weer iets gedaald van 93,4% naar 92,4% in 2018 (Staat VenZ, z. j.).



Afbeelding 3.3. (a)-(c) Responsetijden uit CBS open data. (d) Cumulatieve verdelingen responstijden uit Kommer & Zwakhals (2011).

Op 'Ambulance blog' (z. j.) is informatie beschikbaar over het aantal inwoners en de oppervlakte van elke RAV. Als die gegevens worden gekoppeld aan die uit de CBS open data, is te bepalen of responstijden afhankelijk zijn van de bevolkingsdichtheid en het te bestrijken oppervlakte. Zo is te zien dat de aantallen inzetten samenhangen met het aantal inwoners, en dat A1- en A2-responstijden en -percentages binnen de norm met elkaar samenhangen. Er worden geen verbanden gevonden tussen oppervlakte of aantal inwoners en de prestatie, wat suggereert dat de verdeling van ambulances voldoende rekening lijkt te houden met de mogelijke vraag (inwoners) of de af te leggen afstand (oppervlakte). De gegevens volgen daarmee het redelijkheidsprincipe; meer hierover bij het beschrijven van de inzet van computermodellen.

Voor de 'afhandeltijd' wordt voor A1-ritten een standaard van maximaal 45 minuten gebruikt (Kommer & Zwakhals, 2011). Deze 45 minuten norm wordt, in tegenstelling tot de 15 minuten norm voor responstijden, echter minder strikt nageleefd. De nadruk ligt op de responstijd omdat de spoedeisende hulp die het dichtst bij het slachtoffer is, niet altijd de meest geschikte is (soms kan het beter zijn verder te rijden naar een specialistisch traumacentrum; Ahuja, Tiwari & Bhalla, 2019). Ook kan het soms beter zijn om ter plaatse langer te behandelen om de patiënt voldoende stabiel te krijgen (maar dit hangt weer af van de gevolgde strategie - hierover later meer).

3.1.1 Analyse 2009

Voor de evaluatie van responstijden van ambulances is het ook belangrijk om te kijken naar verdelingen van responstijden. Zo is beter inzicht te krijgen in extreem lange responstijden die niet meteen naar voren komen uit het percentage ambulances dat binnen de norm blijft. Deze tijden zijn echter voor het laatst beschikbaar gemaakt in een RIVM-rapport uit 2009 (Kommer & Zwakhals, 2011), wat het RIVM bevestigt in contact hierover. Na 2009 worden er nog wel regelmatig analyses uitgevoerd van de verwachte responstijden op basis van modellen en geobserveerde rijnsnelheden op wegdelen (Kommer & Zwakhals, 2013; Kommer, Zwakhals & Over, 2017), maar de gebruikte informatie over waargenomen responstijden wordt niet beschreven en kan ook niet worden vrijgegeven.

In het RIVM-rapport uit 2009 wordt gekeken naar een specifiek deel van de ambulance-inzetten, namelijk de zogenaamde declarabele A1-inzetten (waarbij een patiënt naar het ziekenhuis is vervoerd) en met correcte tijdsregistratie (een realistische duur en een starttijd die voor de eindtijd ligt). A2-inzetten en B-inzetten (met een andere norm) en niet-declarabele ritten (alleen informatie over responstijd, maar niet over afhandeltijd) zijn dus uitgesloten.

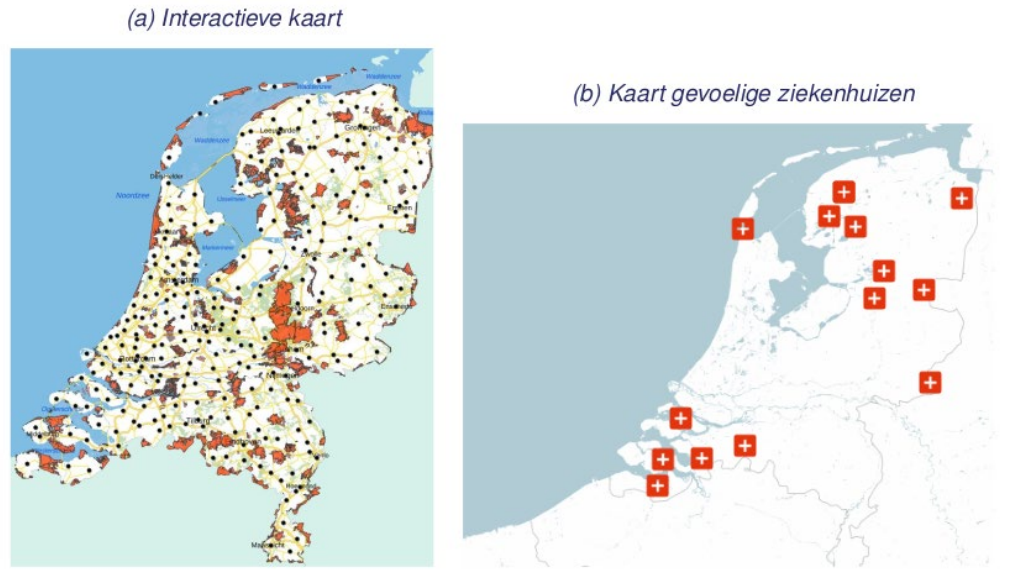
Afbeelding 3.3d toont de waargenomen verdelingen van de verschillende tijdsduren van de meegenomen inzetten. Vrijwel geen enkele A1-inzet had een responstijd van meer dan 30 minuten en ruim 90% van de ritten had een responstijd van minder dan 15 minuten (zoals eerder getoond op basis van de CBS open data). Vervoerstijden lagen vrijwel altijd onder de 40 minuten, waarbij 90% binnen de 23 minuten viel. Behandeltijden waren vrijwel altijd onder de 50 minuten, met 90% binnen 30 minuten (Kommer & Zwakhals, 2011). Extreme waarden in responstijden lijken dus weinig voor te komen. Tussen de verschillende RAV's zijn er variaties, maar vooral in de behandeltijd en de vervoerstijd (waarbij Amsterdam/Waterland duidelijk lagere cijfers laat zien; zie Tabel 3 in Kommer en Zwakhals, 2011).

Wanneer een afhandeltijd boven de 45 minuten uitkomt, lijkt dit vrijwel nooit toe te schrijven te zijn aan alleen een lange responstijd. Wel was er tussen 2006 en 2009 een toename in de gemiddelde afhandeltijd waar te nemen, maar ging ook de variatie in deze afhandeltijd omlaag, waardoor extreem lange afhandeltijden minder waarschijnlijk worden (Kommer & Zwakhals, 2011).

3.1.2 'Gevoelige ziekenhuizen'

Regelmatig voert het RIVM een 'gevoelige-ziekenhuizenanalyse' uit waarin wordt bepaald voor hoeveel inwoners hulpdiensten meer dan 45 minuten nodig zullen hebben om patiënten na melding bij de meldkamer naar de spoedeisende hulp te vervoeren. De 'gevoelige ziekenhuizen' zijn die, waarbij na sluiting van het ziekenhuis, er een toename zal zijn in het aantal mensen dat niet meer binnen de 45 minutenorm op de spoedeisende hulp komen. Een dergelijke status kan ertoe bijdragen dat bij financiële problemen het ziekenhuis door de overheid ondersteund wordt om sluiting te voorkomen (Van Houdenhoven, 2018; Volkskrant, 2018).

Afbeelding 3.4. a) Locaties die moeilijk per ambulance te bereiken zijn (Geodienst RUG, 2017). b) Gevoelige ziekenhuizen op de kaart (Volkskrant, 2018).



Analyses van gevoelige ziekenhuizen gebruiken een verkeersmodel, waarbij gebruik wordt gemaakt van een schatting hoe hard een ambulance op verschillende wegen kan rijden (Kommer et al., 2017). Op basis van het model schatte het RIVM dat in 2019 99,8% van de Nederlanders binnen 45 minuten op de spoedeisende hulp zou moeten kunnen zijn. De resterende 0,2%, goed voor ongeveer 33.000 mensen, woont vooral op de Waddeneilanden (RIVM, 2019).

Deels komen de locaties van de 'gevoelige ziekenhuizen' (Afbeelding 3.4b) overeen met de locaties waar responstijden langer dan 15 minuten kunnen worden verwacht (Afbeelding 3.4a; statisch beeld van een interactieve kaart, gemaakt door de Rijksuniversiteit Groningen). Het betreft met name minder-bevolkte gebieden, zoals de Biesbosch, de Veluwe, Zeeland, en de Waddeneilanden (Geodienst RUG, 2017). De lijsten met 'gevoelige ziekenhuizen' zijn relatief constant over de tijd (Sangers, 2018).

3.1.3 Toegankelijkheid spoedeisende hulp

In de media verschijnen met enige regelmaat berichten over ambulances die uit moeten wijken naar een ander ziekenhuis vanwege beperkte capaciteit op de spoedeisende hulp het dichtst bij de melding. Getallen uit officiële bronnen zijn niet gevonden. Verschillende kranten berichten wel over de kwestie. Het Parool meldt in 2018 dat tussen januari en augustus Amsterdamse ziekenhuizen bijna 2800 keer een stop afkondigden op hun spoedeisendehulpafdelingen, een stijging van circa 40% in vergelijking met het voorgaande jaar (Sevil, 2018). Het AD meldt in 2017 dat de spoedeisende hulp in Gouda bijna dagelijks kortdurend gesloten is. Ofschoon uitgeweken moet worden naar Rotterdam, Den Haag of Utrecht, wordt de norm voor vervoerstijden niet overschreden. Het is echter onduidelijk hoeveel tijd gemoeid is met het uitwijken en wat de gevolgen zijn voor de gezondheidsuitkomst. In Zeeland zijn er minder uitwijkmogelijkheden en het AD meldt dat patiënten daardoor 'in de gang stonden' (Rodenburg, 2017). Niet alleen de kranten berichten over dergelijke drukte op de spoedeisende hulp. In 2016 verscheen er een

brandbrief waarin de situatie op spoedeisende-hulpafdelingen wordt aangekaart (Goslings et al. 2016).

Ook het proefschrift van Van der Linden (2015) spreekt over capaciteitsproblemen bij spoedeisendehulpdiensten, bekendstaand onder de naam 'crowding', en bespreekt een aantal negatieve consequenties. Hieronder vallen een mindere kwaliteit van zorg, langere doorlooptijden, minder-tevreden patiënten, het omrijden van ambulances, patiënten die zonder behandeling de spoedeisende hulp verlaten, uitstel van behandeling, meer medische fouten, een toename in het aantal complicaties, een hogere sterfte, het vaker ziek zijn van personeel, en een groter verloop van personeel (Van der Linden, 2015). Problemen op de spoedeisende hulp hebben dus niet alleen gevolgen voor patiënten, maar ook voor het personeel, wat het artikel in het AD bevestigt (Rodenburg, 2017). Als dit vervolgens leidt tot uitval of verloop, heeft dit verdere gevolgen voor de toegankelijkheid van de spoedeisende hulp.

Van der Linden (2015) stelde met een vragenlijst vast (67% van de spoedeisendehulpafdelingen reageerden) dat patiënten die opgenomen moesten worden, gemiddeld langer op de spoedeisende hulp verbleven dan zij die na behandeling naar huis konden (gemiddeld 146 minuten tegenover 119 minuten). Vaak kostte het vinden van een beschikbaar bed tijd, maar ook het wachten op uitslagen van radiologisch onderzoek en beschikbare artsen. 68% van de aan het onderzoek deelnemende spoedeisendehulpafdelingen gaven aan meerdere keren per week last te hebben van crowding, wat vooral optrad tussen 12 uur 's middags en 8 uur 's avonds. Er waren ook spoedeisende -hulpafdelingen (37%) die nooit een ambulance hebben moeten weigeren (Van der Linden, 2015).

Het probleem van crowding op de spoedeisende hulp speelt wereldwijd. In de VS worden naar schatting 500.000 ambulances omgeleid naar een verder gelegen ziekenhuis (Van der Linden, 2015). De Engelse 'National Health Service' (NHS), de door de overheid gefinancierde tak van de gezondheidszorg, rapporteerde in februari 2018 een week met 43 omgeleide ambulances (Kelso, 2018).

Crowding lijkt vooral te komen door de toenemende vergrijzing. KRO's De Monitor (KRO Monitor, 2016) geeft bijvoorbeeld aan dat crowding vaak te maken heeft met ouderen die te lang in het ziekenhuis verblijven (Zorg voor Beter, 2015), omdat er geen passende opvang buiten het ziekenhuis voor ze beschikbaar is. Ook de studie van Van der Linden (2015) geeft doorstroom als belangrijke oorzaak aan. Ook in het buitenland hebben capaciteitsproblemen bij de spoedeisende hulp te maken met doorstroom. Zo spreekt de Engelse NHS over 'bed blockers' wanneer het over vooral ouderen gaat die niet door kunnen stromen naar zorg buiten het ziekenhuis (Full Fact, 2013). Ook de brandbrief (Goslings et al., 2016) noemt de doorstroom van ouderen naar andere zorg als een belangrijke oorzaak, verergerd door het feit dat ouderen langer thuis moeten blijven wonen - waardoor ze eerder met klachten naar het ziekenhuis gaan in plaats van lokaal te worden opgevangen. Andere factoren (volgens de brandbrief) zijn het beperkt inkopen van thuiszorg door gemeenten, de gebrekkige doorstroming naar andere onderdelen van het ziekenhuis door tekorten aan personeel, en dat patiënten vaak tegelijk op de spoedeisende hulp aankomen, doordat huisartsen de patiënten vaak 's middags tijdens hun ronde doorverwijzen (Goslings et al., 2016).

In een reactie op de brief heeft de Tweede Kamer een aantal maatregelen genomen, waaronder het opnemen van het eerstelijnsverblijf (tijdelijke opname in een verpleeginstelling) in het basispakket van de Zorgverzekeringswet, verbetering van de samenwerking tussen instellingen in de zorgketen (bijvoorbeeld tussen huisartsenposten en acute ouderenzorg), en het opstellen van een kwaliteitskader spoedzorg (Schippers, 2016). Of deze maatregelen toereikend zijn, moet nog worden gezien. Twee jaar na de brandbrief en de kamerbrief verscheen op LinkedIn een stuk waarin staat dat ziekenhuizen steeds vaker problemen hebben met drukte op de spoedeisende hulp (Van de Camp, 2018). Het stuk schrijft ook dat een deel van de patiënten op spoedeisende

hulp daar eigenlijk niet thuis zou horen, omdat er medisch gezien niets mis mee is (Kiers, 2018 geeft een schatting van ongeveer 300.000 patiënten per jaar). Een jaar na de kamerbrief meldt Trouw dat vooral het zorgpersoneel de negatieve gevolgen voelt (Kreulen, 2017). Naar alternatieve oplossingen wordt gezocht. Zo wordt er met apps geprobeerd patiënten beter over de verschillende spoedeisendehulpafdelingen te verdelen (Groenendijk, 2020; Verkaik & Van Nimwegen, 2019). De gevolgen van de capaciteitsproblemen specifiek voor verkeersslachtoffers zijn echter onbekend.

3.2 Verbeteren responstijden

Gegevens vanuit RAV's tonen aan dat het merendeel van de ambulances binnen de norm van 15 minuten bij het slachtoffer aankomen (A1-inzetten) en dat de spoedeisende hulp doorgaans binnen 45 minuten wordt bereikt. Niet alle slachtoffers worden echter op tijd bereikt, en responstijden liggen gemiddeld tegen de 10 minuten aan. Hiermee rijst de vraag wat er mogelijk is om deze responstijden te verbeteren.

3.2.1 Gebruik van computermodellen

Inzet-optimalisatie

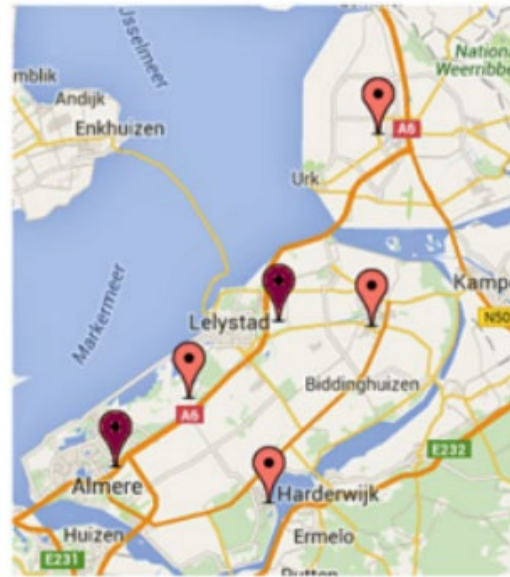
Een mogelijke verbetering in de responstijd is het slim kiezen welke ambulance naar welk ongeval te sturen en hoe de ambulances goed over een regio te verdelen. Dit is een schijnbaar simpele taak omdat het logisch lijkt de beschikbare ambulance die het dichtst bij het ongeval is, daarnaartoe te sturen. Dit is echter niet altijd de optimale oplossing. Een op pad gestuurde ambulance laat namelijk een gat in het netwerk met ambulances achter. Dit kan als gevolg hebben dat het volgende slachtoffer juist langer op een ambulance moet wachten. Om dergelijke scenario's goed te kunnen inschatten en om de optimale inzet en verdeling van ambulances te bepalen, worden wiskundige modellen gebruikt.

Van Buuren (2018) geeft in zijn proefschrift een overzicht van hoe dergelijke modellen werken en wat erin meegenomen kan worden. Zo kan bijvoorbeeld opgenomen worden of de dichtstbijzijnde ambulance wel de meest geschikte is (Brotcorne et al., 2003), of het voertuig wel de juiste capaciteit heeft, of het personeel van de ambulance wel voldoende rust heeft gehad, en met welke urgentie de rit plaatsvindt (A1, A2, of B). Ook kan gekozen worden tussen ambulances op een locatie laten wachten en ze rond laten rijden. Dit laatste heeft snellere responstijden als mogelijk voordeel, maar als nadelen een sterkere slijtage van het voertuig, extra brandstofverbruik en een grotere kans betrokken te raken bij een ongeval. Daarnaast heeft ambulancepersoneel ook een voorkeur voor het wachten op een standplaats (Van Buuren, 2018).

De wiskundige systemen die helpen bij het inzetten van ambulances staan bekend onder de naam 'computer aided dispatch systems' (Dean, 2008) en het optimaliseren van de keuze voor de in te zetten ambulance 'dynamic ambulance dispatching'. Afhankelijk van het gebruikte wiskundige model, kunnen alleen ambulances die staan te wachten worden ingezet op een nieuwe melding, maar kan er ook voor worden gekozen om een ambulance die reeds onderweg is naar een melding om te leiden naar een nieuw binnenkomende melding (Drent, Keizer & Van Houtum, 2020; Jagtenberg, Bhulai & Van der Mei, 2016; Van der Zee, 2016). Modellen kunnen ook voorstellen doen voor locaties waar ambulances kunnen wachten (Van Buuren, 2018), zodat de regio beter gedekt is door de beschikbare ambulances (zie *Afbeelding 3.5* voor een voorbeeld). Dergelijke modellen zijn doorgaans deterministisch, maar er zijn ook modellen waarbij kansen worden gebruikt om aan te geven waar meldingen vandaan kunnen komen, welke ambulances beschikbaar zijn en hoe lang de rit zal duren. Modellen kunnen er rekening mee houden hoeveel afslagen een weg heeft. Als een ambulance bijvoorbeeld eenmaal op een snelweg zit, dan kan deze minder makkelijk worden omgeleid (Van Buuren, 2018). Optimale routes zijn daarom niet altijd die over de snelste wegen (Brotcorne, Laporte & Semet, 2003). De

wiskundige modellen laten zien dat het gebruik van lokale wegen naast snelwegen een bijkomend voordeel hebben: ambulances kunnen hierdoor eerder worden verdeeld (minder-bevolkte gebieden gaan erop vooruit), terwijl de totale prestatie (percentage ambulances binnen de norm) gelijk blijft (Van Buuren, 2018). Een mogelijk nadeel is dat lokale wegen relatief onveilig zijn.

Afbeelding 3.5. Voorbeeld van de uitkomst van een model om de optimale locaties van standplaatsen van ambulances te bepalen. De kaart laat de gekozen locaties in de provincie Flevoland zien (Jagtenberg et al., 2017).



Bij de berekeningen wordt vaak rekening gehouden met het redelijkheidsprincipe. Iedereen in Nederland, ongeacht de woonplaats, moet goed bereikbaar zijn voor ambulancezorg (Van Buuren, 2018). Dit principe gaat in tegen de optimale oplossing, waarbij in dichtbevolkte gebieden de norm van 15 minuten het beste benaderd kan worden door ambulances zo veel mogelijk bij stadskernen te laten wachten, waar de meeste vraag kan worden verwacht. Enkele patiënten ver van deze stadskernen zouden dan lang moeten wachten, maar het hoogste percentage ambulances binnen de 15 minuten norm zou dan wel gehaald worden. Dit is geen wenselijke situatie, en daarom wordt er vaak voor een iets minder gunstige oplossing gekozen.

Het rekenmodel is getest in een proef die enkele beperkingen aan het licht bracht. Soms leidde een inzet van een ambulance tot een keten van aanbevolen verplaatsingen van andere ambulances (Van Buuren, 2018). Om te voorkomen dat na elke inzet een groot aantal ambulances verplaatst moet worden, is ervoor gekozen de lengte van toegestane ketens te beperken. Korte verplaatsingen bleken in situaties waar er meerdere alternatieven waren beter (Van Buuren, 2018). De wensen van het personeel moesten ook in acht worden genomen. Zo moesten drastische veranderingen in aanbevolen bewegingen beperkt zijn, en diende personeel tijdens nachtdiensten de kans te krijgen om te slapen. Om deze laatste reden berekende het model 's nachts alleen de optimale ritten en niet de herverdeling. De proef wees ook uit dat ambulances soms buiten hun regio moesten rijden, bijvoorbeeld om een patiënt naar een gespecialiseerd ziekenhuis te brengen, of vanwege 'burenhulp'. Dit moest opgenomen zijn in het model, zodat deze ambulances niet meegenomen werden in de herverdelingen (Van Buuren, 2018).

De proef met het wiskundige model liet een verbetering zien in het percentage ambulances dat binnen de 15 minuten norm bleef, met als bijkomend voordeel minder verplaatsingen. Ook viel op dat de voorgestelde verplaatsingen vaak overeen kwamen met het eigen inzicht van ambulancepersoneel, wat het makkelijker maakte de voorgestelde verplaatsingen te accepteren (Van Buuren, 2018). Dit beeld werd bevestigd in een andere studie die een 13% reductie van ambulances buiten de 15 minuten norm liet zien na invoering van het model (Jagtenberg et al., 2017).

Modellen voor bereikbaarheid

Ook het RIVM maakt gebruik van modellen, maar met een ander doel. Dat wil namelijk weten of heel Nederland voldoende bereikbaar is voor ambulances. De resultaten van dergelijke berekeningen leidden tot het referentiekader waarin de spreiding (verdeling) en de beschikbaarheid van ambulances is geregeld (Kommer & Zwakhals, 2013). Daarbij gaat het ervan uit dat 97% van de inwoners van een RAV binnen de 15 minuten norm bereikbaar moet zijn.

Voor de 15 minuten norm gaat men uit van 3 minuten voor het melden en het uitrijden, en van 12 minuten voor het rijden naar het slachtoffer. Met een reeds rijdende ambulance kan van deze 3 minuten 1 minuut af. Uit navraag door het RIVM bij de RAV's blijkt dat overdag de 97% bereikbaarheid wel wordt bereikt, maar 's nachts niet. 's Nachts is er minder vraag en is de inzet duurder. Om de totale kosten te drukken, zijn er 's nachts minder ambulances beschikbaar dan nodig om de norm te halen. Gebieden met veel vraag waar de 15 minuten norm niet altijd gehaald wordt, zijn bevolkte gebieden net op de rand van een RAV, en dunbevolkte gebieden met veel vraag (industrie- en bedrijventerreinen). Er zijn ook seizoensinvloeden. In de zomer is er minder vraag, maar in toeristische gebieden is er dan juist meer vraag (Kommer & Zwakhals, 2013).

Met de modellen die het RIVM hanteert, kan berekend worden hoeveel ambulances er nodig zijn voor een bepaalde prestatie en of herverdelen van standplaatsen hierbij zou kunnen helpen. Om deze berekeningen uit te voeren, is eerst de gemiddelde snelheid per type weg en tijdstip op de dag bepaald. Vervolgens is er een aantal aannames gemaakt, bijvoorbeeld dat er 's nachts en in de zomermaanden (behalve in de kustprovincies) minder vraag is, en worden er verschillende modellen opgesteld voor A1- en A2-inzetten (spoed) en B-inzetten (besteld vervoer) onder twee varianten (ambulances die vertrekken van standplaatsen en met 'rijdende paraatheid'; vooral overdag). De berekening die in 2013 is uitgevoerd, laat zien dat bij een herindeling van de standplaatsen, een bereikbaarheid van 100% binnen de 15 minuten norm wordt bereikt met 165 standplaatsen, terwijl 95 standplaatsen nodig zijn voor een 95% dekking (Kommer & Zwakhals, 2013).

Voorspellen van de hulpvraag

De verdeling van ambulances zou ook kunnen verbeteren door rekening te houden met waar zij waarschijnlijk het meeste gevraagd worden (Wilson, 2018). Voor elk soort trauma zijn modellen te maken die de hulpvraag voorspellen. Voor de voorspelling van verkeersongevallen zijn twee online bronnen gebruikt; mogelijk zijn er andere studies die vergelijkbare berekeningen doorvoeren, maar onder een andere naam dan waarop is gezocht. De eerste bron beschrijft een studie waarin 'machine learning' is gebruikt om de kans op een ongeval in de Amerikaanse staat Utah te voorspellen uit het tijdstip op de dag, de maand, de weersomstandigheden en de drukte op de weg (Wilson, 2018). Hiervoor is gebruikgemaakt van gegevens over ongevallen uit een voorgaande periode, gecombineerd met gegevens over omstandigheden op momenten zonder ongeval. Het model kon met een 90% nauwkeurigheid voorspellen of op een bepaalde locatie en tijdstip een ongeval plaats zou gaan vinden, waarbij sneeuw de belangrijkste voorspeller was.

De tweede bron beschrijft een model voor de gemeente Rotterdam (Smit & Knol, 2019). In dit model zijn gegevens gebruikt over onder meer eerdere ongevallen, het weer, de infrastructuur en de gereden snelheden. Het model is vervolgens gebruikt in een app om gevaarlijke en minder gevaarlijke verkeerssituaties (op basis van wegkenmerken) met elkaar te vergelijken. De app geeft ook aanwijzingen welke veranderingen aan het wegbeeld kunnen bijdragen aan het veiliger maken van de weg. De twee studies hebben zich voornamelijk gericht op de wegkenmerken en weersomstandigheden, maar kunnen ook gebruikt worden om de hulpvraag te voorspellen en zo de verdeling van ambulances beter te plannen. Het is niet uit te sluiten dat er andere type rekenmodellen beschikbaar zijn die ook voor dit doel gebruikt kunnen worden.

3.2.2 Melden en triage

Verschillende technologieën kunnen worden ingezet om het melden zelf en het verwerken van het melden te verbeteren. Hieronder staan eCall beschreven, het nieuwe melden, systemen voor triage in de meldkamer en het plannen van inkomende gesprekken op de meldkamer.

eCall

Er kunnen situaties optreden waarbij het slachtoffer niet zelf de hulpdiensten kan bellen (bijvoorbeeld omdat hij niet bij bewustzijn is), en waarbij er geen omstanders zijn die de meldkamer kunnen bellen. Voor dergelijke situaties wordt sinds april 2018 in alle nieuwe voertuigen in Nederland en de rest van de EU het 'eCall'-systeem ('in-vehicle emergency call') aangebracht (Chen & Englund, 2018). Het eCall-systeem kan de tijd tot melden verkorten door sneller contact op te nemen met de meldkamer dan het slachtoffer of een omstander kan doen. Het is momenteel nog niet mogelijk het systeem in oudere voertuigen aan te brengen (Ministerie van Justitie en Veiligheid, 2018).

Het eCall-systeem maakt automatisch verbinding met de meldkamer als sensoren in bijvoorbeeld de airbag in de auto aangeven dat er een ongeval heeft plaatsgevonden (Ministerie van Justitie en Veiligheid, 2018). Deze melding kan naar de centrale landelijke meldkamer gaan (Pan European eCall), maar voertuigfabrikanten mogen er ook voor kiezen een eigen meldkamer te gebruiken (een zogenaamde Third Party Service, TPS, Ministerie van Justitie en Veiligheid, 2018). TPS wordt voornamelijk gebruikt door Europese merken, waaronder de voertuigen van de PSA groep, Volvo, BMW, Volkswagen, en Mercedes. Individuele landen binnen de EU mogen bepalen of ze dergelijke TPS accepteren (Van Hattem et al., 2014). Bij gebruik van een TPS meldt de centralist van deze particuliere meldkamers het ongeval vervolgens bij de regionale meldkamer (Ministerie van Justitie en Veiligheid, 2018). Dit kan voor problemen zorgen bij meldkamers, omdat het lastig kan zijn om te bepalen of twee meldingen (bijvoorbeeld een tweezijdige botsing) uit verschillende systemen over hetzelfde ongeval gaan. De lobby voor TPS vanuit autofabrikanten is echter sterk, omdat informatie in eigen beheer houden een commercieel voordeel oplevert (Van Hattem et al., 2014). De twee systemen zullen daarom waarschijnlijk nog even blijven bestaan. De belangrijkste verschillen tussen PanEU eCall en TPS staan in *Tabel 3.1*.

Tabel 3.1. Vergelijking PanEU eCall en TPS eCall, gebaseerd op Van Hattem et al. (2014). Situatie in 2014.

| Kenmerk | Pan EU eCall | TPS eCall |
|--------------------|---|--|
| Melding gaat naar: | 112-centrale | Private centrale |
| Telecom: | 3G, 4G | SMS |
| Communicatie: | Data en spraak over dezelfde verbinding | Data en spraak over verschillende verbindingen |
| Privacy: | Volgens EU-regels | Afspraken TPS en gebruiker |

Tijdens de melding stuurt eCall informatie over de plaats van het ongeval, het aantal inzittenden, het voertuigtype (personenauto's en bestelauto's tot 3500 kilo) en het type brandstof, en faciliteert het systeem videostreaming van voertuigen in de buurt (Blancou et al., 2016). Deze set van informatie wordt het 'Minimum Set of Data (MSD)' genoemd, en bevat tevens het tijdstip van activatie, het VoertuigIdentificatieNummer (VIN), en de rijrichting, afgeleid uit de twee voorafgaande locaties. Het aantal inzittenden wordt vaak afgeleid uit sensors van de autogordels, maar fabrikanten mogen ook andere sensoren gebruiken (Ministerie van Justitie en Veiligheid, 2018).

Naast het automatisch contact opnemen van de auto met de meldkamer, kan de bestuurder op een noodknop duwen om het systeem te activeren (Chauvel & Haviotte, 2011). Deze noodknop kan behulpzaam zijn bij een voertuig te water (zonder voorafgaande botsing, dus geen trigger), of wanneer het lastig is de telefoon te gebruiken om snel hulp in te schakelen (Ministerie van

Justitie en Veiligheid, 2018). Verkeerd gebruik kan echter niet uitgesloten worden. Zo beschreef de Volkskrant een situatie waarbij uit de informatie van eCall leek dat het voertuig te water was geraakt, terwijl de auto in werkelijkheid op het dek van een boot stond (Stoffelen, 2020). Nadat contact is gelegd via eCall, zoekt de meldkamer telefonisch contact met de bestuurder om te voorkomen dat hulpdiensten ingezet worden als het systeem per ongeluk wordt geactiveerd (Chauvel & Haviotte, 2011). Ook wordt geprobeerd misbruik te voorkomen door het activeren van eCall bij een minder ernstig ongeval of geen ongeval strafbaar te maken (Ministerie van Justitie en Veiligheid, 2018). Oneigenlijk gebruik blijft echter een probleem. Van ongeveer 40.000 eCalls in de EU, was twee derde een handmatige oproep, met ongeveer 92% loos alarm (presentatie DG move, beschikbaar gesteld voor deze studie), en van 1.914 TPS eCall-meldingen in Nederland was 85% handmatig, waarvan ongeveer 90% loos alarm (bij automatische oproepen was dit ongeveer de helft; Van Hattem et al., 2014).

Een verdere mogelijke toepassing van de noodknop van eCall zijn onwelwordingen in een voertuig. Wanneer eCall leidt tot een snellere afhandeling van het ongeval, kan dit ook economisch voordeel opleveren door een betere doorstroming. eCall kan ook bijdragen aan een verbeterde registratie van ongevallen (Van Hattem et al., 2014).

Een mogelijk probleem met eCall is de privacy. Een gebruikersonderzoek uit 2012 en 2013 gaf aan dat automobilisten hier inderdaad bezwaren over hadden (Van Hattem et al., 2014). Om problemen met de privacy te ondervangen, wordt alleen de eerder genoemde minimale set informatie doorgestuurd en mag de doorgestuurde informatie niet worden opgeslagen of voor andere doeleinden worden gebruikt (zoals het bepalen van de snelheid van het voertuig voor het ongeval; Ministerie van Justitie en Veiligheid, 2018). Er wordt overwogen om de minimale set uit te breiden, bijvoorbeeld met informatie over de lading van vracht- en bestelverkeer, omdat deze informatie belangrijk is voor hulpdiensten en het eventueel omleiden van verkeer (Van Hattem et al., 2014).

Het is moeilijk te achterhalen wat de invloed is van eCall op responstijden, omdat het niet meteen duidelijk is hoe lang de responstijd geweest zou zijn zonder eCall (Rijksoverheid, 2018). In de media verschijnen wel enkele berichten waar eCall een positieve bijdrage lijkt te hebben geleverd. Zo beschrijven de Volkskrant en andere media een ongeval waarbij eCall mogelijk het slachtoffer heeft gered door de meldkamer te bellen. Het slachtoffer kon niet meer praten, maar maakte wel voldoende geluiden zodat het voor de centralist duidelijk was dat er hulp gestuurd moest worden (Stoffelen, 2020). Ook in SWOV-rapporten staan bijdragen van eCall terug. Het SWOV-rapport over een dieptestudie van verkeersongevallen op rijkswegen beschrijft twee situaties; een waarbij hulpdiensten werden opgeroepen door het gebruik van de noodknop van een passerende ANWB-wegenwachtauto (in 2017) en de een waarbij de hulpdiensten automatisch werden opgeroepen (in 2016) (Davidse et al., 2019). Een schatting van de effectiviteit van eCall is hieruit echter moeilijk te doen: de genoemde SWOV-dieptestudies richtten zich alleen op ongevallen op rijkswegen.

Voorafgaand aan de invoering van eCall is de verwachte effectiviteit van het systeem geschat. Over heel Europa genomen was een verlaging van responstijden te verwachten: buiten de steden met 50% en binnen de steden met 40%. Deze lagere responstijden zouden naar verwachting leiden tot een reductie in het verwachte aantal doden met 4% (AD, 2018) en het aantal zwaargewonden met 6% (European Commission, 2015). In Nederland, met een hogere bevolkingsdichtheid dan het merendeel van Europa, werd de daling in het aantal doden op 1% tot 2% geschat (Chauvel & Haviotte, 2011) of 1 tot 3 minder doden per jaar (Christoph, 2010), terwijl een andere schatting op 10 doden per jaar minder uitkwam (Van Hattem et al., 2014).

Dit zijn alleen voorspellingen, maar geen effectiviteitsmetingen. Tot nu toe lijkt er maar een enkele studie het effect van eCall-systeem na invoering te hebben onderzocht (Chauvel & Haviotte, 2011). Er is wel een evaluatie van een vergelijkbaar systeem in Australië, de 'Advanced

Automatic Collision Notification' (AACN) (Ponte, Ryan & Anderson, 2016). De Europese studie richtte zich op Frankrijk - waar sinds 2003 reeds het eCall-systeem in auto's van Peugeot en Citroën wordt gebruikt - en maakte gebruik van 3100 automatische meldingen. Onder de eCall-meldingen waren relatief veel ongevallen waarbij slechts een voertuig betrokken was, ongevallen buiten stedelijk gebied, en ongevallen waarbij relatief licht letsel optrad ten opzichte van alle ongevallen. Uit een gedetailleerde analyse van een subset van deze ongevallen werd geschat dat bij 3% tot 10% eCall een substantiële bijdrage had geleverd (Chauvel & Haviotte, 2011). Een vergelijkbare waarde werd verkregen voor het Australische systeem (Ponte et al., 2016).

Wat het inschatten van de effectiviteit van eCall ook bemoeilijkt, is dat slechts een beperkt aandeel (nieuwere, vaak veiligere auto's) van het Nederlandse wagenpark rondrijdt met eCall. Een voorzichtige schatting uit cijfers rond de autoverkoop geeft aan dat er in april 2020 (twee jaar na de verplichte invoering) ongeveer 800.000 voertuigen rond zouden moeten rijden met het eCall-systeem, waaronder ongeveer 10% Volkswagen, 7% Opel en 6,8% Tesla (Autoweek, 2020). Een bevraging van BRON ('Bestand geRegistreerde Ongevallen in Nederland') uit 2018 laat zien dat ongeveer 250 van deze voertuigen (bouwjaar 2018) betrokken zijn geweest bij een ongeval, dus het gaat niet om grote aantallen. De aantallen zullen wel snel toenemen. Zo werd in 2014 geschat dat in 2025 het merendeel van de voertuigen met eCall zal rijden (Van Hattem et al., 2014), maar het is onduidelijk of dit aandeel dan al gehaald gaat worden. Er kan ook iets over de mogelijke effectiviteit van Call worden afgeleid uit gegevens over ongevallen waar hulpdiensten pas heel laat ter plaatse waren. In 2016 en 2017 waren er ten minste zeven ongevallen waarbij de slachtoffers pas een of meer uur na het ongeval werden opgemerkt (Davidse et al., 2019).

Het nieuwe melden

Traditioneel worden ongevallen met een telefoongesprek gemeld, maar met de opkomst van smartphones kan ook andere informatie worden doorgestuurd, zoals gps-informatie, en foto's en video's. Er zijn tegenwoordig ook andere kanalen van melden, zoals sociale media. Tezamen worden deze nieuwe mogelijkheden door TNO 'het nieuwe melden' genoemd. De illustratie in *Afbeelding 3.6* uit een TNO-rapporten laat zien hoe zij zich dit voorstellen (zie ook De Vries et al., 2016). Het nieuwe melden kan echter nog niet worden getest, omdat meldkamers nog niet zijn ingesteld op melden met beeld (Barnhoorn et al., 2019). Er wordt daarom gewerkt aan nieuwe technologie, die bekend staan onder de afkorting EMYNOS ('nExt generation eMergency commuNicatiOnS'; Markakis et al., 2017; Politis et al., 2018; Subudhia et al., 2019). Gps-informatie kan de snelheid van melden verhogen omdat de melder niet meer de locatie hoeft door te geven, en meteen doorgeschakeld kan worden van de centrale naar de lokale meldkamer (De Vries et al., 2016).

Melden met beeld kan voordelen bieden (de centralist kan mogelijk beter inschatten hoe ernstig het ongeval is), maar ook problemen opleveren (bijvoorbeeld met privacy). Om hier beter inzicht in te krijgen, heeft TNO twee verkennende studies uitgevoerd, waarin twaalf centralisten werden gebeld door acteurs die acht veel voorkomende gevallen, zoals brand, een ongeval op de weg en een ongeval in een drugsclub (Barnhoorn & Van Dongen, 2019) meldden, soms met beeld, soms zonder beeld. Met beeld duurde de afhandeling van het gesprek langer, en was er geen verbetering in de kwaliteit van de overgebrachte informatie. Ook kon beelden de centralist juist minder zeker maken van hun inschatting (Barnhoorn et al., 2019). Feedback van de centralisten was echter vaak positief. Vooral bij melders die de Nederlandse taal minder goed spraken, of bij zeer emotionele melders, vonden de centralisten de beelden handig. Ook gaven ze aan dat beelden hielpen bij het inschatten van het stadium van de situatie (bijvoorbeeld een brand) en of instructies aan de melder correct werden opgevolgd (Barnhoorn et al., 2019).

In een tweede studie werden de emotionele gevolgen voor de centralist onderzocht. Een melding met heftige foto's leidde niet tot een grotere emotionele belasting, maar de cognitieve belasting van zowel beeld en geluid was hoger dan voor alleen geluid. Hierdoor werden bij zowel beeld en geluid meer details gemist, en werden er meer fouten gemaakt in de gebruikte computertaak.

Deze effecten waren sterker voor heftige dan neutrale beelden. Ook denken centralisten op langere termijn emotionele problemen te verwachten door een constante stroom van heftige beelden. Ze gaven daarom aan zelf de controle over het wel of niet bekijken van de beelden te willen behouden (Barnhoorn et al., 2019).

Afbeelding 3.6. Illustratie van het nieuwe melden, waarbij ook sociale media en beeld kunnen worden gebruikt.

Bron: TNO.nl.



Internationaal is er ook onderzoek gedaan naar het melden met beeld, wat daar onder NG911 ('next generation 911') bekend staat, maar dit onderzoek richt zich met name op reanimatie bij een hartstilstand. Hierin is het voordeel van melden met beeld duidelijk, vooral bij het ondersteunen van de omstander die de reanimatie moet starten (Johnsen & Bolle, 2008; Bolle, Johnsen & Gilbert, 2011; Lin et al., 2018). In hoeverre deze resultaten zijn door te trekken naar hulp aan verkeersslachtoffers, is onduidelijk.

Triage in de meldkamer

Wanneer een melding binnenkomt in de meldkamer, maakt de centralist een keuze of er hulp wordt gestuurd, en met welke prioriteit. Door snel een correcte keuze te maken, kan de responstijd worden verlaagd. Om de centralist te ondersteunen bij het stellen van de vragen en het maken van de beslissingen over inzet van hulpdiensten, maken Nederlandse meldkamers gebruik van het Advanced Medical Priority Dispatch System (AMPDS), de elektronische variant ProQA, of de Nederlandse triage standaard (NTS) (De Haas, Baeten & Van der Er, 2019; Harmsen, 2017). Tabel 3.2 geeft voorbeelden van vragen die volgens dergelijke protocollen vaak aan de melder worden gesteld.

De elektronische systemen volgen een ouder systeem op, het LSMA-protocol, waarbij centralisten niet systematisch de zes stappen van het protocol volgden. Veel voorkomende fouten waren het niet-correct kiezen van het juiste sub-protocol, en het niet-volgen van het zorgplan (Bakker et al., 2014). Met een elektronisch systeem kunnen dergelijke problemen worden voorkomen, en komt de centralist tot een betere beslissing. In een Britse studie van het AMPDS-systeem werd er voor bijvoorbeeld hartaanvallen een 200% betere detectie gevonden van situaties waarbij inzet van een ambulance nodig was (Heward, Damiani & Hartley-Sharpe, 2004). In combinatie met systemen zoals eCall of het doorsturen van de locatie van de melder

met gps-informatie (bekend onder de naam Advanced Mobile Location), worden problemen met het correct registreren van de locatie ook vermeden.

Na invoering van de elektronische systemen was, mogelijk onverwacht, een toename in het aandeel A1-inzetten zichtbaar (De Haas et al., 2019). Ook bleek dat het ProQA-systeem vaker tot een A1-inzet leidde dan het NTS-systeem (De Haas et al., 2019). De toename van het aandeel A1-inzetten is te verklaren: de systemen neigen naar over-triage (vaak afgesteld op een niveau van 35%; Harmsen, 2017), waarbij in het geval van twijfel ervoor wordt gekozen een ambulance met spoed uit te sturen. In de toekomst kunnen elektronische systemen mogelijk met 'machine learning' een nog betere en snellere triage maken. Dergelijke systemen worden reeds ontwikkeld om te bepalen wanneer er voldoende zekerheid is of een melding over een hartstilstand gaat en wanneer er overgegaan moet worden op reanimatie (Blomberg et al., 2019).

Het belang van protocollen in de triage wordt onderstreept doordat blijkt dat centralisten mensen zijn en dus gevoelig zijn voor factoren die de beslissing niet zouden moeten beïnvloeden. Zo is er een hogere neiging tot A1-inzet voor mannen (Arslanian-Engoren, 2000, 2005) of bij een dringende of agressieve toon bij de melder (Arslanian-Engoren, 2005; Giesen et al., 2008). Dergelijke factoren hebben zelfs invloed bij ervaren centralisten en zij laten niet altijd een betere triage zien (Bakker et al., 2014; Considine, Botti & Thomas, 2007; O' Cathain et al., 2004). Ervaring kan dus de noodzaak van het volgen van een protocol niet vervangen. Naast het gebruik van een protocol kan betere medische kennis van de centralist de besluitvorming verbeteren (S.-S. Chen et al., 2010; Considine et al., 2007) doordat hij kan letten op integratie van de medische geschiedenis van de patiënt, risicofactoren, en symptomen (Kogan et al., 2003).

Tabel 3.2. Mogelijke vragen tijdens de triage bij een melding bij de ambulancemeldkamer

Vraag

Wat is de exacte locatie waar hulp nodig is?

Wat is er precies gebeurd?

Is de patiënt bewusteloos?

Ademt de patiënt?

Kan de patiënt praten?

Wat is de kleur van de patiënt?

Zijn er zichtbare verwondingen?

Wat is de naam en leeftijd van de patiënt?

Verminderen van 'eerste hulp geen vervoer' (EHGV)

Triage in de meldkamer wordt bemoeilijkt doordat veel van de oproepen (uiteindelijk) geen spoed betreft (RTL Nieuws, 2019b). Er zijn meldingen waarbij dit meteen duidelijk is. Zo meldde RTL Nieuws dat het spoednummer '112' 447.000 keer is gebeld omdat mensen het telefoonnummer van bijvoorbeeld de huisarts niet wisten. Hetzelfde artikel geeft aan dat 22.000 bellers doorverwezen konden worden naar het 'geen spoed, wel politie'-nummer. Binnen het artikel wordt daarom voorgesteld om in Nederland een telefoonnummer te introduceren voor situaties waarbij wel snel hulp nodig is, maar er geen sprake is van een levensbedreigende situatie (RTL Nieuws, 2019b). Een dergelijk nummer is al in gebruik in het buitenland. De Engelse en Schotse NHS heeft naast de '999' voor spoed, ook het '111' nummer voor haast, maar geen spoed (West Midlands Ambulance Service, z. j.). Dit laatste nummer kan ook worden gebruikt als mensen (nog) geen huisarts hebben, of als de huisarts niet bereikbaar is.

Naast meldingen die duidelijk geen spoed zijn, heeft de meldkamer ook te maken met meldingen die uiteindelijk geen spoed bleken, maar waar dit pas op locatie duidelijk wordt. Het gaat hier om de zogenaamde ‘eerste hulp geen vervoer’ (EHGV)-ritten, waarbij uiteindelijk geen vervoer naar het ziekenhuis nodig is. Door het verlagen van het aandeel EHGV-inzetten, kan capaciteit worden gewonnen voor werkelijke spoedgevallen. EHGV neemt een aanzienlijk deel van de inzetten in beslag. Smits et al. (2014) merkt bijvoorbeeld op dat bijna de helft van de A1-inzetten eigenlijk door de huisartsenpost afgehandeld had kunnen worden. Een bijkomend probleem is dat de kosten voor EHGV deels voor rekening van de ambulancediensten komen, die daardoor minder geld overhouden voor spoedeisende zorg (Bakker et al., 2014). Naast EHGV-ritten hebben ambulancediensten ook te maken met ritten waarbij uiteindelijk geen patiënt op de aangegeven locatie wordt aangetroffen, bijvoorbeeld als de patiënt reeds naar huis of zelf naar het ziekenhuis is gegaan (Van Buuren, 2018). Ook deze ritten kunnen de efficiëntie van inzet beperken. Tenzij de ambulance direct opnieuw ingezet kan worden, rijdt deze na een EHGV of bij afwezigheid van een patiënt terug naar de standplaats (Van Buuren, 2018).

Het aandeel EHGV-ritten laat een stijgende trend zien, niet alleen in Nederland (Bakker et al., 2014), maar ook in andere westerse landen (Verhage, Tuinstra & Bakker, 2014). Als mogelijke oorzaak wordt een disbalans genoemd tussen de urgentie ervaren door de patiënt en door het personeel van de hulpdiensten (Verhage et al., 2014), maar ook een verminderde toegankelijkheid van huisartsenposten en het mondiger worden van patiënten. Verder noemt Bakker et al. (2014) de toename in het aantal mobiele telefoons en de vergrijzing als mogelijke factoren. Of verbeteringen in de zorg ter plaatse ook een rol speelt in de toename van EHGV, is onduidelijk.

Uit analyses van EHGV kan worden afgeleid welke meldingen vaker tot EHGV leiden, en kan geprobeerd worden de triage aan te passen om keuzes te verbeteren. Zo blijkt dat meldingen van onwelwordingen (66% EHGV in Bakker et al., 2014), ongevallen, en pijn op de borst (20% EHGV voor pijn op de borst in Bakker et al., 2014) vaker tot EHGV-inzetten leiden (Verhage et al., 2014). Om EHGV in deze gevallen te voorkomen, wordt aangeraden het triageprotocol goed te volgen (Bakker et al., 2014). Ook hier blijkt dat dit niet altijd gebeurt. Bij pijn op de borst wordt in circa 80% van de gevallen het protocol gevolgd, maar bij onwelwording worden juist in ongeveer 86% van de gevallen niet alle stappen van het protocol gevolgd (Bakker et al., 2014). Een taak is hier mogelijk weggelegd voor de medisch manager ambulancezorg, die het naleven van het protocol in de gaten moet houden, maar ook of medewerkers aanvullende training en opleiding nodig hebben.

Optimalisatie gesprekken meldkamer

Om goed op alle binnenkomende gesprekken in de meldkamer te reageren, is het van belang voldoende centralisten in te zetten, gesprekken voldoende snel af te ronden, en goede keuzes te maken welke meldingen prioriteit te geven. Om het opvangen van meldingen zo goed mogelijk af te stemmen, wordt gebruikgemaakt van een tak van de wiskunde die naar het verloop van wachtrijen kijkt (Zukerman, 2013). Deze wordt uitgebreid met een aantal aspecten die niet in het standaard-wachtrijprobleem voorkomen (Van Buuren, 2018). Zo zullen er op een meldkamer gesprekken zijn die sneller kunnen worden afgehandeld als het duidelijk wordt dat het om een spoedgeval gaat (de snelheid van afhandelen gaat dan plots omhoog). Ook kan ervoor worden gekozen voorrang te geven aan gesprekken die afkomstig zijn van andere hulpdiensten of huisartsen, omdat hier waarschijnlijk minder of geen triage nodig zal zijn.

Bij de planning van gesprekken op de meldkamer kan het nuttig zijn om de verschillende aspecten van een gesprek op te delen. Een centralist ontvangt dan het gesprek (‘call taker’) en een andere centralist legt het contact met de hulpdiensten (‘dispatcher’) (Van Buuren, 2018). Door al deze extra aannames is het plannen erg complex, en kunnen berekeningen van de optimale volgorde waarin gesprekken worden afgehandeld en door wie, eigenlijk nog alleen worden gedaan met computersimulaties (Van Buuren, 2018).

3.2.3 Gebruik van optische en geluidssignalen

Een andere mogelijkheid om ambulances sneller aan te laten komen, is het gebruik van optische en geluidssignalen (sirenes). Alleen als ambulances tijdens een A1- of A2-rit dergelijke signalen voeren, gelden ze als voorrangvoertuig en mogen ze ongestraft te hard rijden of door rood licht rijden (zolang de veiligheid in acht wordt genomen; Karemaker & Polman, 2018). Geschat wordt dat het voeren van optische en geluidssignalen de responstijd met tussen de 43 seconden en 2 minuten kan reduceren (Antar, Isaacs, & Fowler, 2017; Brown et al., 2000; Hunt et al., 1995), vooral tijdens ritten buiten de stad (Ho & Casey, 1998), maar niet alle studies bevestigen dit beeld (Isenberg, Cone & Stiell, 2012).

Een vragenlijstonderzoek brengt in beeld hoe vaak optische en geluidssignalen niet gevoerd worden. Het laat zien dat 's nachts veel hulpverleners ervoor kiezen niet altijd geluidssignalen te gebruiken. Het gaat dan om circa 75%, vaker ervaren personeel, als het rustig is op de weg, de situatie overzichtelijk is, of wanneer een woonwijk wordt ingereeden; 41% laat het van de situatie afhangen. 85,2% voert geen geluidssignalen om bewoners niet tot last te zijn, terwijl wel geluidssignalen worden gevoerd voor de eigen verkeersveiligheid (76,4%) en die van andere weggebruikers (55,9%). Iets meer dan de helft van het personeel dat soms zonder geluidssignalen rijdt, geeft aan wel eens door rood licht te rijden in een dergelijke situatie en meer dan 80% geeft aan wel eens sneller te rijden dan de toegestane snelheid (Karemaker & Polman, 2018).

Als een snellere responstijd wordt afgezet tegen de hogere kans dat de ambulance zelf bij een verkeersongeval betrokken raakt, blijkt dat hulpdiensten een vier keer hogere kans hebben om bij ongevallen betrokken te raken (Knoles & Goodloe, 2017). Ongevallen met hulpdiensten hadden in 2016 en 2017 een dode en 168 gewonden tot gevolg (RTL Nieuws, 2019a), vaak met ernstig letsel (Duyvis et al., 2018). Ongevallen gebeuren mogelijk doordat te hard of door rood licht wordt gereden (Knoles & Goodloe, 2017; Murray & Kue, 2017). Zo blijkt dat van de 148 ongevallen met hulpdiensten in 2016 en 2017, ongeveer een kwart plaatsvond toen de hulpdienst door rood licht reed (Duyvis, Karemaker & Polman, 2018; RTL Nieuws, 2019a) en betrof het vaak ritten naar hart- en ademhalingsproblemen, dus met hoge spoed (Duyvis et al., 2018). Ritten met ongevallen zijn dus vooral de ritten waarbij reeds de keuze is gemaakt om optische en geluidssignalen te voeren (zie ook Antar et al., 2017; Heick, Young & Peek-Asa, 2009). Of optische en geluidssignalen het aantal ongevallen bij dergelijke inzetten beperken, wordt uit deze literatuur niet meteen duidelijk. Knoles en Goodloe (2017) bevelen aan om echte spoed voor te behouden aan situaties waar elke minuut werkelijk telt, zoals bij een hartstilstand. Dat ongevallen waarbij geen optische of geluidssignalen werden gevoerd, bijna niet voorkomen (Antar et al., 2017; Heick, Young & Peek-Asa, 2009), lijkt hiermee in overeenstemming te zijn.

3.2.4 Afstemmen verkeerslichten

Een andere mogelijkheid om de responssnelheid te verbeteren, is het afstemmen van verkeerslichten op doorkomst van een ambulance (Noori, 2013; Priya, Jose & Sumathy, 2015). Hoewel een ambulance met optische en geluidssignalen het rode licht mag negeren, kan het helpen het ander verkeer te laten stoppen. Het afstemmen van verkeerslichten kan zo mogelijk helpen bij het verminderen van ongevallen met hulpdiensten (Knoles & Goodloe, 2017; B. Murray & Kue, 2017).

Studies met wiskundige modellen van verkeersstromen laten zien dat met afstemmen van verkeerslichten de responstijd kan worden verkort (Noori, Fu & Shiravi, 2016). Bij dit regelen kan er gebruik van worden gemaakt dat steeds meer voertuigen radiografisch met elkaar zijn verbonden. Met een simulatiestudie, waarin andere voertuigen en verkeerslichten werden ingelicht over een naderende hulpdienst, werd berekend dat de responstijd met 37% kan worden verminderd (Noori et al., 2016).

RTL Nieuws meldt dat er in 2019 in Noord-Brabant een proef is gestart met een nieuw systeem dat het bestaande KAR-systeem, dat nu gebruikt wordt om verkeerslichten af te stemmen, moet gaan vervangen. In het nieuwe systeem is communicatie in twee richtingen mogelijk tussen het voertuig van de hulpdienst en verkeerslichten, en kan de urgentie van de rit worden doorgegeven. De verwachting bestaat dat het nieuwe systeem het aantal ongevallen met hulpdiensten met tientallen per jaar kan verminderen, de doorstroming verbetert en minder overlast geeft voor overige weggebruikers (RTL Nieuws, 2019a).

3.3 Inzet van andere hulpverleners

Ambulancepersoneel zal in de meeste gevallen aangewezen zijn om hulp te bieden bij verkeersslachtoffers. Een deel van de hulp kan ook geboden worden door anderen. Deze paragraaf bespreekt welke bijdragen de brandweer, het mobiel medische team en omstanders en vrijwilligers mogelijk kunnen bieden.

3.3.1 Inzet van de brandweer

De brandweer wordt steeds vaker ingezet voor hulpverlening bij ongevallen, met een stijging van 40% naar 50% tussen 2014 en 2019 en een toename van het aantal inzetten van 9.400 tot 12.600 (CBS, 2020). De brandweer kan sneller bij het ongeval zijn dan de ambulance: gemiddeld doet de brandweer er 7,8 minuten over (CBS, 2020), vergeleken met 9 minuten en 44 seconden voor A1-inzetten van de ambulance in 2018 (AZN, 2019b). Naast de brandweer wordt de politie ook vaak ingezet, onder meer om het verkeer om te leiden en hierdoor aanrijdingen door ander verkeer te voorkomen.

De brandweer wordt vaak ingezet om slachtoffers uit voertuigen te bevrijden. Beklemming in het voertuig komt bij ongeveer 6% tot 20% van de slachtoffers bij verkeersongevallen voor (Cheng et al., 2018; Davis et al., 2018; Mackenzie & Sutcliffe, 2000). Gemiddeld neemt een bevrijding uit het voertuig 45 minuten in beslag (Davis et al., 2018). De kans op insluiting neemt toe bij een hogere impact (Mackenzie & Sutcliffe, 2000). Insluiting gaat vaker samen met ernstig letsel aan de ledematen, langdurende operaties en een lang verblijf in het ziekenhuis (Macke et al., 2018).

Bij bevrijding moet de brandweer rekening houden met ontvlambare goederen, glas, het elektrische systeem, verhitte onderdelen van het voertuig en airbags (Mackenzie & Sutcliffe, 2000). Hoe de brandweer in zijn werk gaat, is te zien in verschillende video's op YouTube (zie *Afbeelding 3.7* voor voorbeelden). Eerst stabiliseren zij het voertuig zodat het niet kantelt of verschuift tijdens de bevrijding (*Afbeelding 3.7a,b*). Om te voorkomen dat medewerkers of slachtoffers gewond raken door gebroken glas, plakken zij gebroken ruiten met een soort plakband af (*Afbeelding 3.7c*). Ze zetten de airbags vast zodat ze personeel en slachtoffers niet kunnen verwonden tijdens de reddingsoperatie (*Afbeelding 3.7d*).

Na deze stappen knippen zij voorzichtig het voertuig open, waarbij een van de brandweerlieden het slachtoffer, indien nodig, vasthoudt tegen de autostoel, om zo te voorkomen dat schade aan de ruggengraat optreedt. Later kunnen ze ook een soort plank (de schepbrancard) inzetten, waarop het slachtoffer wordt gelegd en vastgehouden om bewegingen van de rug en nek te voorkomen. Naast de schepbrancard maken ze ook vaak gebruik van een nekband om bewegingen van de nek te voorkomen. Bij beknelling door bijvoorbeeld het dashboard maken ze soms gebruik van spreidgereedschap om ruimte te creëren.

Afbeelding 3.7. Stabilisatie van het voertuig, folie over de ruit, en afschermen airbags. Bron: YouTube.



Bij de bevrijding is het belangrijk goed zicht te hebben op de locaties van bijvoorbeeld airbags en elektrische systemen. Om deze informatie te verkrijgen, maakt de brandweer gebruik van het 'Crash Recovery System' (Moditech, z. j.). Als eenmaal toegang tot het slachtoffer is verkregen, begint de moeilijke taak het slachtoffer veilig uit het voertuig te halen. Hierbij moet verergering van het letsel door verergeren van bloedverlies en beschadiging van de ruggengraat worden voorkomen (Gabrieli et al., 2019; Mackenzie & Sutcliffe, 2000), wat onder meer gebeurt door de fixatie van het slachtoffer.

Het bevrijden van slachtoffers uit elektrische voertuigen kent extra uitdagingen. De accu's in het voertuig kunnen het risico tot elektrocutie verhogen. Zo omschrijft CNBC News een situatie in 2016, waarbij een Nederlander mogelijk overleed, omdat de brandweer langer nodig had de man uit een Tesla te bevrijden om elektrocutie van de man of de brandweerlieden te voorkomen (CNBC News, 2016). Ook kan brand in een elektrische auto moeilijker te blussen zijn door de aanwezige lithium accu's. Een probleem bij het blussen is, dat het gebruik van water tot explosies van de accu kunnen leiden (Prasad, Reddy & Teja, 2014). Daarnaast kan vloeistof uit de accu's lekken dat tot een explosie kan leiden (Ballay & Monosi, 2017). Om iets aan deze problemen te doen, heeft Bosch een mechanisme (de 'pyrofuse') ontwikkeld waardoor met kleine explosies de accu van de auto ontkoppeld wordt (Davies, 2019; Dickson, 2019). Of dit afdoende is, moet nog worden bepaald. In een auto ontstond brand drie weken nadat de auto aan een botsproef onderhevig was gesteld (O'Malley et al., 2015).

3.3.2 Inzet van het mobiel medische team

Voor ongevallen met ernstiger letsel wordt naast ambulances, brandweer en de politie vaak het mobiel medisch team ingezet, dat naar het ongeval kan worden vervoerd met een helikopter of met een speciale ambulance (de MMT-bus genoemd). Bij vervoer per helikopter en bij inzet van een medicus wordt gesproken van p-HEMS ('physician-Helicopter Emergency Medical Services'). In Nederland is p-HEMS in 1995 geïntroduceerd bij een samenwerking tussen het VU medisch centrum en de ANWB (Harmsen, 2017). Aan boord zijn, naast de piloot, een anesthesioloog of een traumachirurg en een trauma-verpleegkundige aanwezig (Harmsen, 2017; LNZA, 2015).

P-HEMS maakt deel uit van een arsenaal van ambulances, waarvan RAVU (z. j.) een overzicht geeft. De standaardambulance (A-ambulance) is bemand door een ambulanceverpleegkundige en ambulancechauffeur. Een zorgambulance wordt ingezet voor besteld vervoer (B-inzetten) en is bemand door zorgambulanceverpleegkundige en een aspirant ambulancechauffeur of twee zorgambulance-verzorgenden. Een intensivereambulance heeft voldoende apparatuur om

ernstig zieke of gewonde patiënten te kunnen verzorgen en is bemand door een medisch specialist en een ambulancechauffeur. De rapid responder bestaat uit een ambulanceverpleegkundige die per auto of motor naar het slachtoffer rijdt. Bij rampen wordt een Officier van Dienst Geneeskundig (OvD-G) ingezet, die in zijn auto aanvullende apparatuur heeft, en de inzet van hulpdiensten coördineert. Het mobiel medisch team vult deze eenheden aan, en verplaatst zich per helikopter (in ongeveer 65% van de inzetten) of per MMT-bus (Harmsen, 2017; LNZA, 2015).

P-HEMS in Nederland is vooral gericht op het naar de slachtoffers brengen van de medische experts (Harmsen, 2017; Weijermars et al., 2014b). Inzet van een medisch specialist bij trauma verbetert namelijk aantoonbaar de uitkomsten (Bøtker, Bakke & Christensen, 2009). Soms wordt ook de patiënt met de helikopter vervoerd, maar dit gebeurt eigenlijk vooral bij zeer grote spoed of op moeilijker bereikbare locaties zoals Zeeland en de Waddeneilanden en betreft circa 7% van de inzetten (LNZA, 2015). De helikopter wordt niet ingezet bij slecht weer, of als er geen locatie is waar deze kan landen. Inzet van p-HEMS verschilt met het buitenland, waar niet altijd een medisch specialist aanwezig is in de helikopter, en waar de helikopter ook vaak wordt ingezet om de patiënt naar het ziekenhuis te brengen (Lemson et al., 2008; Peters, 2017).

Sinds 2011 kan p-HEMS dag en nacht binnen 3 minuten vertrekken vanuit vier locaties in Nederland (Harmsen, 2017). Ondanks deze korte tijd tot vertrek, komt de gewone ambulance vaak als eerste bij het slachtoffer aan. De beoordeling van het trauma door het personeel ter plaatse kan ertoe leiden dat p-HEMS-inzet wordt afgebroken (Harmsen, 2017).

Het personeel van p-HEMS kan het personeel van de ambulance assisteren met onder meer chirurgische ingrepen, zoals amputaties en het openen van de borstkas (Harmsen, 2017). Het personeel van p-HEMS kan ook medicijnen gebruiken om het inbrengen van het buisje voor het beademen te vergemakkelijken, en haalt een duidelijk hoger percentage geslaagde beademingen (rond de 85% bij de eerste poging) dan het ambulancepersoneel (rond de 46% bij de eerste poging) (Peters, 2017).

Of p-HEMS-inzet tot langere behandeling ter plaatse leidt is niet geheel duidelijk. Een studie zag een gemiddeld 9 minuten langer durende behandeling bij inzet van p-HEMS dan bij inzet van een standaardambulance, waarschijnlijk omdat p-HEMS voornamelijk wordt ingezet bij ernstiger letsel (Ringburg et al., 2007). Een andere studie vond echter geen verschil in de tijd tot aankomst in spoedeisende hulp, maar wel een betere overleving met p-HEMS-inzet, waarschijnlijk door betere inzet van mechanisch beademen door p-HEMS (Franschman et al., 2012).

Ook is het niet altijd duidelijk of de inzet van p-HEMS in vergelijking tot de inzet van hetzelfde personeel per personenauto of MMT-bus, gezondheidswinst oplevert. In het buitenland lijkt de inzet van p-HEMS wel bij te dragen. Uit een studie in de VS, waar patiënten vaker met de helikopter worden vervoerd, blijkt dat zij een grotere overlevingskans hebben; ook wanneer er werd gecorrigeerd voor het feit dat patiënten die per helikopter vervoerd werden vaker jonger, maar ook ernstiger gewond waren. Dit komt onder meer door een 'scoop and run'-strategie (hierover later meer) over grotere afstanden in met name landelijke gebieden (Markakis et al., 2017). Ook een Duitse studie zag een hogere overleving van patiënten in het ziekenhuis na inzet van p-HEMS, ook nadat er gecontroleerd werd op ernstiger letsel in deze patiënten (Andruszkow et al., 2014). Dit voordeel in de Duitse situatie werd bevestigd door Andruszkow et al. (2016), waarbij ook werd gevonden dat de betere uitkomsten met p-HEMS vooral optraden bij oudere patiënten (ouder dan 55 jaar), een val van lage hoogte (minder dan 3 meter), en bij relatief licht letsel (letselernst, ISS tussen 9 en 15). Vooral patiënten in afgelegen gebieden lijken voordeel te hebben van de snellere vervoerstijd per helikopter (Raatineniemi et al., 2015).

Of de inzet van p-HEMS gezondheidsvoordeel oplevert in de Nederlandse situatie, is onderwerp van discussie (De Jongh, Leenen & Verhofstad, 2013; Hoogerwerf et al., 2013), mogelijk ook deels door de kosten die gemoeid zijn met de inzet (geschat op ongeveer 22.000 euro per inzet; Leeuwarder Courant, 2018). In Nederland is het effect van p-HEMS-inzet mogelijk minder, omdat de afstand tussen het ongeval en het traumacentrum een belangrijke rol lijkt te spelen in het mogelijke voordeel van p-HEMS-inzet (Shaw, Psinos & Santry, 2016). In Nederland is deze afstand klein, en patiënten worden daarom meestal per ambulance en niet per helikopter vervoerd (Harmsen, 2017). Sommige studies geven aan dat een groot deel van het voordeel van p-HEMS in het vervoeren van de patiënt per helikopter zit (Knapp et al., 2019), maar andere studies kunnen dit effect van helikoptertransport niet bevestigen (Al-Thani et al., 2017).

Oudere studies lijken op een voordeel van p-HEMS te wijzen. In een studie uitgevoerd op patiënten uit de regio van Rotterdam werd een twee keer zo goede kans op overleven gevonden bij p-HEMS-inzet (Frankema et al., 2004). Een andere studie zag ook voordelen van p-HEMS-inzet bij vooral patiënten met een redelijk kans op overleven (Oppe & De Charro, 2001). Een literatuurstudie uit 2009 merkte dat alle studies tot dan toe een voordeel op de overleving lieten zien (Ringburg et al., 2009).

Deze effectiviteit werd in latere studies echter in twijfel getrokken. Zo meldt een studie in Noord-Brabant een niet-significant hogere of lagere kans op overlijden in het ziekenhuis na inzet van p-HEMS, afhankelijk of de patiënt hersenletsel had of niet (De Jongh et al., 2012). Een literatuurstudie, die de invloed van hersenletsel op de effectiviteit van p-HEMS-inzet onderzocht, meldt ook gemengde uitkomsten (Popal et al., 2019). Ook het overzicht van Maas et al. (2017) over hersenletsel geeft aan dat het onduidelijk is wanneer de inzet van p-HEMS bij hersenletsel toegevoegde waarde heeft. Mogelijk levert vooral de beschikbaarheid van een anesthesist het voordeel op bij hersenletsel (Pakkanen et al., 2019). Het niet-significante effect dat De Jongh et al. (2012) melden, leidde tot een discussie over de grootte en representativiteit van de steekproef (Hoogerwerf et al., 2013). Toen Den Hartog et al. (2015) namelijk meer patiënten uit meerdere regio's opnamen in de analyse, werd er wel een positieve invloed van de inzet van p-HEMS gevonden.

Hoogerwerf et al. (2013) pleit voor een verbeterde triage, omdat nu nog een aanzienlijk deel van p-HEMS-inzetten geannuleerd wordt (Harmsen, 2017). Anderen pleiten voor een ruimere inzet van p-HEMS (Ringburg et al., 2005).

3.3.3 Inzet van vrijwilligers en omstanders

Voor reanimatie bij een hartstilstand wordt gebruikgemaakt van – een netwerk van – vrijwilligers, omdat deze vaak sneller bij het slachtoffer kunnen zijn dan hulpdiensten (Wikipedia, 2018). Verschillende studies hebben uitgewezen dat de inzet van vrijwilligers de kans op overleven verhoogt (voor een overzicht, zie Tannvik, Bakke & Wisborg, 2012) als zij eerst een (eventueel korte; Lynch et al., 2005) reanimatiecursus volgen (Brageeslow & Brennan, 1999; Goldberg et al., 1984). Eigenlijk blijkt dat voor alle soorten trauma samen beschouwd, EHBO-kennis bij vrijwilligers een positieve bijdrage heeft (Oliver, Walter & Redmond, 2017), maar daarbij moet opgemerkt worden dat het merendeel van deze letsels het gevolg van een val zijn.

Dat vrijwilligers kunnen bijdragen aan een verbeterde uitkomst bij een hartstilstand komt waarschijnlijk door het zeer korte tijdsvenster waarin ingegrepen moet worden (ongeveer 4 minuten), en dat reanimatie een relatief eenvoudig te leren interventie is. De rol van vrijwilligers en omstanders bij verkeersongevallen is minder duidelijk (Goldenbeld & Weijermars, 2017; Weijermars et al., 2014b). Er is meer gevaar voor vrijwilligers bij het verlenen van hulp aan verkeersslachtoffers door het overige verkeer. Daarnaast zal een complexere set van taken (zoals controleren van de luchtweg en controleren op levensbedreigende bloedingen) nodig zijn dan bij reanimatie, en zal voorzichtig te werk gegaan moeten worden, bijvoorbeeld om letsel aan de ruggengraat te voorkomen (IkEHBO, 2018). Onderzoek naar de effectiviteit van omstanders

wordt daarnaast bemoeilijkt door een grote variatie in hoe vaak omstanders hielpen en hoe vaak deze omstanders de noodzakelijke handelingen goed uitvoeren (Tannvik et al., 2012).

Vrijwilligers (en omstanders) kunnen wel helpen bij het inschakelen van hulpdiensten (Larsson, Martensson & Alexanderson, 2002) en het verstrekken van relevante informatie over het ongeval als het slachtoffer zelf niet in staat is met de hulpdiensten te communiceren (IkeHBO, 2018). Het volgen van een EHBO-cursus kan daarnaast indirect bijdragen aan de hulp door omstanders. Mensen met training lijken eerder geneigd te zijn om te helpen (Larsson et al., 2002; Peterson et al., 1999; Ross et al., 2018), maar deze hogere bereidheid of meer vertrouwen in eigen kunnen komen niet in alle studies naar voren (He et al., 2014). Mensen met training zijn mogelijk ook voorzichtiger om zo ongevallen te voorkomen (Glendon & McKenna, 1985; McKenna & Hale, 1981). In Nederland is het aandeel inwoners dat een EHBO-cursus heeft gevolgd echter klein (circa 3%, Leenstra, 2018). In Noorwegen, waar een EHBO-cursus deel uitmaakt van het middelbare onderwijs, ligt dit percentage op 90%. In Denemarken en Duitsland maakt een EHBO-cursus deel uit van het behalen van het rijbewijs (Leenstra, 2018). Het eenmalig aanbieden van een EHBO-cursus is mogelijk niet afdoende: elke 1 tot 5 jaar de kennis opfrissen is aan te bevelen (He, Wynn & Kendrick, 2014).

Omstanders kunnen ook een negatieve invloed hebben op de behandeling van verkeersslachtoffers. Soms komen er grote groepen mensen naar een verkeersongeval kijken (Aryankhesal, Khorasani-Zavareh & Heidari, 2018), wat kan leiden tot verkeersopstoppingen, en extra ongevallen (Elzendoorn, 2019; Regterschot, 2019). De politie probeert het filmen van ongevallen met boetes voor het gebruik van de telefoon in het verkeer tegen te gaan (RTL Nieuws, 2017).

3.4 Relatie responstijd en uitkomst

Na dit overzicht te hebben gegeven over hoe hulpverleners sneller ter plaatse zouden kunnen zijn, rest nog een belangrijke vraag: hoe belangrijk zijn eventuele verbeteringen in responstijd? Maakt het voor verkeersslachtoffers uit dat hulp geboden wordt bijvoorbeeld na 6 tot 7 minuten in plaats van na 8 tot 10 minuten? In haar proefschrift voert Lieke Harmsen (Harmsen, 2017) een gedetailleerde analyse van de literatuur hierover uit. Deze analyse geeft echter geen eenduidig 'ja of nee-antwoord'. Wel zijn er patronen in de resultaten te herkennen. Zo geven de meeste studies aan dat een snellere responstijd, ongeacht het type letsel, de overlevingskansen verbetert. Het effect van de duur van de behandelingsperiode ter plaatse is minder duidelijk, mogelijk omdat zwaarder gewonde patiënten vaak langer behandeld moeten worden voordat ze vervoerd kunnen worden, maar ook een lagere overlevingskans hebben (de studies proberen hiervoor te corrigeren). Het effect van behandelingsperiode lijkt daarnaast te worden beïnvloed door of de patiënt op het platteland behandeld wordt, en of er sprake is van 'doordringend trauma' (letsel waarbij de huid gebroken wordt). De duur van de vervoerperiode lijkt in de meeste studies geen invloed te hebben op overlevingskansen, maar mogelijk leidt een langere vervoerperiode wel tot een langere ziekenhuisopname (Harmsen, 2017).

Daarnaast hangt de behandelingsperiode samen met de strategie die er gebruikt wordt. In Nederland wordt er doorgaans gebruikgemaakt van de 'stay-and-treat'- of 'stay-and-play'-strategie (Harmsen, 2017), waarbij ambulancepersoneel de patiënt op locatie deels behandelt, voordat deze naar het ziekenhuis wordt vervoerd. Andere landen, zoals het VK en de VS gebruiken de 'scoop and run'-strategie, waarbij de patiënt zo snel mogelijk vervoerd wordt naar het ziekenhuis. Een dergelijke strategie kan als voordeel hebben dat ambulancemedewerkers minder specialistische kennis nodig hebben, waarmee hun opleiding korter is. Er is doorgaans geen duidelijk medisch voordeel voor een bepaalde strategie (Harmsen, 2017; Van Buuren, 2018). Hoogerwerf et al. (2013) geeft aan dat er in Nederland soms van de 'stay-and-play'-strategie afgeweken wordt om de patiënt snel naar een regionaal ziekenhuis over te brengen voor

stabilisatie, om vervolgens de patiënt over te brengen naar, en verder te behandelen in, een traumacentrum.

Andere studies geven aan dat de relatie tussen responstijd en uitkomst samenhangt met het type trauma. In een studie waarin gekeken wordt naar vooral buitenlandse literatuur, geven Malschaert, Van de Belt en Giesen (2008) aan dat bij reanimaties de 15 minutennorm te ruim is. Ook Knoles en Goodloe (2017) en Jongejan (2018) laten zien dat voor reanimaties een snellere responstijd nodig is (wat waarschijnlijk de reden is waarom er voor reanimatie geprobeerd wordt vrijwilligers in te zetten). Er zijn ook situaties waar snellere afhandeltijden juist een minder resultaat oplevert. Zo geeft Van Duin et al. (2008) in een scriptie aan dat de 2 minutennorm voor het afhandeling van het gesprek in de meldkamer (de eerste 2 minuten van de responstijd) het resultaat verslechtert, mogelijk doordat in deze duur onvoldoende relevante vragen voor de triage kunnen worden gesteld.

3.5 Samenvatting inzet hulpdiensten

Binnen Nederland wordt er ingezet op een responstijd van 15 minuten bij inzetten van een ambulance met hoge spoed (A1-inzetten). Het merendeel van de ambulances weet de patiënt binnen deze norm van 15 minuten te bereiken. Een aantal methoden kan deze responstijden mogelijk verbeteren, zoals het dynamisch toewijzen van ambulances, het beter spreiden van ambulances, systemen ter ondersteuning van de triage in de meldkamer, de inzet van het mobiel medisch team, en technologie zoals eCall en het nieuwe melden.

Mogelijk moet de norm voor de responstijd afhankelijk gemaakt worden van het type letsel. Voor bepaalde letsels en trauma, zoals een hartstilstand en ernstig bloedverlies (letsels die onder het ABC van het behandelprotocol vallen; hierover later meer) zijn responstijden onder de 15 minutennorm gewenst. Voor andere soorten letsels is de relatie tussen responstijd, behandeltijd en vervoerstijd en uitkomst minder duidelijk, al zullen responstijden ver boven de norm onwenselijk blijven. Er zijn aanwijzingen dat ambulances niet altijd op de aangewezen spoedeisende hulp terecht kunnen, al zijn harde cijfer hierover moeilijk te krijgen. Er zijn ook suggesties dat de bereikbaarheid van de spoedeisende hulp kan worden verbeterd door de doorstroming van met name oudere patiënten naar hulp buiten het ziekenhuis te verbeteren.

4 Diagnose en behandeling lichamelijk letsel

Een belangrijke consequentie van verkeersongevallen is blijvend letsel, soms met verstrekkende gevolgen. Een voorbeeld geeft aan hoe lichamelijk letsel kan leiden tot psychisch lijden en uiteindelijk tot overlijden, ver na het ongeval. Op 28 november 2011 springt Jon Driver, een bekende wetenschapper op het gebied van de psychologie, van de Archway brug in Londen. Hij overleeft de val niet. De Britse krant *Ham & High* schetst een beeld van wat er mogelijk is gebeurd. Het jaar voor de fatale sprong had Jon Driver bij een verkeersongeval met zijn motor zijn knie dusdanig gekwetst dat hij constant pijn had. Zijn werk begon te lijden onder de pijn, waarna ook zijn psychische gesteldheid achteruit ging. Hij sliep slecht, begon zich ernstig zorgen te maken over of hij zijn baan kon behouden, en of hij ooit weer aan werk zou komen als hij werkloos zou raken. Hij vreesde dat hij zijn familie dan niet meer zou kunnen onderhouden. Dan zou zijn vrouw, die ook wetenschapper was, voltijds moeten gaan werken en daarnaast ook voor zijn kinderen en voor hem moeten gaan zorgen. Op 28 november werd het hem te veel en maakte hij een einde aan zijn leven (Ferguson, 2012).

Verkeersgewonden zijn relatief onderbelicht als het om de verkeersveiligheid gaat. Evaluaties van, en berichtgeving over, de verkeersveiligheid gaan vaak over het aantal verkeersdoden (Davidse, Louwerse & Van Duijvenvoorde, 2019), vooral als er een toename is ten opzichte van eerdere jaren (Nieuwenhuis & Bremmer, 2019; NOS, 2019). Doelen voor de verkeersveiligheid zijn vaak in eerste instantie gericht op het terugdringen van het aantal verkeersdoden (zoals in 'Vision Zero' van de EU; European Commission, 2020b). Zij worden later soms aangevuld, zoals in 2017 gebeurde in de 'Valletta declaratie', bijvoorbeeld door tevens het halveren van het aantal zwaargewonden tussen 2020 en 2030 als doel te stellen (European Commission, 2020a).

Het aantal gewonden is echter aanzienlijk (Bos et al., 2019). Er zijn 32 keer meer ernstig gewonde verkeersdeelnemers dan verkeersdoden. (SWOV, 2019a, 2019b). Van deze gewonden houdt een aanzienlijk deel blijvend letsel over (ongeveer 20%, Weijermars et al., 2016) of ervaart ernstige psychische problemen (ongeveer 10% tot 15% heeft na een jaar nog last van posttraumatische stress klachten; Van Meijel, 2019; Holeva, Tarrier & Wells, 2001). Ook de kosten zijn hoog: de maatschappelijke kosten van ernstig verkeersgewonden worden geschat op 17 miljard per jaar (KiM, 2019).

Dit hoofdstuk gaat in op de vraag of, en hoe, de diagnose en behandeling van lichamelijk letsel kort na het ongeval kan verbeteren. Hierbij is een selectie gemaakt, op basis van gesprekken met collega's en experts, en zijn enkele onderwerpen toegevoegd die naar voren kwamen bij het lezen van de literatuur (whiplash, chronische pijn, en protocollen en individuele verschillen). *Hoofdstuk 5* belicht de psychische aspecten.

4.1 Hersenletsel

4.1.1 Soorten hersenletsel

Bij verkeersongevallen kan licht ('mild'), matig ('moderate') en ernstig ('severe') hersenletsel optreden (Mayfield Clinic, 2018). Bij licht hersenletsel blijft de patiënt bij bewustzijn en heeft mogelijk last van duizeligheid of verwardheid. Bij matig hersenletsel verliest de patiënt het bewustzijn, maar reageert nog wel op prikkels. Bij ernstig letsel verliest de patiënt geheel het bewustzijn en reageert niet op prikkels. Ook kunnen verschillende soorten beschadigingen optreden. Bij een hersenschudding verliest de patiënt kort het bewustzijn, maar herstelt doorgaans geheel. Bij een hersenkneuzing beschadigt een deel van de hersenen door de kracht die op de schedel komt te staan. Daarnaast kan het scheuren of uitrekken van hersenweefsel voorkomen ('diffuse axonal injury'), dat vooral optreedt als de hersenen snel van voren naar achteren en terug binnen de schedel worden bewogen (Maas et al., 2017). Ook kan een bloeding ontstaan tussen de hersenen en de schedel ('traumatic subarachnoid hemorrhage'), en kan een bloedstolsel elders in de hersenen optreden door het breken van een bloedvat. Wanneer de bloeding groot is, kan dit de hersenen in de verdrinking brengen (Novack & Bushnik, 2018).

Het merendeel van de hersenletsels (90%) is licht. Hoewel de gevolgen hiervan vaak minder ernstig zijn, levert deze categorie, door de grote aantallen, toch de grootste bijdrage aan de letsellast (Maas et al., 2017). Aanwijzingen voor het optreden van dergelijk letsel zijn: (1) het verlies van bewustzijn, (2) het niet kunnen herinneren van gebeurtenissen net na het voorval, (3) duizeligheid, verwarring of langzamer denken door het voorval, (4) neurologische verschijnselen, zoals moeite met bewegen, verlies van evenwicht, en moeite met spreken. Bij licht hersenletsel duurt het verlies van bewustzijn doorgaans minder dan 30 minuten en het geheugenverlies minder dan 24 uur (Maas et al., 2017; UAB, 2020).

Hersenletsel dat ontstaat door een botsing met het hoofd, heet traumatisch hersenletsel. Hersenletsel kan ook andere oorzaken hebben, bijvoorbeeld een koolstofmonoxidevergiftiging, een schotwond, of het gebruik van verdovende middelen (Maas et al., 2017). Wanneer de schedel en de vliezen rond de hersenen zijn gebroken, is er sprake van 'open trauma'. Wanneer dit niet gebeurt, is er sprake van een 'gesloten trauma'. In dat geval zijn de hersenen vaak hevig binnen de schedel verplaatst, waardoor ze door de botsing met de schedel zelf in elkaar worden gedrukt (Novack & Bushnik, 2018).

Bij hersenletsel wordt vaak gedacht aan het primaire hersenletsel, dat ontstaat door het trauma zelf. Hersenletsel leidt echter vaak ook tot een kettingreactie van processen, waaronder ontstekingen, oxidatieve stress en metabolische gevolgen. Het letsel dat hierdoor optreedt heet secundair hersenletsel (Maas et al., 2017; Stiver & Manley, 2008). Deze processen hoeven niet altijd binnen de schedel op te treden (Stiver & Manley, 2008).

Hersenletsel bij verkeersongevallen onderscheidt zich van die bij een val door het mechanisme. Bij verkeersongevallen komt vaak een 'contrecoup' (Banga et al., 2017) voor, waarbij de hersenen tegen de achterkant van de schedel worden gedrukt (de andere kant van waar de botsing plaatsvindt). Ook kan hersenletsel bij een verkeersongeval in de loop der tijd leiden tot minder verbindingen tussen hersencellen (Maas et al., 2017).

Naast de directe gevolgen vormt hersenletsel, en met name ernstiger hersenletsel, een risicofactor voor een reeks neurologisch aandoeningen, waaronder de ziekte van Alzheimer, de ziekte van Parkinson en ALS (Gardner & Yaffe, 2015; Maas et al., 2017). Ook kan hersenletsel de kans op een beroerte en epilepsie verhogen. Herhaald licht hersenletsel kan daarnaast leiden tot 'chronic traumatic encephalopathy' (CTE).

4.1.2 Prevalentie

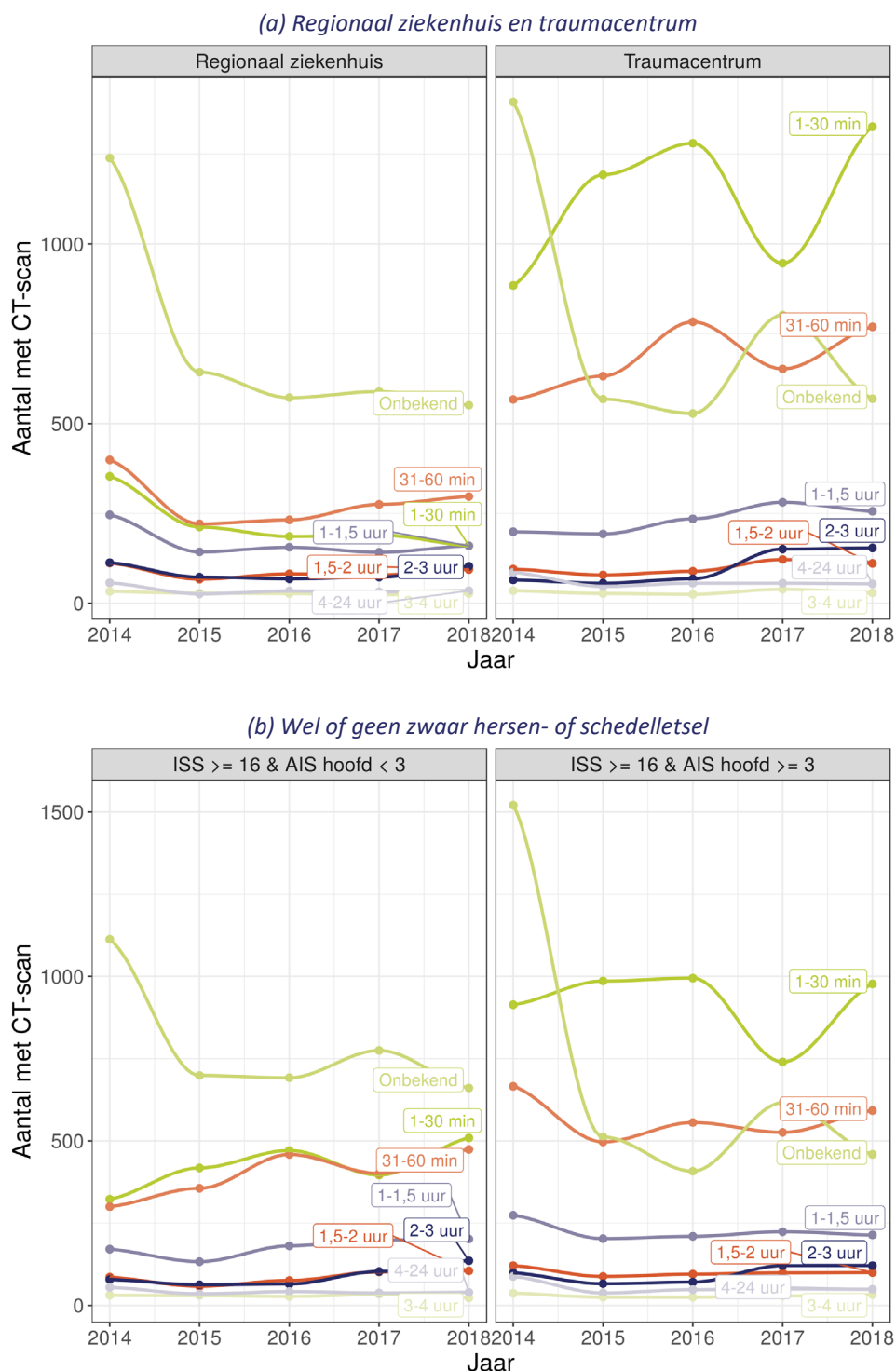
Hersenletsel komt erg vaak voor. Wereldwijd tussen de 64 en 74 miljoen mensen jaarlijks hersenletsel op, en een voorzichtige schatting is dat ongeveer de helft van de wereldbevolking ooit (licht of zwaarder) hersenletsel heeft opgelopen (Maas et al., 2017). Met name jonge mannen lopen een groter risico op hersenletsel, maar ouderen hebben de grootste kans op ernstige gevolgen, waaronder overlijden. Voor Nederland is de schatting dat hersenletsel in totaal leidt tot een verlies van 118.000 levensjaren tussen 2010 en 2012 (Maas et al., 2017). Omdat hersenletsel niet altijd zichtbaar is en de aantallen slachtoffers door velen onderschat worden, wordt er gesproken over een 'silent epidemic' (Zogg et al., 2016).

Hersenletsel is een belangrijke oorzaak van overlijden en blijvend letsel bij verkeersslachtoffers. Van de nieuwe gevallen van hersenletsel wordt ongeveer 25% (Noord-Amerika) en 56% (Azië) door een verkeersongeval veroorzaakt (Dewan et al., 2018). VeiligheidNL schat dat binnen Nederland 8% van verkeersslachtoffers licht hersenletsel en 3% ernstig hersenletsel oploopt (Van der Does et al., 2019). 56% van de verkeersslachtoffers die in het ziekenhuis overlijden heeft hersenletsel (Weijermars et al., 2020). Hoofdletsel komt voor bij 31% van de ernstig verkeersgewonden (MAIS2+; Weijermars, Bos & Stipdonk, 2015) en bij circa 10% van de fietsers die na een verkeersongeval op de spoedeisende hulp komen (Ommel, 2009). Bij matig en ernstig hersenletsel zijn verkeersongevallen de belangrijkste oorzaak (Novack & Bushnik, 2018). Binnen Europa lijkt er sprake van een neergaande trend in het optreden van hersenletsel door verkeersongevallen (Maas et al., 2017). In ontwikkelingslanden is het omgekeerde het geval; daar is hersenletsel door verkeersongevallen een steeds groter probleem (Maas et al., 2017). Internationaal hebben met name motorrijders met en zonder helm, voetgangers, fietsers zonder helm, en inzittenden van personenauto's zonder autogordel kans op hersenletsel door een verkeersongeval (Javouhey, Guerin & Chiron, 2006). In Nederland zijn mogelijk ook snorfietsers en bromfietsers kwetsbaar. Zo blijkt dat 50% van de bromfietsdoden hoofdletsel had en dat 50% van de snorfietsers die na een ongeval in het ziekenhuis werden opgenomen, hoofdletsel had (Wijlhuizen et al., 2013).

4.1.3 Diagnose hersenletsel

De eerst aangewezen onderzoeksmethode bij verdenking op (ernstig) hersenletsel is de 'computed tomography' (CT-)scan. Informatie over het gebruik van CT-scans staat in de landelijke trauma registratie (LTR; LNAZ, 2019). *Afbeelding 4.1a*, gebaseerd op het jaarverslag, laat zien dat CT-scans vaker en sneller worden ingezet in traumacentra: de curve met het aantal patiënten waarbij een CT-scan binnen 30 minuten uitgevoerd wordt, ligt duidelijk boven de andere curves voor deze traumacentra, terwijl deze curve voor regionale ziekenhuizen tussen de andere curves inligt. *Afbeelding 4.1b* laat zien dat CT-scans vaker binnen 30 minuten worden uitgevoerd bij ernstig schedel- of hersenletsel, dan bij hersenletsel met een lagere letselscore.

Afbeelding 4.1. Informatie over het gebruik van CT-scans in (a) regionale ziekenhuizen en traumacentra, en bij (b) wel of geen zwaar hersen- of schedelletsel. Bron: LNAZ (2019).



Een voor diagnose veelgebruikte schaal is de Glasgow Coma Scale (GCS). Deze schaal kent punten toe voor reacties met de ogen, spraak, en motoriek op prikkels zoals het horen van een stem of pijnprikkels. Een waarde onder de 8 of 9 is een teken van zwaar hersenletsel, onder de 12 (maar boven de 8) een teken van matig hersenletsel, en een waarde van 13 een licht hersenletsel (Teasdale & Jennett, 1974). Van de drie componenten van de GCS voorspelt de motoriek het beste de langetermijntuitkomsten. Het kan nodig zijn de GCS meerdere keren te bepalen. Zuurstofgebrek in het bloed of een lage bloeddruk kunnen de GCS beïnvloeden en de toestand van de patiënt kan veranderen. Het dalen van de score kan op een bloeding of zwelling in de hersenen wijzen, waarbij een eerste teken vaak een verandering in de pupilgrootte is (Stiver & Manley, 2008).

De GCS kan worden aangevuld met een tweede schaal, de Glasgow Outcome Score (GOS), die de mate van hersenletsel op de lange termijn probeert in te schatten (Foreman et al., 2007; zie ook LNAZ, 2019, voor het gebruik van deze schaal). De GCS voorspelt met name het huidige letsel en minder de toekomstige situatie (Lieh-Lai et al., 1992; McCullagh et al., 2001; zie echter ook Marmarou et al., 2007). Op basis van onder meer de GCS, de hersenscan en verdere onderzoeksresultaten uit het medische dossier, wordt de ICD-code voor het letsel vastgesteld, die het soort en de ernst van het letsel codeert voor de medische administratie.

Een GCS-score tussen de 13 en de 15 geeft licht hersenletsel aan (Joseph et al., 2015; National Center for Injury Prevention and Control, 2003). De standaardbehandeling voor deze lichte vorm van hersenletsel is afwachten. Voorzichtigheid is echter geboden, omdat een deel van patiënten met licht hersenletsel uiteindelijk toch geopereerd moet worden om de druk op de hersenen door een bloeding in de hersenen te verminderen (Carlson et al., 2010). In twee studies liet 13% (Joseph et al., 2015) of 6% (Washington & Grubb, 2012) van de patiënten met licht hersenletsel een verslechtering van het letsel zien op een vervolgscaan (Joseph et al., 2015). Andere studies namen waar dat ongeveer 4% (Shih et al., 2016) of 8,8% (Sweeney et al., 2015) van de patiënten alsnog geopereerd moesten worden om de druk op de hersenen te verlichten na licht hersenletsel. Om te bepalen bij wie de kans op complicaties het grootst is bij afwachten, kunnen naast de GCS ook andere factoren worden meegenomen, zoals de leeftijd van de patiënt (Shih et al., 2016; Washington & Grubb, 2012), het gebruik van bloedverdunders (Washington & Grubb, 2012), de bloeddruk van de patiënt en bloedwaarden (Joseph et al., 2015). Ook kenmerken van het hersenletsel, zoals een schedelbreuk met verplaatsing van het bot (zichtbaar op de scan) (Joseph et al., 2015; Shih et al., 2016) en de grootte en de locatie van de oorspronkelijk waargenomen bloeding (Shih et al., 2016; Sweeney et al., 2015), kunnen gebruikt worden om de patiënten met een verhoogd risico op te sporen.

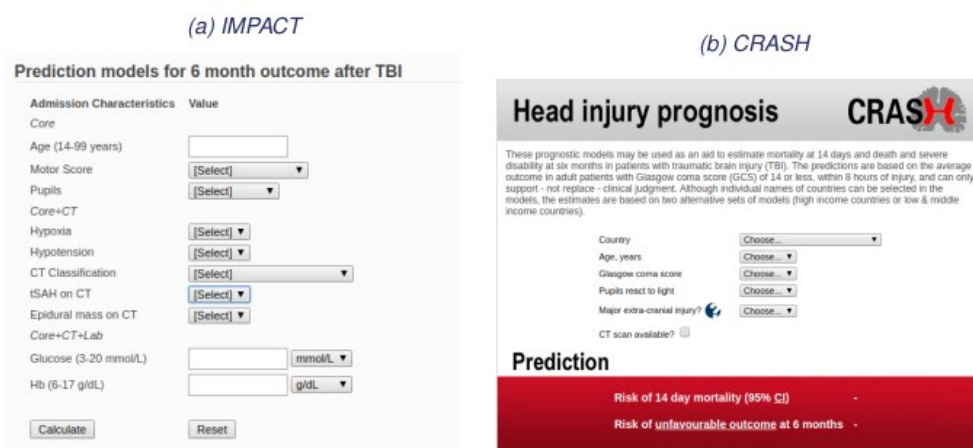
Onderzoek naar de optimale behandeling van licht hersenletsel wordt bemoeilijkt doordat er geen eenduidige definitie voor licht hersenletsel bestaat. Soms wordt de diagnose gesteld op basis van symptomen en de GCS, maar soms wordt de diagnose van licht hersenletsel pas gesteld als ook geen letsel zichtbaar is op de scan. Binnen het medische classificatiesysteem ICD-9CM zijn er meerdere codes die licht hersenletsel aan kunnen geven. Het herkennen van licht hersenletsel is lastig doordat symptomen kunnen verschillen. Schattingen van frequenties zijn moeilijk doordat bij matige symptomen patiënten vaak naar huis worden gestuurd en mogelijk alleen terugkomen als de klachten verergeren (Barbosa et al., 2012).

De CT-scan, gebaseerd op röntgenstraling, en de MRI-scan, gebaseerd op magnetische velden, worden beiden ingezet bij de diagnose van hersenletsel, maar de CT-scan wordt vaker gebruikt. De twee types scans verschillen in de soorten letsel die ze kunnen detecteren. De MRI-scan kan bepaalde bloedingen en beschadigingen beter opsporen en kan problemen met verbindingen in de hersenen beter in kaart brengen (met 'diffusion tensor imaging'). De CT-scan is beter voor het herkennen van breuken (Barbosa et al., 2012) en kneuzing en zwelling van de hersenen (Maas et al., 2017). Een PET-scan wordt minder vaak voor een eerste diagnose ingezet, maar kan moeilijk te detecteren veranderingen in de hersenmetabolisme aantonen. Een CT-scan toont bij ongeveer 5% van de lichte hersenletsels de locatie van het letsel in de hersenen, wat toeneemt tot rond de 30% bij zwaarder hersenletsel (Borg et al., 2004). Omdat CT-scans niet vaak hersenletsel laten zien (bij licht hersenletsel), tot hogere zorgkosten leiden en de kans op kanker verhogen, wordt bij licht hersenletsel vaak afgezien van een scan en de patiënt geobserveerd. Redenen om de patiënt niet naar huis te sturen zijn wanneer patiënt bloedverdunders gebruikt of andere klachten, zoals braken, blijft vertonen (Barbosa et al., 2012).

Een scan kan aanleiding geven tot een operatie, maar dit gebeurt relatief weinig (in enkele procenten van de gevallen, maar vaker bij zwaarder hersenletsel). Een noodzaak tot chirurgische ingrepen is vaak hoger bij een schedelbreuk, bij verschillende keren overgeven, en bij patiënten boven de 65 jaar (Barbosa et al., 2012; Borg et al., 2004). Onder meer de 'Canadian CT Head Rule'

(Barbosa et al., 2012), en de 'New Orleans Criteria' (NOC) (Haydel, 2005) proberen dergelijke risicofactoren tot een beslisregel om te zetten om zo te bepalen wanneer een CT-scan uitgevoerd moet worden. Voor de Nederlandse situatie is een aantal criteria ('major', waarbij een volstaat voor een CT-scan, en 'minor', waarbij er twee nodig zijn voor een CT-scan), waaronder letsel bij een aanrijding tussen een fietser of voetganger met een voertuig, uit het voertuig geslingerd zijn, braken, en het gebruik van bloedverdunners (Federatie Medisch Specialisten, z. j.). In Nederland worden daarnaast vaak de IMPACT- (Perel et al., 2008) en CRASH- (Steyerberg et al., 2008) scores gebruikt, waarin onder meer staat of de scan een bloeding laat zien, of een verschuiving van de hersenen binnen de schedel. *Afbeelding 4.2* geeft een beeld van hoe dergelijke screening tools eruit zien en welke vragen moeten worden beantwoord.

Afbeelding 4.2. Online rekentools voor de evaluatie van hersenletsel. Bronnen: www.tbi-impact.org en www.trialscoordinatingcentre.lshtm.ac.ukw.



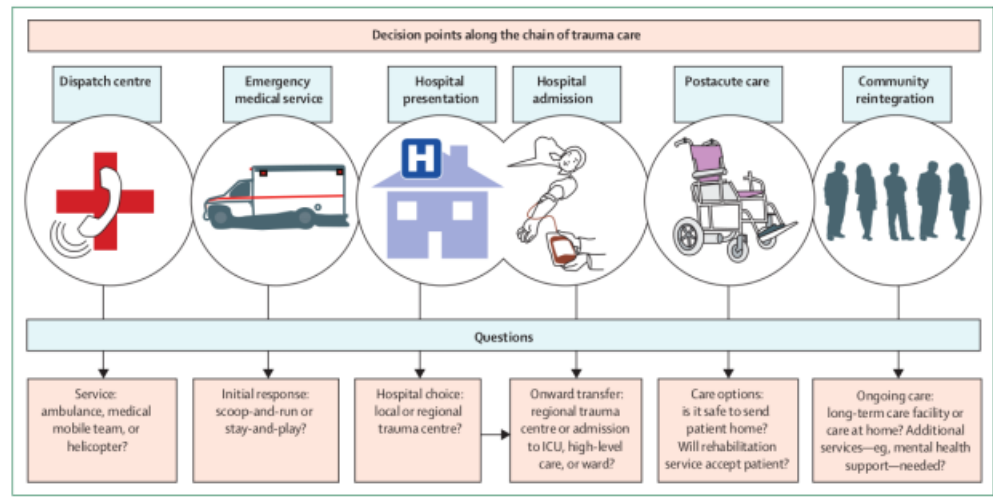
Een inschatting van de ernst van het hersenletsel speelt ook een rol bij de keuze voor behandeling op de plaats van het ongeval. Bij ernstig letsel is het vaak beter eerst de patiënt ter plaatse te stabiliseren, maar bij minder ernstig letsel is snel transport beter (Stiver & Manley, 2008). Dit zijn echter brede richtlijnen, omdat elk hersenletsel uniek is (Maas et al., 2017). Voor de acute behandeling van hersenletsel is goed opgeleid personeel van essentieel belang. Bij het vermoeden van hersenletsel wordt de inzet van p-HEMS aangeraden, ondanks een mogelijk langere responstijd (Harmsen, 2017). Bij het vermoeden van zwelling is het echter weer noodzaak de patiënt zo snel mogelijk in de operatiezaal te krijgen (Stiver & Manley, 2008). Vervoer per helikopter en naar een specialistisch traumacentrum kan daarbij helpen, vooral bij patiënten met matig en zwaar hersenletsel (David et al., 2005).

4.1.4 Behandeling hersenletsel

De behandeling van hersenletsel is complex. Bij licht hersenletsel moet worden voorkomen dat de patiënt verslechtert, en is het tegelijk van belang secundair hersenletsel te voorkomen. De te maken keuzes staan in *Afbeelding 4.3* (uit Maas et al., 2017). De eerste keuze is of het slachtoffer ter plaatse, waar geen CT-scanner beschikbaar is, lang kan worden behandeld ('stay-and-play'), of dat het beter is de patiënt zo snel mogelijk naar het ziekenhuis en de scanner te vervoeren ('scoop and run'). Hierbij spelen verschillende factoren mee zoals de afstand tot het meest geschikte ziekenhuis (onder meer bepaald door de beschikbaarheid van zogenaamde 'Intracranial pressure (ICP) monitoring'; Maas et al., 2017). Een andere keuze is of het slachtoffer naar een gewoon ziekenhuis of een traumacentrum wordt gebracht, en naar welke afdeling binnen het ziekenhuis. Er blijken tussen landen verschillen te bestaan bij deze keuzes. En wat voor de ene patiënt goed is, hoeft niet altijd de beste keuze voor een andere patiënt te zijn (Maas et al., 2017).

Het verergeren van het letsel door druk op de hersenen is een serieuze complicatie van licht hersenletsel. Als dit optreedt, moet er snel worden ingegrepen, waarbij behandelopties bestaan uit het extra beademen, het toedienen van een mannitol infuus of zoutoplossing of een operatie (Diringer et al., 2012).

Afbeelding 4.3.
Beslismomenten bij de
behandeling van hersenletsel
door trauma. Bron: Maas et
al. (2017).



Naast het primaire hersenletsel, treedt er vaak ook een cascade van processen op die tot secundair hersenletsel kunnen leiden. De keuzes die hierbij gemaakt moeten worden zijn complex. Zo kan een slachtoffer te maken hebben met een laag zuurstofgehalte in het bloed, maar is het niet altijd verstandig de patiënt op locatie te beademen. Het hiervoor onder narcose brengen van de patiënt kan namelijk leiden tot een te lage bloeddruk (door de medicijnen die nodig zijn voor sedatie) en het kost tijd om de beademing te starten (waardoor de patiënt later in het ziekenhuis aankomt en pas later een scan kan worden gemaakt; Stiver & Manley, 2008). De literatuur is verdeeld over de vraag of wel of niet vroeg op beademing over moet worden gegaan (Franschman et al., 2012). Bij zwaar hersenletsel wordt vaker op beademing overgegaan om het zuurstofgehalte in het bloed op peil te houden, het CO₂-gehalte niet te ver op te laten lopen en verslikken in speeksel te voorkomen (Stiver & Manley, 2008).

Een ander proces dat de toestand van een patiënt met hersenletsel kan verergeren is een lage bloeddruk, waardoor doorbloeding van de hersenen verstoord kan raken. Behandeling van te lage bloeddruk gebeurt door toediening van een infuus, waarbij bij de keuze voor de hoeveelheid vloeistof vele factoren spelen. Ook hierbij kan het beter zijn te wachten tot aankomst bij de spoedeisende hulp om de tijd tot aankomst niet te vertragen en om bloedingen door de toename van de bloeddruk te voorkomen; die kunnen zonder een CT-scan onopgemerkt blijven. Een uitzondering lijkt op te treden bij ernstig hersenletsel, waarbij vroeg toedienen van vloeistof vaak tot betere uitkomsten leidt (Stiver & Manley, 2008).

Het overgrote deel van de slachtoffers met hersenletsel, voornamelijk met licht hersenletsel, herstellen volledig na drie tot twaalf maanden. Dan zijn ook de problemen met het geheugen verdwenen. Wel kan er nog sprake zijn van klachten zoals hoofdpijn, duizeligheid en vermoeidheid (Barbosa et al., 2012). Een klein deel houdt beperkingen over, en zal het leven moeten aanpassen aan de nieuwe situatie. Omdat eenmaal ontstaan hersenletsel uiterst moeilijk te behandelen is, is het van belang in te zetten op preventie, bijvoorbeeld door het gebruik van een helm tijdens het fietsen (Amoros et al., 2011).

4.2 Preventie chronische whiplash

Naast hersenletsel heeft het snel heen en weer bewegen van het hoofd gevolgen voor de nek, waarbij de *whiplash* de bekendste aandoening is. Dergelijke nekklachten treden op na een aanrijding van achteren, waardoor het hoofd eerst naar achteren en daarna naar voren wordt geslingerd (Hersenstichting, 2020). Aanhoudende nekklachten kunnen ook optreden na een botsing onder een lage snelheid (Schuller, Eisenmenger & Beier, 2000). Klachten beperken zich vaak niet alleen tot pijn in de nek. Ook kunnen klachten optreden zoals vergeetachtigheid,

concentratieproblemen, hoofdpijn, duizeligheid, overgevoeligheid voor licht en geluid, emotionele instabiliteit en vermoeidheid. De combinatie van klachten staat bekend als ‘whiplash associated disorder’ (Scholten-Peeters et al., 2003) en is een nog slecht begrepen aandoening.

Bij veel patiënten verdwijnen whiplashklachten binnen een half jaar, maar bij een deel worden de klachten chronisch, waarbij percentages uiteen lopen tussen de 20% (Ferrari, 2002) en 50% (Carroll et al., 2009; Ferrari, 2002; Vendrig, van Akkerveeken & McWhorter, 2000). Een whiplash is moeilijk aan te tonen met scans (Anderson et al., 2012; Ferrari, 2002), waardoor er problemen ontstaan met verzekeringen en medische keuringen (Hersenstichting, 2020). Bij scans worden vaak goedaardige afwijken gevonden, maar patiënten hierover informeren kan het probleem verergeren, en scans kunnen daarom beter alleen worden gebruikt om een botbreuk uit te sluiten (Ferrari, 2002). Een whiplash is een kostbare aandoening door problemen met werk (Hersenstichting, 2020), veel gebruik van medische zorg (Ferrari, 2002; Vendrig et al., 2000) en schadeclaims (Dyer, 2012; Gudmundsson et al., 2010).

Voor het testen op een whiplash kunnen de ‘Whiplash Specific Disability Questionnaire (WDQ)’ en de ‘Neck Disability Index (NDI)’ worden gebruikt (Hoving, O’Leary, Niere, Green & Buchbinder, 2003; Willis et al., 2004). De NDI bestaat uit tien onderdelen met verschillende vragen over het dagelijks functioneren, waaronder hoofdpijn en slaap, en activiteiten als tillen en lezen. De score op de NDI kort na het ongeval voorspelt blijvende klachten goed (Miettinen et al., 2004). De WDQ is afgeleid van de NDI en omvat dertien vragen. Of de WDQ een enkele aandoening meet, is onduidelijk (Pinfold et al., 2004; Stupar et al., 2015). Een goede overeenstemming met scores op de NDI (Stupar et al., 2015) geeft aan dat de kortere WDQ een goede vervanging kan zijn voor de langere NDI bij het testen op, en in de gaten houden van, een whiplash.

Om langdurige problemen met een whiplash te voorkomen, is het aan te raden de aandoening te beschouwen vanuit een combinatie van een medische en een psychologische factoren (Ferrari, 2002). Zo hebben verwachtingen over het verloop, invloed op het verloop (Holm et al., 2008), bijvoorbeeld door de aandacht op symptomen te richten (Ferrari, 2002). De invloed van verwachtingen is dusdanig dat ze mogelijk de verschillen in whiplashprevalentie tussen landen kunnen verklaren (Ferrari et al., 2002). Doordat het verkeersongeval zelf beangstigend is, en door de uitgebreide aandacht van medisch personeel na het ongeval, kan de verwachting worden gewekt dat er klachten zullen ontstaan (Ferrari, 2002). Als een behandeling wordt geprobeerd, maar niet slaagt, kan de patiënt het idee krijgen dat hij misschien een niet te behandelen aandoening heeft. Angst om de situatie te verergeren met bepaalde bewegingen van de nek, kan de situatie verslechteren (Turk & Okifuji, 2002). De kans op langdurige pijn lijkt ook groter bij mensen die hoog scoren op de ‘Pain Catastrophizing Scale’ die aangeeft in welke mate mensen de pijn als een bedreiging ervaren (Rivest et al., 2010; W. Scott, Wideman & Sullivan, 2014; Sullivan et al., 2002).

Wanneer een botbreuk is uitgesloten, en de whiplash relatief beperkt is, kan het advies zijn om te (blijven/gaan) bewegen (Conlin et al., 2005) en zo het verzwakken van de spieren te voorkomen (Vendrig et al., 2000), al kort na het ongeval (Rosenfeld, Gunnarsson & Borenstein, 2000). Naast adviezen over mogelijke oefeningen kunnen standaardpijnstillers (paracetamol en NSAIDs, zoals ibuprofen) worden gebruikt (Ferrari, 2002). Door patiënten bewust te maken van gedrag dat mogelijk de pijn in stand houdt, en door specifieke oefeningen voor te schrijven, was een duidelijke verbetering zichtbaar in de symptomen van patiënten die al zes maanden last hadden van klachten (Vendrig et al., 2000). Ook kan het helpen patiënten voorlichting te geven over hoe pijn in het lichaam werkt (Van Oosterwijck et al., 2011). Naast het aanmoedigen van oefeningen, kan het aanmoedigen van een positieve instelling en het ontmoedigen van het dragen van ondersteunende nekband het herstel bespoedigen (McClune, Burton & Waddell, 2002).

4.3 Preventie chronische pijn

De preventie van chronische pijn heeft raakvlakken met de preventie van chronische whiplashklachten. Net als bij een chronisch whiplash gaat chronische pijn met veel kosten gepaard, onder meer door medische interventies en verlies aan arbeidsproductiviteit (Gopinath et al., 2019). Ook verhoogt pijn de kans op psychologische gevolgen zoals posttraumatische stress (Van Meijel, 2019). In extreme gevallen, zoals in het voorbeeld in de inleiding van dit *Hoofdstuk 4* (Ferguson, 2012), kan chronische pijn uiteindelijk leiden tot zelfdoding.

Ter voorkoming van chronische pijn bij verkeersslachtoffers, is het belangrijk om te weten of er mogelijk te beïnvloeden risicofactoren zijn (Gopinath et al., 2019). Een studie vond dat het chronisch worden van pijn vaker gebeurde als de pijn meteen na het ongeval hevig was, als de pijn in het hoofd, de nek, de kaak, de onderrug of de benen zat, als het slachtoffer een slechtere algemene gezondheid, een lagere opleiding, of al voor het ongeval depressieve klachten had, en als het slachtoffer zelf dacht dat herstel lang zou gaan duren (Platts-Mills et al., 2016). Depressieve klachten voor het ongeval werden ook als risicofactor aangemerkt door Bortsov et al. (2013), die ook opmerkte dat pijncatastrofering ('pain catastrophizing') de kans op langdurige pijn verhoogt. Dit is de neiging om pijn in gedachten en bewoordingen erger te maken, waardoor de pijn ook als intenser wordt ervaren.

Een andere studie toonde vergelijkbare risicofactoren, maar ook dat deze samenhangen met het wel of niet vragen van schadevergoeding (McLean et al., 2014). De ernst van de pijn voorspelde chronische pijn in beide groepen, de socio-economische status alleen in diegenen die een schadevergoeding vroegen. Het effect van de psychologische toestand was groter voor hen die een schadevergoeding vroegen. Gopinath et al. (2019) vonden ook een hogere kans op chronische pijn bij pain catastrophizing, een slechtere zelf-ingeschatte gezondheid voor het ongeval en stress na het ongeval. Ook zagen ze een hogere kans op chronische pijn bij ouderen, fietsers, lager opgeleiden, slachtoffers die schadevergoeding vroegen, en bij nekpijn en letsel aan de rug (Gopinath et al., 2019). Uit een andere literatuurstudie van de risicofactoren voor chronische pijn na trauma in het algemeen, bleek er een grotere kans op chronische pijn te zijn bij vrouwen, ouderen, lager opgeleiden, slachtoffers met veel pijn net na het ongeval, en slachtoffers die al voor het ongeval depressie- of angstklachten hadden (Clay et al., 2012).

Slachtoffers krijgen vaak op opium gebaseerde pijnstillers voorgeschreven na het ongeval (Berecki-Gisolf et al., 2016). Deze medicijnen hebben een grote kans op verslaving en mogen dus niet langdurig gebruikt worden; het is daarom belangrijk langdurige pijn te voorkomen. Van de risicofactoren zal met name de pain catastrophizing kort na het ongeval aangepakt kunnen worden. Verschillende studies tonen de effectiviteit aan van het reduceren van dit erger ervaren en beschrijven van de pijn, onder meer bij patiënten met rugpijn die oefeningen, gedragstherapie of een combinatie daarvan kregen (Smeets et al., 2006), het aanbieden van therapie ter verlaging van pain catastrophizing (Buhrman et al., 2011), het aanbieden van de therapie in een enkele sessie (Darnall et al., 2014) en het leren omgaan met de pijn na een operatie aan de knie (Riddle et al., 2011).

In deze studies is niet direct naar verkeersslachtoffers gekeken. Een studie naar de behandeling van pain catastrophizing en daarmee pijn bij verkeersslachtoffers is niet gevonden, maar gezien de resultaten voor andere soorten pijn, zou therapie gericht op het verminderen van pain catastrophizing ook verkeersslachtoffers kunnen helpen. Daarbij kan worden begonnen met slachtoffers met een hogere kans op chronische pijn (vrouwen, ouderen, lager opgeleiden, zij die reeds depressieve klachten hadden), omdat voor deze groep de meeste verbetering mogelijk is.

4.4 Behandelingsprotocollen en individuele verschillen in letsel

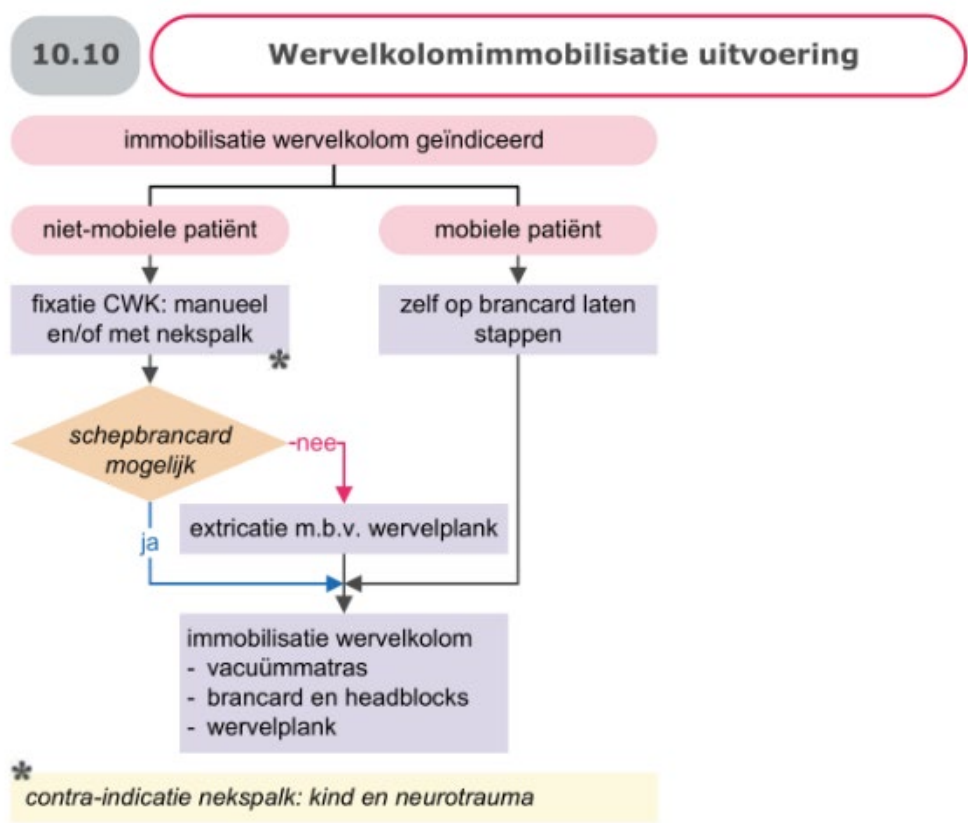
Protocollen zijn belangrijk bij de triage in de meldkamer. Ook bij de eerste behandeling van verkeersslachtoffers worden protocollen gebruikt om de zorg bij trauma gestructureerd aan te bieden. Het huidige protocol in Nederland is het Landelijk Protocol Ambulancezorg (LPA), dat in 2014 is ingevoerd. Het protocol is vastgesteld op basis van richtlijnen, de literatuur en input van experts (Van Grunsven, 2015). Er kan met geldige redenen van worden afgeweken. De huidige versie (LPA8) dateert uit 2016 (AZN; 2016).

Het protocol regelt wie er welke taak heeft bij een grootschalig incident. Zo is vastgelegd dat de verpleegkundige van de eerste ambulance de coördinatie voert. Deze deelt ook de taken uit aan het personeel van de daarop volgende ambulances. Bij grootschalige incidenten wordt de triage (het bepalen welke patiënt als eerste behandeld wordt) gesplitst in een primaire en secundaire triage. Bij de primaire triage stelt de verpleegkundige onder meer vast of de patiënt nog kan lopen, zelfstandig kan ademen en een goede bloedcirculatie heeft. Bij de secundaire triage controleert de verpleegkundige op hersenletsel, bepaalt de ademfrequentie en meet de bloeddruk (AZN, 2016). Op deze wijze zijn de taken verdeeld over het beschikbare ambulancepersoneel. Op basis van de bevindingen worden beslissingen genomen over sedatie en infectiepreventie.

De medische behandeling van slachtoffers ter plaatse volgt hetzelfde protocol als in de spoedeisende hulp, internationaal bekend onder de naam 'Advanced Trauma Life Support' (ATLS), dat in Nederland rond 1995 is ingevoerd. Dit protocol volgt verschillende stappen met de letters 'ABCDE', waarbij er wordt onderzocht (ademt de patiënt nog?) en gehandeld (zorgen dat de patiënt kan ademen). 'A' staat voor 'Airway' (zorgen dat de luchtweg vrij is), 'B' voor 'Breathing' (zorgen dat de patiënt kan ademen of beademd kan worden; in combinatie met bescherming van de ruggengraat), 'C' voor 'Circulation' (bloedingen stoppen en zorgen dat weefsel voldoende doorbloed raakt en blijft), 'D' voor 'Disability' (beoordelen van de neurologische status van de patiënt) en 'E' voor 'Exposure/Environment' (patiënt onderzoeken op verwondingen en onderkoeling voorkomen) (Peters, 2017).

Het protocol is een uitgebreid document en beschrijft welke stappen te volgen bij welk soort letsel. *Afbeelding 4.4* geeft een voorbeeld van onder welke omstandigheden overgegaan moet worden op stabilisatie van de wervelkolom. Het protocol vermeldt dat dit nodig is als er een verdenking is op letsel van de wervelkolom, als de patiënt niet bij bewustzijn is of onder de invloed is van alcohol of drugs, neurologische afwijkingen vertoont, drukpijn heeft op de wervelkolom, of afleidend letsel heeft (AZN, 2016; Van Grunsven, 2015). Het protocol geeft aan dat immobilisatie niet mag leiden tot vertraging van de ABCDE-stappen, of paniek of onrust in de patiënt mag veroorzaken, en dat een mobiele patiënt zelf op de brancard mag stappen, terwijl bij een niet-mobiele patiënt het beste eerst de nek moet worden gefixeerd en daarna de schepbrancard moet worden toegepast.

Afbeelding 4.4. Voorbeeld van een protocol uit het LPA, indicatie voor immobilisatie. Bron: Van Grunsven (2015).



Aanpassingen van het protocol komen door voortschrijdend inzicht. Zo werd het protocol voor de mobiele patiënt in 2015 aangepast nadat uit studies bleek dat het automatisch stabiliseren van mobiele patiënten meer nadelen oplevert dan voordelen, zoals een grotere kans op verstikking en langere behandeltijd doordat het voertuig soms eerst open geknipt moest worden. Voor het vervoer van mobiele patiënten wordt om vergelijkbare redenen gebruikgemaakt van een vacuüm matras dat kaakbewegingen nog mogelijk maakt en de druk op de hersenen niet onnodig verhoogt (Van Grunsven, 2015).

Na behandeling ter plaatse wordt de patiënt overgebracht naar de spoedeisende hulp van een algemeen ziekenhuis of naar een van de elf niveau-1 traumacentra (LNAZ, 2019). Voor overdracht van de patiënt van de ambulance aan de spoedeisende hulp wordt voor ongevallen het MIST-protocol gebruikt (Van Grunsven, 2015). MIST is een onderdeel van het meer algemene SBAR-protocol ('situation', 'background', 'assessment' en 'recommendation'). MIST communiceert over (1) hoe het ongeval heeft plaatsgevonden ('mechanism'), (2) de verwondingen ('injuries'), (3) bevindingen van het onderzoek ('signs'), en (4) de behandeling tot dusver ('treatment'). Een deel van deze communicatie gebeurt al tijdens de rit naar de spoedeisende hulp. Ook vult de ambulancemedewerker een digitaal ritformulier in, wat doorgestuurd wordt naar de spoedeisende hulp (en later beschikbaar is in de ambulanceregistratie voor facturerings-, onderzoeks- en evaluatiedoeleinden). Voor ernstig letsel is er een uitgebreide versie van het overdrachtsprotocol (SITRAP). Eenmaal aangekomen op de spoedeisende hulp, herhaalt de ambulancemedewerker de overdracht mondeling (Van Grunsven, 2015).

De vraag is of protocollen rekening moeten houden met kenmerken van het slachtoffer, zoals het geslacht, het gewicht en het gebruik van alcohol en of dit bij zou kunnen dragen aan een behandeling die meer op maat is voor het slachtoffer. Dergelijke persoon-specifieke kenmerken zijn (nog) niet in het Landelijk Protocol Ambulancezorg (AZN, 2016) voor trauma's opgenomen, behalve als het gaat over de dosis waarin bepaalde medicatie moet worden toegediend (meer bij zwaardere patiënten), bij stabilisatie van de wervelkolom (invloed van alcohol), of het toepassen van een CT-scan (opletten bij zwangere vrouwen). Het was lastig informatie te vinden over of er

rekening wordt gehouden met of het slachtoffer bijvoorbeeld een autogordel droeg (meer kans op letsel aan ingewanden; Sube, Ziperman & McIver, 1967; Towne & Coe, 1971) of fietste met of zonder helm (meer kans op hersenletsel; Joseph et al., 2017). Wel is er informatie over de keuze om over te gaan op een CT-scan bij het vermoeden van hersenletsel. Daarbij wordt aangeraden sneller een CT-scan in te zetten bij een hogere leeftijd (ouder dan 40 jaar) en bij slachtoffers die uit het voertuig geslingerd zijn (Federatie Medisch Specialisten, z. j.).

Voor drie onderwerpen (alcoholgebruik, geslacht en gewicht) zal worden onderzocht hoe groot de invloed van deze factoren op het letsel kan zijn.

4.4.1 Alcoholgebruik

Een voorzichtige schatting uit 2013 geeft aan dat circa 16,4% tot 23,9% van de ernstig gewonde autobestuurders onder invloed was (Houwing et al., 2015). Slachtoffers onder invloed van alcohol hebben vaak ernstiger letsel en een grotere kans op overlijden, blijvend letsel, op de intensive care te belanden, een bloedtransfusie te moeten ondergaan, en complicaties (Fabbri et al., 2001). Ook bepaalde soorten complicaties komen vaker voor onder invloed van alcohol: een te lage bloeddruk, een klaplong en een hartstilstand (Hadjizacharia et al., 2011; Lasota et al., 2019). Patiënten onder invloed van alcohol ondergaan vaker invasieve onderzoeksmethoden op de spoedeisende hulp (Jurkovich et al., 1992), en vragen meer tijd voor behandeling (Golan et al., 2007), mogelijk door verhoogde agressie vanuit de patiënt (Crilly, Chaboyer & Credy, 2004; Egerton-Warburton et al., 2016; Gilchrist, Jones & Barrie, 2011; Ad, 2016). Artsen moeten zich echter niet laten weerhouden van het onderzoeken van hun patiënt (Hubler, Sullivan & Erickson, 1998; Martin et al., 2017).

4.4.2 Mannen en vrouwen

Vrouwen hebben een verhoogde kans op letsels door autogordels dan mannen (Criado-Perez, 2019), deels doordat gordels voor vrouwen oncomfortabel zijn en zij die daarom vaker niet of niet correct dragen (Bose et al., 2011). De consequentie is dat als vrouwen eenmaal betrokken zijn bij een verkeersongeval, zij een hogere kans hebben ernstig gewond te raken (Parenteau et al., 2013) of te overlijden (Criado-Perez, 2019; Sivak, Schoettle & Rupp, 2010; Evans 2001; Bose et al. 2011). Letsel door autogordels bij vrouwen betreft vaak de borsten (Song, Teo & Song, 2015). Naast het minder vaak correct dragen van de gordel, zitten vrouwen vaker verder naar voren als bestuurder (Malczyk et al., 2013), met als gevolg langere reactietijden (Scott, Candler & Li, 1996). Ernstiger letsel bij vrouwen wordt niet alleen gevonden bij bestuursters, maar ook bij voetgangers, mogelijk door een verhoogde kans op embolieën (Mittmeyer, 1989). Oudere vrouwelijke fietsers hebben een verhoogde kans op botbreuken door een verminderde botdichtheid (Augat et al., 2010), terwijl bij inzittenden van personenauto's botontkalking de kans op ernstig letsel aan de wervelkolom verhoogt (Rupp et al., 2010). Bij jongere vrouwelijke verkeersslachtoffers moet rekening worden gehouden met een mogelijke zwangerschap (Seebach & Verboket, 2019) en moet de gordel niet over de buik heen lopen (SWOV, 2012). Voorlichting over het correct gebruik van autogordels tijdens de zwangerschap zou mogelijk kunnen helpen (McGwin Jr et al., 2004; Sirin et al., 2007), omdat botsproeven het belang van autogordels ook tijdens de zwangerschap aantonen (Motozawa et al., 2010).

4.4.3 Verkeersdeelnemers met overgewicht

Zwaardere bestuurders hebben vaker medische problemen die de kans verhogen om bij een verkeersongeval betrokken te raken, zoals de slaapproblemen slaapapneu (Vgontzas et al., 1994), vermoeidheid achter het stuur (George, 2007), diabetes (hogere kans op onwelwordingen en verminderd gevoel in ledematen; Mokdad et al., 2003) en hart- en vaatziekten (hogere kans op onwelwordingen; Lavalliere et al., 2012). Als ze eenmaal betrokken zijn bij een verkeersongeval, dan hebben personen met zwaar overgewicht ook een grotere kans ernstig gewond te raken of te overlijden (Bhatti, Nathens & Redelmeier, 2016a; Enayatollah et al., 2020; Jehle, Gemme &

Jehle, 2012; Rice & Zhu, 2014), ongeacht de grootte van de auto waarin ze rijden (Donnell et al., 2014).

De hogere kans op overlijden is mogelijk te verklaren door het verminderd gebruik van de autogordel (Bhatti et al., 2016a), het vaker uit het voertuig te moeten worden bevrijd, en het er langer over doen om ziekenhuis te bereiken (Bhatti et al., 2016a). Zwaardere verkeersdeelnemers verkeren daarnaast vaak in een slechtere algemene gezondheid, waardoor ze minder snel herstellen (Brown & Velmahos, 2006; Dhungel et al., 2015). Ook is de behandeling, diagnose en bevrijding uit het voertuig van zware mensen vaak lastiger (Bhatti et al., 2016a).

Autogordels kunnen te kort zijn voor met name personen met extreem overgewicht (Lavalliere et al., 2012). Als de gordel wel past, dan past deze vaak niet goed genoeg om optimale bescherming te bieden (Reed et al., 2012). Uit botsproeven blijkt dat zwaardere personen vaker verwondingen hebben aan de borstkas (Zhu et al., 2006), maar daarentegen minder breuken van het bekken (Bansal et al., 2009), mogelijk door het 'cushion' effect (een bescherming door extra vetlagen; Arbabi et al., 2003).

De relatie tussen overgewicht en letsels bij verkeersongevallen is complex. Zo worden wel extra zware letsels gevonden bij matig overgewicht, maar niet bij slachtoffers met ernstig overgewicht (Ryb & Dischinger, 2008). Mannen met extreem overgewicht lijken meer kans te hebben op ernstig letsel aan het hoofd, het gezicht, de borstkas en de ruggengraat. Mannen en vrouwen met ernstig overgewicht lijken meer kans op letsel aan de buik te hebben, maar mensen met matig overgewicht juist minder kans (Zhu et al., 2010). Ook heeft afvallen niet het gewenste effect: na een maagverkleining verliezen mensen wel gewicht, maar hebben nog steeds dezelfde kans betrokken te raken bij een verkeersongeval (Bhatti, Nathens & Redelmeier, 2016b).

4.5 Samenvatting diagnose en behandeling lichamelijk letsel

Hersenletsel is een relatief vaak voorkomend trauma bij verkeersslachtoffers, met grote langetermijnconsequenties. Mogelijke verbeteringen in behandeling lijken te liggen in het beter vaststellen welke patiënten met licht hersenletsel kunnen verslechteren en het voorkomen van secundair hersenletsel. Wanneer geen nekletsel wordt vastgesteld in een scan, wordt aanbevolen mensen met whiplashklachten aan te moedigen om te blijven bewegen. Om chronische pijn te voorkomen, lijken er mogelijkheden te zijn met psychologische ondersteuning, onder meer om pain catastrophizing te voorkomen. De literatuur spreekt zich niet specifiek uit over verkeersslachtoffers. Protocollen om de diagnose en behandeling van lichamelijk letsel in goede banen te leiden, kunnen mogelijk worden uitgebreid met kennis over verschillen in letsels van specifieke verkeersdeelnemers, zoals vrouwen en mensen met overgewicht, en hoe om te gaan met patiënten die onder invloed zijn van alcohol.

5 Diagnose en behandeling psychische gevolgen

Verkeersongevallen kunnen leiden tot acute stress (acute stress symptomen; 'ASS'), dat over kan gaan in langdurige klachten (een posttraumatische stress stoornis; 'PTSS'). In het handboek voor de classificatie van psychische stoornissen (APA, 2013), de 'DSM-5' staat dat PTSS op kan treden bij blootstelling aan een feitelijke of dreigende dood, ernstige verwonding of seksueel geweld. Bij PTSS komen er clusters van symptomen voor: terugkerende herinneringen aan, of dromen over, de gebeurtenis (bijvoorbeeld zich opdringende pijnlijke herinneringen, dissociatieve reacties zoals flashbacks), het mijden van stimuli gerelateerd aan de gebeurtenis (bijvoorbeeld pijnlijke herinneringen, gedachten of gevoelens), een negatieve verandering in de stemming gerelateerd aan de gebeurtenis (bijvoorbeeld overdreven negatieve overtuigingen of verwachtingen over zichzelf, anderen of de wereld), en veranderingen in de gevoeligheid voor prikkelingen (prikkelbaar gedrag, uitbarstingen en overdreven schrikreacties). De klachten moeten ten minste vier weken bestaan en sterk het dagelijks leven beïnvloeden voordat er over PTSS wordt gesproken (APA, 2014; Heron-Delaney et al., 2013). Naast PTSS komen depressie en angst vaak voor na een verkeersongeval (Weijermars et al., 2016), zoals angst om weer de weg op te gaan (Heron-Delaney et al., 2013).

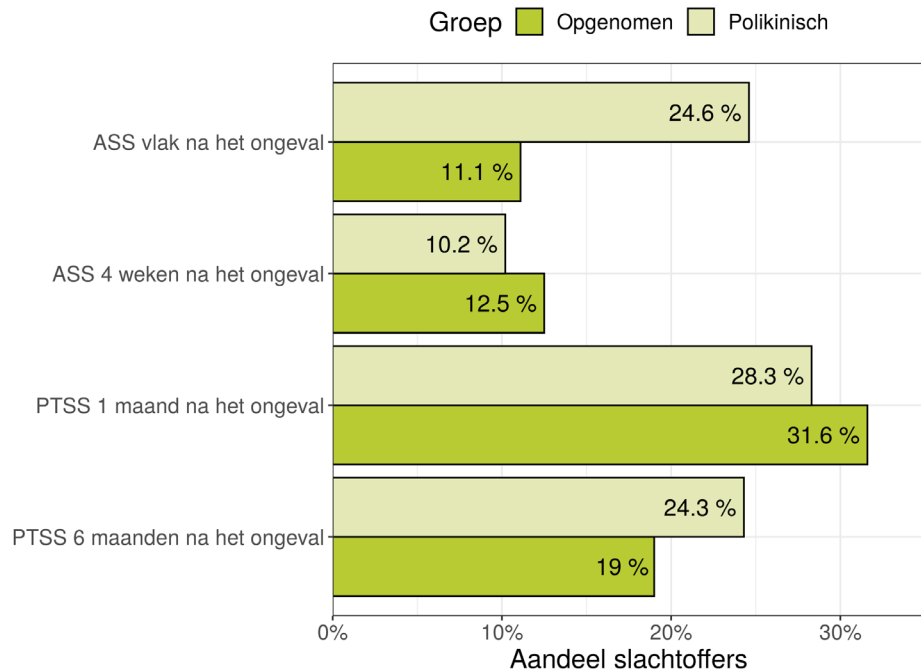
5.1 Prevalentie van PTSS

Schattingen van de prevalentie van PTSS na een verkeersongeval lopen sterk uiteen, met waarden tussen de 6% en 46% (Heron-Delaney et al., 2013; Holeva et al., 2001). PTSS treedt niet alleen op bij volwassenen. Ook bij kinderen leiden verkeersongevallen in ongeveer 10% tot 35% van de gevallen tot PTSS (Landolt et al., 2005), al openbaart de stoornis zich vaak anders (Van Meijel, 2019). Onder Nederlandse verkeersslachtoffers schatten twee studies de prevalentie van posttraumatische stress bij volwassenen op ongeveer 16% (De Vries & Olff, 2009; Eftting, 2014), overeenstemmend met een vergelijkbare schatting voor de VS (Mayou & Bryant, 2003). Aandelen bij kinderen specifiek voor verkeersongevallen werden niet gevonden. Voor alle soorten ongevallen samen bleek dat ongeveer 12% van Nederlandse kinderslachtoffers PTSS ontwikkelt (Van Meijel et al., 2015). Dit percentage komt overeen met de 8% tot 14% in een meta-analyse van studies over kinderen met letsel na een ongeval (Alisic et al., 2014). Niet alleen het ongeval zelf kan tot PTSS leiden. Ook is bijvoorbeeld bekend dat opname in de intensive care de kans op PTSS verhoogt (Davydow et al., 2008; Griffiths et al., 2007).

De waargenomen variatie in prevalentie van PTSS na verkeersongevallen is deels te verklaren uit waar de studie werd uitgevoerd (VS, VK, Japan, Australië), hoe ernstig het letsel was (licht, ernstig, ziekenhuisopname), welk meetinstrument werd gehanteerd voor het vaststellen van PTSS (de SCID-, SPI-, CAPS-, PTSD-I-, of PSS-maten), en hoeveel tijd er zat tussen het ongeval en de waarneming (1 maand, 3 maanden, 6 maanden, 1 jaar) (Heron-Delaney et al., 2013; Holeva et al., 2001). De cijfers uit Murray, Ehlers en Mayou (2002), geïllustreerd in *Afbeelding 5.1*, geven een idee van de invloed van de tijd tussen het ongeval en het vaststellen, met een afname van acute stress tussen direct na het ongeval en ongeveer een maand later, en ook een afname van posttraumatische stress tussen een maand en zes maanden na het ongeval. De studie laat ook zien dat ongeveer 20% tot 30% van de verkeersslachtoffers PTSS heeft, en dat PTSS bijna net zo

vaak voorkomt bij mensen die zijn opgenomen als bij mensen die poliklinisch zijn behandeld (vermoedelijk met minder ernstig letsel).

Afbeelding 5.1. Percentage slachtoffers met acute stress (ASS) of een posttraumatische stress stoornis (PTSS) na een verkeersongeval. Bron: Murray et al. (2002).



5.2 Gevolgen PTSS

PTSS heeft een substantiële invloed op het dagelijks functioneren (Weijermars et al., 2016), bijvoorbeeld het vermogen tot het uitvoeren van betaalde arbeid (Kunst, 2011; Smith, Schnurr & Rosenheck, 2005), maar ook op de algemene gezondheid (Pacella, Hruska & Delahanty, 2013). PTSS kan leiden tot depressie en verhoogd middelengebruik, die de levenskwaliteit negatief kunnen beïnvloeden (VeiligheidNL, 2014). Daarnaast kunnen ook familieleden van het slachtoffer de stoornis ontwikkelen, bijvoorbeeld als ze getuigen waren van het ongeval (Van Meijel, 2019; VeiligheidNL, 2014). Kinderen kunnen psychologische problemen ontwikkelen als een van de ouders last heeft van PTSS (Lambert, Holzer & Hasbun, 2014), deels omdat PTSS invloed kan hebben op de kwaliteit van de zorg van ouders voor hun kinderen (Van Meijel, 2019).

5.3 Screening voor PTSS

Acute stress gaat niet altijd direct na het ongeval over in PTSS (Effting, 2014; Heron-Delaney et al., 2013). Daarom houdt bijvoorbeeld slachtofferhulp een 'watchful waiting'-strategie aan, waarin een ongevalsslachtoffer wordt gevolgd, maar behandeling niet meteen start. Door hen te volgen, kunnen ook mensen worden geholpen bij wie PTSS met een vertraging optreedt (Landolt et al., 2005; Murray et al., 2002).

Bij het 'watchful waiting' moet voorzichtig te werk worden gegaan. Het bespreken van het trauma vlak na het ongeval, waarbij slachtoffers de details van het ongeval moeten beschrijven ('debriefing'), kan juist negatieve gevolgen hebben (Effting, 2014). Zo werd bijvoorbeeld na de Bijlmerramp opgemerkt dat mensen met wie het trauma werd doorgesproken, later meer klachten hadden (Effting, 2014). Deze negatieve effecten van 'debriefing' werden onder meer bevestigd in slachtoffers van verkeersongevallen (Hobbs et al., 1996; Mayou, Ehlers & Hobbs, 2000), brandwonden (Bisson et al., 1997) en bij emotionele interventie voor verschillende soorten trauma (Sijbrandij et al., 2006). Sommige studies laten deze negatieve effecten van

'debriefing' niet zien (Conlon, Fahy & Conroy, 1999; Stallard et al., 2006), maar deze zijn dusdanig in de minderheid dat een Cochrane-review concludeerde dat het standaard bespreken van het trauma direct na het ongeval stopgezet moest worden (Rose et al., 2002).

Waar 'debriefing' wordt afgeraden, blijft screening door getrainde professional belangrijk. Hierbij wordt vaak gebruikgemaakt van vragenlijsten, zoals de (Nederlandse versie van de) Trauma Screening Questionnaire (Dekkers, Olf & Naring, 2010), de SPAN en de IES-R (De Munter et al., 2019; VeiligheidNL, 2014). Voor onderzoek naar het risico op PTSS bij kinderen van 8 tot 18 jaar en hun ouders, is de 'Screening Tool for Early Predictors of PTSS', de STEPP, ontwikkeld (Van Meijel, 2019). Bij de afdeling kinder- en jeugdpsychiatrie van Amsterdam UMC, locatie AMC, wordt momenteel onderzoek afgerond naar screening bij jongere kinderen, waarna ook voor hen een instrument beschikbaar komt.

5.4 Risicofactoren PTSS

Gezien de ernstige consequenties van PTSS voor het dagelijks functioneren (Weijermars et al., 2016), maar ook omdat niet iedereen met acute stress uiteindelijk PTSS ontwikkelt (en niet iedereen zonder acute stress geen PTSS ontwikkelt; Bryant, 2007), wordt geprobeerd te voorspellen wie de hoogste kans heeft PTSS te gaan ontwikkelen. Zo is te bepalen wie het nauwste opgevolgd en gescreend moet worden. Verkeersslachtoffers blijken bijvoorbeeld een grotere kans op PTSS hebben als ze (1) malen over het ongeval ('ruminatie'), (2) het gevoel hebben gehad dood te gaan, (3) een gebrek hebben aan opvang, (4) een hogere mate van acute stress ervaren, (5) reeds bestaande lichamelijke en emotionele klachten, depressie en angststoornissen hadden, (6) in een rechtszaak rond aansprakelijkheid betrokken zijn, (7) het slachtoffer hebben zien overlijden en (8) gevoelens van woede en angst hebben (Heron-Delaney et al., 2013). Gevoelens van dissociatie (minder bewustzijn van de omgeving, depersonalisatie, en emotionele afstomping) vier weken na het ongeval, kunnen ook het optreden van posttraumatische stress na zes maanden voorspellen (Murray et al., 2002). Een kind blijkt een grotere kans op het ontwikkelen van PTSS te hebben als ouders last krijgen van psychische problemen na het ongeval van het kind (Landolt et al., 2005).

De invloed van demografische factoren, zoals leeftijd en geslacht, varieert tussen studies. Zo vinden Landolt et al. (2005) geen invloed van deze factoren op PTSS in kinderen. Het consortium onder leiding van VeiligheidNL (2014) geeft echter aan dat vrouwen een hogere kans op PTSS hebben. Ook de invloed van de ernst van het ongeval kan verschillen. Bij licht letsel kan, met name bij kinderen, reeds traumatische stress optreden (Landolt et al., 2005). Murray et al. (2002) merkt PTSS op bij slachtoffers die poliklinisch behandeld zijn. Maar uit andere studies blijkt dat PTSS vaker voorkomt bij acute pijn, zowel bij kinderen (Van Meijel, 2019), als bij volwassenen (Norman et al., 2008). De vervoerswijze speelt mogelijk ook een rol. Zo merkte een studie op dat fietsers minder psychische gevolgen leken te ondervinden van een verkeersongeval dan automobilisten (Craig et al., 2017).

5.5 Behandeling van PTSS

Er zijn twee soorten behandelingen waar de effectiviteit voor PTSS voldoende is aangetoond. De ene bestaat uit gedragstherapie waarbinnen de (denkbeeldige) blootstelling aan het trauma en het cognitief herstructureren van denkbeelden rond het trauma centraal staan (Wells & Sembi, 2004). De andere bestaat uit het maken van oogbewegingen in combinatie met het ophalen van herinneringen aan het trauma (bekend onder de afkorting 'EMDR') (Schubert & Lee, 2009). Meta-analyses van verschillende studies laat zien dat gedragstherapie het beste helpt tegen PTSS, gevolgd door EMDR, maar voor beide behandelingen geldt dat zij effectief zijn (Beer, 2018; Bisson et al., 2007). Enige evidentie, maar minder sterke, wordt gevonden voor 'stress management' en

groepsgedragstherapie. Voor psychodynamische therapie, hypnotherapie, therapie die zich richt op het algemeen functioneren en niet het trauma, en creatieve therapie (Baker et al., 2018) wordt onvoldoende bewijs gevonden (Bisson et al., 2007). Dit beeld wordt bevestigd door VeiligheidNL (2014) die ook gedragstherapie en EMDR als voorkeurstherapieën noemt. Lang hoeven de behandelingen niet te duren. Het toepassen van enkele sessies gedragstherapie ongeveer een maand na het ongeval blijkt al bij te dragen in het voorkomen van PTSS (VeiligheidNL, 2014), waarbij mogelijk gebruikgemaakt kan worden van apps op de telefoon (AZN, 2019a; Niewold, 2018) en van moderne technieken zoals 'virtual reality' (Gonc,alves et al., 2012) en gedragstherapie via het internet (Lewis et al., 2019).

Er is ook geprobeerd om met medicijnen vroeg in te grijpen, om zo PTSS te voorkomen, maar dergelijke interventie leidt niet duidelijk tot een effect. De reden medicijnen te proberen vloeit voort uit inzicht in hoe PTSS zich in de hersenen ontwikkelt, waarbij bijvoorbeeld PTSS vaker blijkt voor te komen bij mensen waarbij een bepaald hersengebied (de amygdala) sterker reageert op stimuli die angst opwekken en PTSS vaker blijkt voor te komen bij mensen waarbij dit gebied minder wordt onderdrukt door de prefrontale cortex (Jovanovic & Ressler, 2010). Het medicijn hydrocortison, die het niveau van het bijnierschorsormoon cortisol in het bloed beïnvloedt, en daardoor de stressreactie in het brein, geeft het beste resultaat (Qi, Gevonden & Shalev, 2016). Het middel geeft echter relatief vaak ernstige bijwerkingen, en omdat maar een klein deel van de slachtoffers PTSS ontwikkelt, wordt het niet op grote schaal gebruikt. Onderzoek naar het gebruik van de bètablokker propranolol, werkzaam bij bijvoorbeeld plankenkoorts en vaak met relatief weinig bijwerkingen, laat geen eenduidig effect op PTSS zien. Wanneer alle studies worden beschouwd, lijkt er een klein positief effect te zijn (Argolo et al., 2015), maar als er alleen naar de goed gecontroleerde studies (de zogenaamde 'randomized controlled trials', RCTs) wordt gekeken, is er onvoldoende bewijs voor effectiviteit (Sijbrandij et al., 2015). Omdat pijn direct na het ongeval invloed kan hebben (Norman et al., 2008; Van Meijel, 2019), ook op de kans op depressie (Fitzharris et al., 2005), is goede pijnstilling na het ongeval van belang. Vaak worden zogenaamde SSRI's, beter bekend als antidepressiva (Albucher & Liberzon, 2002) en kalmeringsmiddelen (benzodiazepinen) voorgeschreven, ook al is niet eenduidig aangetoond dat deze middelen effectief zijn in de behandeling van PTSS (Guina et al., 2015).

5.6 Aanpak in Nederland

Om aandacht te vragen voor de problematiek van PTSS na ongevallen, stelde VeiligheidNL in samenwerking met het Erasmus MC, de AMC Afdeling psychiatrie, de AMC Afdeling Kinder- en Jeugdpsychiatrie, de AMC Spoedeisende Hulp, de Trauma unit AMC en de VU Klinische Psychologie in 2014 een Whitepaper op (Eftting, 2014; Het Parool, 2014; VeiligheidNL, 2014). Het probleem dat hierin aangekaart wordt is dat, terwijl er veel aandacht is voor psychologische nazorg na grote rampen met veel slachtoffers, er minder aandacht is voor de psychologische en psychische gevolgen van ongevallen met een of enkele slachtoffers (zoals verkeersongevallen). Om meer middelen beschikbaar te krijgen voor de signalering en tijdige behandeling van psychologische en psychiatrische gevolgen van ongevallen, pleiten de samenstellers van het Whitepaper ervoor dat psychische last meegerekend moet worden in de geschatte letsellast van ongevallen. Deze zal hierdoor naar verwachting met een derde toenemen (VeiligheidNL, 2014). Een betere opsporing en behandeling van PTSS kan zichzelf terugverdienen, gezien een geschatte besparing van circa 2,5 tot 3,6 miljoen euro aan zorgkosten, waarbij verzuimkosten nog niet meegerekend zijn (VeiligheidNL, 2014).

Een deel van het probleem is dat het idee lijkt te bestaan dat PTSS vooral iets is dat in oorlogssituaties optreedt. Veel mensen denken dat PTSS je niet overkomt als je sterk bent en dat het niet goed te behandelen is (Ryback, 2016). Het is weinig bekend dat ook kinderen last kunnen krijgen van PTSS, en dat PTSS op kan treden bij relatief kleine ongevallen (Landolt et al., 2005). Medisch personeel is vaak niet op de hoogte van PTSS waardoor symptomen onopgemerkt

blijven en slachtoffers niet doorverwezen worden (Van Meijel, 2019; VeiligheidNL, 2014). De aandacht ligt vaak eerst op het behandelen van de lichamelijke gevolgen van het ongeval (Van Meijel, 2019). Een ander probleem is dat het niet duidelijk wie er voor het volgen van de slachtoffers verantwoordelijk is. Dit zijn niet alleen een problemen in Nederland, maar ook in andere westerse landen (Alexander & Atcheson, 1998; Alisic et al., 2017; De Munter et al., 2019). Diagnose en behandeling worden ook bemoeilijkt doordat PTSS tot vermijdingsgedrag leidt (Ryback, 2016).

Een recent gestart onderzoek heeft als doel mensen met een hoog risico op PTSS vroeg op te sporen om zo gerichte hulp te kunnen bieden, en langdurige problemen te voorkomen. De nadruk ligt daarbij op slachtoffers van ongevallen en geweld. Ook wordt onderzocht of vrouwen inderdaad vaker last van PTSS krijgen en of daarom mogelijk een andere methode van screenen voor vrouwen nodig zal zijn (ZonMw, 2020).

Om PTSS na ongevallen te voorkomen, raadt Van Meijel (2019) aan 'D-E-F' ('distress-emotional support-family') toe te voegen aan het 'A-B-C' ('airway-breathing-circulation')-protocol voor slachtoffers. Een deel van de D-component is het goed onder controle krijgen van de pijn, maar ook het slachtoffer geruststellen, zodat de kans op PTSS verminderd. Deze psychologische nazorg kan deel uitmaken van de 'traumasensitieve zorg', die op beperkte schaal reeds is ingevoerd (Van Meijel, 2019). Sinds 2014 is psychologische hulp vergoed vanuit de basisverzekering (Consumentenbond, 2019). Voor lichtere klachten kan de huisarts hulp bieden in de vorm van een praktijkondersteuner GGZ of psycholoog binnen de praktijk. Voor complexere hulp kan de GGZ worden ingeschakeld (Consumentenbond, 2019).

Ook slachtofferhulp probeert bij te dragen aan het vroegtijdig opsporen van PTSS bij onder meer verkeersslachtoffers en te helpen bij het vinden van de juiste hulpverleners. Ze maken daarbij gebruik van de 'watchfull waiting'-aanpak, waarbij ze wel screening, maar geen debriefing gebruiken. Ze raden het slachtoffer aan te proberen zo veel mogelijk het normale ritme weer op te pakken, maar tegelijk ook zorg te dragen voor voldoende rust. Als na 4 tot 6 weken nog geen verbetering van de klachten optreedt, raden ze aan contact op te nemen met de huisarts voor verdere hulp. Naast screening bieden ze ook hulp door contact met lotgenoten, het bewust maken van de rijkertraining (onder meer verzorgd door de ANWB), contact met de veroorzaker, hulp voor getuigen, en hulp voor nabestaanden. In totaal worden zo ongeveer 24.000 tot 26.000 slachtoffers per jaar geholpen (Slachtofferhulp, z. j.). Slachtofferhulp neemt contact op met alle slachtoffers van verkeersongevallen die zijn doorgegeven door de politie. Toch worden niet alle slachtoffers op deze manier bereikt. Geschat wordt namelijk dat ongeveer 10% van de slachtoffers zelf contact opneemt met slachtofferhulp.

6 Conclusies

In deze verkennende literatuurstudie is de zorgketen voor verkeersslachtoffers onderzocht met bestaande bronnen (waaronder extern getoetste wetenschappelijke literatuur, kranten, documentaires, rapporten, proefschriften) en gesprekken met experts. Daarbij is gekeken naar het eerste deel van de zorgketen, met daarin onder andere ambulancediensten, brandweer, meldkamers, slachtofferhulp en de geestelijke gezondheidszorg. In dit laatste hoofdstuk staan de belangrijkste bevindingen kort op een rij.

6.1 Inzet van hulpdiensten

De geraadpleegde literatuur en bronnen geven de indruk dat de responstijden van ambulances in Nederland overwegend voldoen aan de gestelde normen. Het merendeel (ongeveer 91% tot 93%) van de ambulances bereikt het slachtoffer binnen de 15 minuten norm (A1-inzetten – met hoge spoed) en brengen zij de meeste patiënten (geschat op 99,8% in 2019 op basis van wiskundige modellen) binnen 45 minuten op de spoedeisende hulp. Er zijn aanwijzingen dat soms patiëntensops op spoedeisende hulpafdelingen optreden, waardoor ambulances moeten uitwijken naar een ander ziekenhuis, al is het lastig om getallen te vinden over hoe vaak dit voorkomt. Uit de gevonden literatuur blijkt dat een oplossing voor dergelijke mogelijke capaciteitsproblemen van de spoedeisendehulpafdelingen kan liggen in het verbeteren van de doorstroom van met name oudere patiënten naar zorg buiten het ziekenhuis. Bezuinigen op de thuiszorg en verzorgingshuizen lijken ertoe te hebben geleid dat oudere Nederlanders vaker in het ziekenhuis terechtkomen, en als ze daar eenmaal zijn, minder makkelijk weer weg kunnen (een probleem dat ook in het buitenland voorkomt). Wat de gevolgen van deze beperkte doorstroom van patiënten uit de spoedeisende hulp specifiek voor verkeersslachtoffers is, is niet duidelijk.

Literatuuronderzoek naar mogelijke verdere verbeteringen van responstijden van ambulances laat kansen zien voor computersystemen voor triage, het afstemmen van verkeerslichten, het voorkomen van inzetten die ook door de huisarts hadden kunnen worden afgehandeld - onder meer door invoering van een 'wel-haast-geen-spoed'-telefoonnummer - en anders melden - onder meer met eCall (het voertuig schakelt zelf hulpdiensten in) en het nieuwe melden (melden met beeld en met sociale media), al zijn ook hier vaak geen gedetailleerde gegevens over de tijdswinst beschikbaar. Voor de effectiviteit van omstanders en vrijwilligers zijn, anders dan bij het melden en het precies beschrijven van het ongeval, nog geen duidelijke aanwijzingen.

Veel van de genoemde methoden zijn nog in ontwikkeling en moeten verder gevolgd worden. Er is nog weinig bekend over hoe vaak eCall leidt tot snellere inzet van hulpdiensten. De psychische gevolgen van melden met beeld bij centralisten, en de effectiviteit van het gebruik van beelden, wordt nog onderzocht.

6.2 Lichamelijk letsel

De literatuur toont aan dat hersenletsel een aanzienlijk probleem vormt bij verkeersslachtoffers, vaak met langdurige consequenties. Het is belangrijk om direct na het ongeval te kunnen bepalen welke slachtoffers met licht hersenletsel veilig naar huis kunnen gaan, en welke een verhoogde kans hebben op verslechtering. Ook is het van belang vroegtijdig in te kunnen grijpen om secundair hersenletsel te voorkomen door onder meer de bloeddruk en het zuurstofgehalte in het bloed goed in de gaten te houden. Voor een diagnose van hersenletsel is een combinatie van scans (met name CT, maar ook MRI, en mogelijk PET) en tests (zoals de Glasgow Coma Scale) te gebruiken.

Bij de behandeling van een whiplash blijkt uit de literatuur dat het kan helpen patiënten aan te moedigen zo snel mogelijk weer normaal proberen te bewegen en niet van het ergste uit te gaan. Dit laatste lijkt ook van belang bij het voorkomen dat pijn chronisch wordt, waarbij er een rol weggelegd is voor psychologische ondersteuning.

Huidige protocollen voor de behandeling van onder meer verkeersslachtoffers maken nog weinig gebruik van individuele verschillen tussen slachtoffers, bijvoorbeeld op basis van geslacht, het wel of niet hebben van overgewicht, of het onder invloed zijn van alcohol. Zo kan letsel door autogordels verschillend zijn tussen mannen en vrouwen en tussen mensen met en zonder overgewicht. Of traumaspecialisten met dergelijke factoren reeds rekening houden buiten de protocollen om, werd niet duidelijk uit de literatuur.

6.3 Psychische gevolgen

Verkeersongevallen kunnen psychische gevolgen hebben, waarbij posttraumatische stress stoornis (PTSS), depressie en angststoornissen de meest voorkomende zijn. Met name PTSS heeft grote gevolgen voor het herstel van verkeersslachtoffers. Vroege, maar voorzichtige interventie lijkt hierbij belangrijk te zijn, maar deze is momenteel mogelijk nog suboptimaal, omdat PTSS niet altijd onderkend wordt door hulpverleners of slachtoffers. Mogelijk kan slachtofferhulp hierbij een rol spelen, omdat zij actief contact zoeken met verkeersslachtoffers.

Literatuur

AD (2016). 'Artsen hebben het gehad met dronken patiënten'. Nieuwsbericht 24 april 2016. Geraadpleegd 26 april 2020 op <https://www.ad.nl/home/artsen-hebben-het-gehad-met-dronken-patiënten~a151312c/>

AD (2018). *Acht vragen over E-Call, de verplichte noodoproep in nieuwe auto's*. Nieuwsbericht 28 maart 2018. Geraadpleegd 2 november 2020 op <https://www.ad.nl/auto/acht-vragen-over-e-call-de-verplichte-noodoproep-in-nieuwe-auto-s~ad6df722/>

Ahmed, N. & Greenberg, P. (2019). *Assessing the impact of blood alcohol concentration on the rate of in-hospital mortality following traumatic motor vehicle crash injury: A matched analysis of the National Trauma Data Bank*. In: *Injury*, vol. 50, nr. 1, p. 33–38.

Ahuja, R., Tiwari, G. & Bhalla, K. (2019). *Going to the nearest hospital vs. designated trauma centre for road traffic crashes: estimating the time difference in Delhi, India*. In: *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, vol. 26, nr. 3, p. 271–282.

Al-Thani, H., El-Menyar, A., Pillay, Y., Mollazehi, M., et al. (2017). *Hospital mortality based on the mode of emergency medical services transportation*. In: *Air Medical Journal*, vol. 36, nr. 4, p. 188-192.

Albucher, R.C. & Liberzon, I. (2002). *Psychopharmacological treatment in PTSD: a critical review*. In: *Journal of Psychiatric Research*, vol. 36, nr. 6, p. 355–367.

Alexander, D.A. & Atcheson, S.F. (1998). *Psychiatric aspects of trauma care: Survey of nurses and doctors*. In: *Psychiatric Bulletin*, vol. 22, nr. 3, p. 132–136.

Alisic, E., Tyler, M.P., Giummarra, M.J., Kassam-Adams, R., et al. (2017). *Trauma-informed care for children in the ambulance: International survey among pre-hospital providers*. In: *European Journal of Psychotraumatology*, vol. 8, nr. 1, art. 1273587.

Alisic, E., Zalta, A.K., Van Wesel, F., Larsen, S.E., et al. (2014). *Rates of post-traumatic stress disorder in trauma-exposed children and adolescents: meta-analysis*. In: *The British Journal of Psychiatry*, vol. 204, nr. 5, p. 335–340.

Ambulance blog (z.j.). *RAV Overzicht*. Geraadpleegd 2 november 2020 op: <https://www.ambulanceblog.nl/rav-overzicht/>, 13-52020.

Amoros, E., Chiron, M., Thelot, B. & Laumon, B. (2011). *The injury epidemiology of cyclists based on a road trauma registry*. In: *BMC Public Health*, vol. 11, nr. 1, p. 653.

Anderson, S.E., Boesch, C., Zimmermann, H., Busato, A., et al. (2012). *Are there cervical spine findings at MR imaging that are specific to acute symptomatic whiplash injury? A prospective controlled study with four experienced blinded readers*. In: *Radiology*, vol. 262, nr. 2, p. 567–575.

Andruszkow, H., Frink, M., Zeckey, C., Krettek, C., et al. (2012). *Merits and capabilities of helicopter emergency medical service (HEMS) in traumatized patients*. In: *Technology and Health Care*, vol. 20, nr. 5, p. 435–444.

Andruszkow, H., Hildebrand, F., Lefering, R., Pape, H.C., et al. (2014). *Ten years of helicopter emergency medical services in Germany: do we still need the helicopter rescue in multiple traumatised patients?* In: *Injury*, vol. 45, p. S53–S58.

Andruszkow, H., Schweigkofler, U., Lefering, R., Frey, M., et al. (2016). *Impact of helicopter emergency medical service in traumatized patients: which patient benefits most?* In: *PLoS One*, vol. 11, nr. 1.

Fowler, R.L., Antar, O., Marshal Isaacs, Cash, C. (2017). *The case against EMS red lights and siren responses*. In: *Journal of Emergency Medical Services*, vol. 2, nr. 42. p. 61

APA (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5)*. American Psychiatric Association, American Psychiatric Publishing, Inc.

APA (2014). *DSM-5 - Nederlandse vertaling American Psychiatric Association: Posttraumatische stress-stoornis (PTSS)*. Geraadpleegd 3 april 2020 op: <https://hulpgids.nl/informatie/ziektebeelden/trauma-en-stressorgerelateerde-stoornissen/posttraumatische-stress-stoornis/>

Arbabi, S., Wahl, W.L., Hemmila, M.R., Kohoyda-Inglis, C., et al. (2003). *The cushion effect*. In: *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, vol. 54, nr. 6, p. 1090–1093.

Argolo, F.C., Cavalcanti-Ribeiro, P., Netto, L.R. & Quarantini, L.C. (2015). *Prevention of posttraumatic stress disorder with propranolol: a meta-analytic review*. In: *Journal of Psychosomatic Research*, vol. 79, nr. 2, p. 89–93.

Arslanian-Engoren, C. (2000). *Gender and age bias in triage decisions*. In: *Journal of Emergency Nursing*, vol. 26, nr. 2, p. 117–124.

Arslanian-Engoren, C. (2005). *Patient cues that predict nurses' triage decisions for acute coronary syndromes*. In: *Applied Nursing Research*, vol. 18, nr. 2, p. 82–89.

Aryankhesal, A., Khorasani-Zavareh, D. & Heidari, M. (2018). *People present at road traffic crash scene: Challenges in defining and categorising*. In: *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, vol. 12, nr. 1, p. LL01–LL02.

Augat, P., Weyand, D., Panzer, S. & Klier, T. (2010). *Osteoporosis prevalence and fracture characteristics in elderly female patients with fractures*. In: *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, vol. 130, nr. 11, p. 1405–1410.

Autoweek (2020). *Verkoopcijfers 2019*. Geraadpleegd 23 april 2020 op <https://www.autoweek.nl/verkoopcijfers/2019/>

AZN (2016). *LPA 8.1*. Geraadpleegd 27 maart 2020 op: <https://www.ambulancezorg.nl/themas/kwaliteit-van-zorg/protocollen-en-richtlijnen/landelijk-protocol-ambulancezorg>

AZN (2019a). *Support coach app*. Geraadpleegd 23 april 2020 op: <https://www.ambulancezorg.nl/nieuws/support-coach-app>

AZN (2019b). *Tabellenboek 2018*. Geraadpleegd 2 november 2020 op: <https://www.ambulancezorg.nl/themas/sectorkompas-ambulancezorg/sectorkompas-en-tabellenboeken-%28vanaf-2016%29>

Baker, F.A., Metcalf, O., Varker, T. & O'Donnell, M. (2018). *A systematic review of the efficacy of creative arts therapies in the treatment of adults with PTSD*. In: Psychological Trauma: Theory, Research, Practice, and Policy, vol. 10, nr. 6, p. 643.

Bakker, R.H., Verhage, V., Tuinstra, J. & Bouma, J. (2014). *Triage op de Meldkamer*. In: Tijdschrift voor gezondheidswetenschappen, vol. 92, nr. 3, p. 125–130.

Ballay, M. & Monoši, M. (2017). *Emergency response and safety fire fighter in relation to technologies used in electric vehicles*. In: Conference Proceedings Fire Protection, Safety and Security 2017. 3-5 May 2017, Zvolen, Slovak Republic. p. 263-268.

Banga, M.S., Sandeep, B., Roy, K., Saha, S.K., et al. (2017). *Contrecoup head injury*. In: Indian Journal of Neurosurgery, vol. 6, nr. 2, p. 103–106.

Bansal, V., Conroy, C., Lee, J., Schwartz, A., et al. (2009). *Is bigger better? The effect of obesity on pelvic fractures after side impact motor vehicle crashes*. In: Journal of Trauma and Acute Care Surgery, vol. 67, nr. 4, p. 709–714.

Barbosa, R.R., Jawa, R., Watters, J.M., Knight, J.C., et al. (2012). *Evaluation and management of mild traumatic brain injury: an Eastern Association for the Surgery of Trauma practice management guideline*. In: Journal of Trauma and Acute Care Surgery, vol. 73, nr. 5, p. S307–S314.

Barnhoorn, J.S. & Dongen, C.J.G. van (2019). *De impact van beeld in 112 meldkamers op de centralist*. Geraadpleegd 2 november 2020 op: <https://repository.tudelft.nl/view/tno/uuid:d87f6349-9db2-4fec-b191-7f6e4d0e2198>

Barnhoorn, J.S., Menkhorst, M., Schilder, C. & Dongen, C. van (2019). *Beeld in de meldkamer is mensenwerk*. Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://ccv-secondant.nl/platform/article/beeld-in-de-meldkamer-is-mensenwerk>

Beer, R. (2018). *Efficacy of EMDR therapy for children with PTSD: A review of the literature*. In: Journal of EMDR Practice and Research, vol. 12, nr. 4, p. 177–195.

Berecki-Gisolf, J., Hassani-Mahmoei, B., Collie, A. & McClure, R. (2016). *Prescription opioid and benzodiazepine use after road traffic injury*. In: Pain Medicine, vol. 17, nr. 2, p. 304–313.

Bhatti, J.A., Nathens, A.B. & Redelmeier, D.A. (2016a). *Driver's obesity and road crash risks in the United States*. In: Traffic Injury Prevention, vol. 17, nr. 6, p. 604–609.

Bhatti, J.A., Nathens, A.B. & Redelmeier, D.A. (2016b). *Traffic crash risks in morbidly obese drivers before and after weight loss surgery*. In: Obesity Surgery, vol. 26, nr. 8, p. 1985–1988.

Bisson, J.I., Ehlers, A., Matthews, R., Pilling, S., et al. (2007). *Psychological treatments for chronic post-traumatic stress disorder: Systematic review and meta-analysis*. In: The British Journal of Psychiatry, vol. 190, nr. 2, p. 97–104.

Bisson, J.I., Jenkins, P.L., Alexander, J. & Bannister, C. (1997). *Randomised controlled trial of psychological debriefing for victims of acute burn trauma*. In: The British Journal of Psychiatry, vol. 171, nr. 1, p. 78–81.

Blackwell, T.H., Kline, J.A., Willis, J.J. & Hicks, G.M. (2009). *Lack of association between prehospital response times and patient outcomes*. In: Prehospital Emergency Care, vol. 13, nr. 4, p. 444–450.

Blancou, J., Almeida, J., Fernandes, B., Silva, L., et al. (2016). *eCall++: An enhanced emergency call system for improved road safety*. In: 2016 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC). IEEE, p. 1–8.

Blomberg, S.N., Folke, F., Ersbøll, A.K., Christensen, H.C., et al. (2019). *Machine learning as a supportive tool to recognize cardiac arrest in emergency calls*. In: Resuscitation, vol. 138, p. 322–329.

Bolle, S.R., Johnsen, E. & Gilbert, M. (2011). *Video calls for dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation can improve the confidence of lay rescuers—surveys after simulated cardiac arrest*. In: Journal of Telemedicine and Telecare, vol. 17, nr. 2, p. 88–92.

Borg, J., Holm, L., Cassidy, J.D., Peloso, P., et al. (2004). *Diagnostic procedures in mild traumatic brain injury: results of the WHO Collaborating Centre Task Force on Mild Traumatic Brain Injury*. In: Journal of Rehabilitation Medicine, vol. 36, nr. 0, p. 61–75.

Bortsov, A.V., Platts-Mills, T.F., Peak, D.A., Jones, J.S., et al. (2013). *Pain distribution and predictors of widespread pain in the immediate aftermath of motor vehicle collision*. In: European Journal of Pain, vol. 17, nr. 8, p. 1243–1251.

Bos, N.M., Decae, R.J., Bijleveld, F.D., Hermens, F., et al. (2019). *Ernstig verkeersgewonden 2018: Schatting van het aantal ernstig verkeersgewonden in 2018*. R-2019-23. SWOV, Den Haag.

Bose, D., Segui-Gomez, M. & Crandall, J.R. (2011). *Vulnerability of female drivers involved in motor vehicle crashes: an analysis of US population at risk*. In: American Journal of Public Health, vol. 101, nr. 12, p. 2368–2373.

Bøtker, M.T., Bakke, S.A. & Christensen, E.F. (2009). *A systematic review of controlled studies: do physicians increase survival with prehospital treatment?* In: Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine, vol. 17, nr. 1, p. 12.

Braslow, A. & Brennan, R.T. (1999). *Layperson CPR: a response to “a reappraisal of mouth-to-mouth ventilation during bystander-initiated cardiopulmonary resuscitation”*. In: Prehospital and Disaster Medicine, vol. 14, nr. 2, p. 81–82.

Brotcorne, L., Laporte, G. & Semet, F. (2003). *Ambulance location and relocation models*. In: European Journal of Operational Research, vol. 147, nr. 3, p. 451–463.

Brown, C.V.R. & Velmahos, G.C. (2006). *The consequences of obesity on trauma, emergency surgery, and surgical critical care*. In: World Journal of Emergency Surgery, vol. 1, nr. 1, p. 27.

Brown, L.H., Whitney, C.L., Hunt, R.C., Addario, M., et al. (2000). *Do warning lights and sirens reduce ambulance response times?* In: Prehospital Emergency Care, vol. 4, nr. 1, p. 70–74.

Buhrman, M., Nilsson-Ihrfelt, E., Jannert, M., Strom, L., et al. (2011). *Guided internet based cognitive behavioural treatment for chronic back pain reduces pain catastrophizing: a randomized controlled trial*. In: Journal of Rehabilitation Medicine, vol. 43, nr. 6, p. 500–505.

Buuren, M. van (2018). *Efficient planning of ambulance services: theory and practice*. PhD Thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam.

Camp, L. van de (2018). *Zorg voor kwetsbare ouderen moet beter: zorg dat Eerstelijns Verblijf werkt*. Geraadpleegd 26-4-2020 op: <https://www.linkedin.com/pulse/zorg-voor-kwetsbare-ouderen-moet-beter-datverblijf-lieke-van-de-camp>

Carlson, A.P., Ramirez, P., Kennedy, G., McLean, A.R., et al. (2010). *Low rate of delayed deterioration requiring surgical treatment in patients transferred to a tertiary care center for mild traumatic brain injury*. In: *Neurosurgical Focus*, vol. 29, nr. 5, p. E3.

Carroll, L.J., Holm, L.W., Hogg-Johnson, S., Cote, P., et al. (2009). *Course and prognostic factors for neck pain in whiplash-associated disorders (WAD): results of the Bone and Joint Decade 2000–2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders*. In: *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, vol. 32, nr. 2, p. S97–S107.

CBS (2020). *Hulpverlening steeds belangrijker deel inzet brandweer*. Nieuwsbericht 6 maart 2020. Geraadpleegd 23 april 2020 op: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2020/10/hulpverlening-steeds-belangrijker-deel-inzet-brandweer>

Chauvel, C. & Haviotte, C. (2011). *eCall System; French a posteriori efficiency evaluation*. In: *Proceedings of the Twenty Third International Conference on Enhanced Safety of Vehicles*. National Highway Traffic Safety Administration, Washington D.C.

Chen, L. & Englund, C. (2018). *Every second counts: integrating edge computing and service oriented architecture for automatic emergency management*. In: *Journal of Advanced Transportation*, vol. 2018.

Chen, S.S., Chen, J.C., Ng, C.J., Chen, P.L., et al. (2010). *Factors that influence the accuracy of triage nurses' judgement in emergency departments*. In: *Emergency Medicine Journal*, vol. 27, nr. 6, p. 451–455.

Cheng, Y.H., Field, W.E., Issa, S.F., Kelley, K., et al. (2018). *Summary of US injuries and fatalities involving entrapment and suffocation in grain transport vehicles*. In: *Journal of Agricultural Safety and Health*, vol. 24, nr. 2, p. 73–88.

Christoph, M.W.T. (2010). *Schatting van verkeersveiligheidseffecten van intelligente voertuigsystemen: Een literatuurstudie*. R-2010-8, SWOV, Den Haag.

Clark, D.E., Winchell, R.J. & Betensky, R.A. (2013). *Estimating the effect of emergency care on early survival after traffic crashes*. In: *Accident Analysis & Prevention*, vol. 60, p. 141–147.

Clay, F.J., Watson, W.L., Newstead, S.V. & McClure, R.J. (2012). *A systematic review of early prognostic factors for persistent pain following acute orthopedic trauma*. In: *Pain Research and Management*, vol. 17, nr. 1, p. 35–44.

CNBC News (2016). *Dutchman dies in Tesla crash; firefighters feared electrocution*. Nieuwsbericht 8 september 2016. Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://www.cnb.com/2016/09/08/dutchman-dies-in-tesla-crash-firefighters-feared-electrocution.html>

Conlin, A., Teasell, R., Bhogal, S. & Sequeira, K. (2005). *Treatment of whiplash-associated disorders-part I: Non-invasive interventions*. In: *Pain Research and Management*, vol. 10, nr. 1, p. 21–32.

Conlon, L., Fahy, T.J. & Conroy, R. (1999). *PTSD in ambulant RTA victims: A randomized controlled trial of debriefing*. In: *Journal of Psychosomatic Research*, vol. 46, nr. 1, p. 37–44.

Considine, J., Botti, M. & Thomas, S. (2007). *Do knowledge and experience have specific roles in triage decision-making?* In: Academic Emergency Medicine, vol. 14, nr. 8, p. 722–726.

Consumentenbond (2019). *Vergoeding psychologische hulp*. Geraadpleegd 23 april 2020 op: <https://www.consumentenbond.nl/zorgverzekering/vergoeding-psychologisch-hulp>

Craig, A., Elbers, N., Jagnoor, J., Gopinath, B., et al. (2017). *The psychological impact of traffic injuries sustained in a road crash by bicyclists: a prospective study*. In: Traffic Injury Prevention, vol. 18, nr. 3, p. 273–280.

Criado-Perez, C. (2019). *The deadly truth about a world built for men – from stab vests to car crashes*. Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://www.theguardian.com/lifeandstyle/2019/feb/23/truth-world-built-for-men-car-crashes>

Crilly, J., Chaboyer, W. & Creedy, D. (2004). *Violence towards emergency department nurses by patients*. In: Accident and Emergency Nursing, vol. 12, nr. 2, p. 67–73.

Darnall, B.D., Sturgeon, J.A., Kao, M.C., Hah, J.M., et al. (2014). *From catastrophizing to recovery: a pilot study of a single-session treatment for pain catastrophizing*. In: Journal of Pain Research, vol. 7, p. 219.

Davidse, R.J., Louwerse, W.J.R. & Duijvenvoorde, K. van (2018). *Dodelijke verkeersongevallen op rijkswegen in 2016: analyse van ongevals- en letselfactoren en daaruit volgende aanknopingspunten voor maatregelen*. R-2018-9, SWOV, Den Haag.

Davidse, R.J., Louwerse, W.J.R. & Duijvenvoorde, K. van (2019). *Dodelijke verkeersongevallen op rijkswegen in 2017 Analyse van ongevals- en letselfactoren en daaruit volgende aanknopingspunten voor maatregelen*. R-2019-8, SWOV, Den Haag.

Davies, A. (2019). *EVs fire up pyroswitches to cut risk of shock after a crash*. Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://www.wired.com/story/evs-fire-pyroswitches-cut-risk-shock-crash/>

Davis, C., Dodson, P., Pore, C., Sangaraju, S., et al. (2018). *Predicting the need for extrication in traffic accidents reported to 911: is anyone pinned/trapped*. In: Annals of Emergency Dispatch & Response, vol. 6, nr. 3, p. 5–9.

Davydow, D.S., Gifford, J.M., Desai, S.V., Needham, D.M., et al. (2008). *Posttraumatic stress disorder in general intensive care unit survivors: a systematic review*. In: General Hospital Psychiatry, vol. 30, nr. 5, p. 421–434.

Dean, S.F. (2008). *Why the closest ambulance cannot be dispatched in an urban emergency medical services system*. In: Prehospital and Disaster Medicine, vol. 23, nr. 2, p. 161–165.

Dekkers, A., Olf, M. & Naring, G. (2010). *Identifying persons at risk for PTSD after trauma with TSQ in the Netherlands*. In: Community Mental Health Journal, vol. 46, nr. 1, p. 20–25.

Hartog, D. den, Romeo, J., Ringburg, A.N., Verhofstad, M.H.J., et al. (2015). *Survival benefit of physician-staffed Helicopter Emergency Medical Services (HEMS) assistance for severely injured patients*. In: Injury, vol. 46, nr. 7, p. 1281–1286.

Dewan, M.C., Rattani, A., Gupta, S., Baticulon, R.E., et al. (2018). *Estimating the global incidence of traumatic brain injury*. In: Journal of Neurosurgery, vol. 130, nr. 4, p. 1080–1097.

Dhungel, V., Liao, J., Raut, H., Lilienthal, M.A., et al. (2015). *Obesity delays functional recovery in trauma patients*. In: Journal of Surgical Research, vol. 193, nr. 1, p. 415-420.

Dickson, I. (2019). *How exploding electric cars could save your life*. Geraadpleegd 26-4-2020 op: <https://360.here.com/bosch-semiconductors-pyrofuse>

Diringer, M.N., Scalfani, M.T., Zazulia, A.R., Videen, T.O., et al. (2012). *Effect of mannitol on cerebral blood volume in patients with head injury*. In: Neurosurgery, vol. 70, nr. 5, p. 1215–1219.

Does, H. van der, Krul, I., Stam, C. & Nijman, S. (2019). *Verkeersongevallen 2017*. Rapport 768, VeiligheidNL, Amsterdam.

Donnelly, J.P., Griffin, R.L., Sathiakumar, N. & McGwin Jr, G. (2014). *Obesity and vehicle type as risk factors for injury caused by motor vehicle collision*. In: Journal of Trauma and Acute Care Surgery, vol. 76, nr. 4, p. 1116–1121.

Drent, C., Keizer, M.O. & Houtum, G.J. van (2020). *Dynamic dispatching and repositioning policies for fast-response service networks*. In: European Journal of Operational Research, vol. 285, nr. 2, p. 583-598.

Duin, T. van (2008). *Hoe korter, hoe beter. Onderzoek naar een prestatieindicator in de ambulancezorg*. Afstudeerscriptie Zorgmanagement, Erasmus Universiteit, Rotterdam.

Duyvis, M., Karemaker, M. & Polman, P. (2018). *Ongevallenstatistiek voorrangsvoertuigen 2016-2017*. Instituut Fysieke Veiligheid, Arnhem. Geraadpleegd 1 april 2020 op: <https://www.ifv.nl/nieuws/Paginas/Ongevallenstatistiek-voorrangsvoertuigen-2016-2017.aspx>

Dyer, C. (2012). *Ministers consider measures to reduce UK's 1500 daily claims for whiplash*. In: BMJ, art. 344:e3226.

Eftting, M. (2014). *Geen aandacht ziekenhuizen voor PTSS bij slachtoffers*. In: Volkskrant, 1 oktober 2014. Geraadpleegd 23 april 2020 op: <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/geen-aandacht-ziekenhuizen-voor-ptss-bij-slachtoffers~bc7057e3/>

Egerton-Warburton, D., Gosbell, A., Wadsworth, A., Moore, K., et al. (2016). *Perceptions of Australasian emergency department staff of the impact of alcohol related presentations*. In: Medical Journal of Australia, vol. 204, nr. 4, p. 155–155.

Elzendoorn, B. (2019). *Ongeluk op A2 bij Maarheeze en daarna een ongeval in de kijkersfile de andere kant op*. Nieuwsbericht 31 oktober 2019, Omroep Brabant. Geraadpleegd 24 april 2020 op: <https://www.omroepbrabant.nl/nieuws/3097516/ongeluk-op-a2-bij-maarheeze-en-daarna-een-ongeval-in-de-kijkersfile-de-andere-kant-op>

Enayatollah, H.R., Khodadady-Hasankiadeh, N., Kouchakinejad-Eramsadati, L., Javadi, F., et al. (2020). *The relationship between weight indices and injuries and mortalities caused by the motor vehicle accidents: a systematic review and meta-analysis*. In: Journal of Injury and Violence Research, vol. 12, nr. 1, p. 85.

ERSO (2015). *Alcohol 2015*. Directorate General for Transport, European Commission, Brussels. Geraadpleegd 26 april 2020 op: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/erso-synthesis-2015-alcohol-detail_en.pdf

European Commission (2015). *The interoperable EU-wide eCall*. Geraadpleegd 2 november 2020 op: https://ec.europa.eu/transport/themes/its/road/action_plan/ecall_en

European Commission (2020a). *Final outcome targets*. Geraadpleegd 11 april 2020 op: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/grst/what_are_quantitative_targets/final_outcome_targets_en

European Commission (2020b). *Next steps towards 'Vision Zero'*. Geraadpleegd 10 april 2020 op: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d7ee4b58-4bc5-11ea-8aa5-01aa75ed71a1>

Evans, L. (2001). *Female compared with male fatality risk from similar physical impacts*. In: *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, vol. 50, nr. 2, p. 281–288.

Fabbri, A., Marchesini, G., Morselli-Labate, A.M., Rossi, F., et al. (2001). *Blood alcohol concentration and management of road trauma patients in the emergency department*. In: *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, vol. 50, nr. 3, p. 521–528.

Federatie Medisch Specialisten (z.j.). *Licht traumatisch hoofd/hersenletsel (LTH)*. Richtlijndatabase Federatie Medisch Specialisten. Geraadpleegd 17 april 2020 op: https://richtlijndatabase.nl/richtlijn/licht_traumatisch_hoofd_hersenletsel_lth/licht_traumatisch_hoofd_hersenletsel_-_startpagina.html

Feleke, R., Scholes, S., Wardlaw, M. & Mindell, J.S. (2018). *Comparative fatality risk for different travel modes by age, sex, and deprivation*. In: *Journal of Transport & Health*, vol. 8, p. 307–320.

Ferguson, K. (2012). *UCL professor Jon Driver killed himself as he struggled with fears he would lose his job*. Nieuwsbericht 5 april 2012, Ham & High. Geraadpleegd 11 april 2020 op: <https://www.hamhigh.co.uk/news/crime-court/ucl-professor-jon-driver-killed-himself-as-he-struggled-with-fears-he-would-lose-his-job-1-1341661>

Ferrari, R. (2002). *Prevention of chronic pain after whiplash*. In: *Emergency Medicine Journal*, vol. 19, nr. 6, p. 526–530.

Ferrari, R., Obelieniene, D., Darlington, P., Gervais, R., et al. (2002). *Laypersons' expectation of the sequelae of whiplash injury. A cross-cultural comparative study between Canada and Lithuania*. In: *Medical Science Monitor*, vol. 8, nr. 11, p. CR728–CR734.

Fischer, P., Krueger, J.I., Greitemeyer, T., Vogrincic, C., et al. (2011). *The bystander-effect: a meta-analytic review on bystander intervention in dangerous and non-dangerous emergencies*. In: *Psychological Bulletin*, vol. 137, nr. 4, p. 517.

Fitch, J. (2005). *Response times: myths, measurement & management*. In: *JEMS: a Journal of Emergency Medical Services*, vol. 30, nr. 9, p. 47–56.

Fitzharris, M., Fildes, B., Charlton, J. & Tingvall, C. (2005). *The relationship between perceived crash responsibility and post-crash depression*. In: *Annual Proceedings/Association for the Advancement of Automotive Medicine*, vol. 49. Association for the Advancement of Automotive Medicine, p. 79.

Foreman, B.P., Caesar, R.R., Parks, J., Madden, C., et al. (2007). *Usefulness of the abbreviated injury score and the injury severity score in comparison to the Glasgow Coma Scale in predicting outcome after traumatic brain injury*. In: *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, vol. 62, nr. 4, p. 946–950.

Frankema, S.P.G., Ringburg, A.N., Steyerberg, E.W., Edwards, M.J.R., et al. (2004). *Beneficial effect of helicopter emergency medical services on survival of severely injured patients*. In: British Journal of Surgery, vol. 91, nr. 11, p. 1520–1526.

Franschman, G., Verburg, N., Brens-Heldens, V., Andriessen, T.M.J.C., et al. (2012). *Effects of physician-based emergency medical service dispatch in severe traumatic brain injury on prehospital run time*. In: Injury, vol. 43, nr. 11, p. 1838–1842.

Full Fact (2013). *Bed blocking - what is it, and is it paralysing the NHS?* Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://fullfact.org/health/bed-blocking-what-it-and-it-paralysing-nhs/>.

Gabrieli, A., Nardello, F., Geronazzo, M., Marchetti, P., et al. (2019). *Cervical spine motion during vehicle extrication of healthy volunteers*. In: Prehospital Emergency Care, vol. 24, nr. 5, p. 1–9.

Gardner, R.C. & Yaffe, K. (2015). *Epidemiology of mild traumatic brain injury and neurodegenerative disease*. In: Molecular and Cellular Neuroscience, vol. 66, p. 75–80.

Geodienst RUG (2017). *Aanrijtiden ambulances 15 minuten; Een analyse van de niet te bereiken gebieden*. Geodienst Rijksuniversiteit Groningen. Geraadpleegd 20 april 2020 op: <https://rug.maps.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=ea29a4e56d144e5585e9733fa738dbbe&extent=4.5624,52.0466,5.8808,52.4455>

George, C.F.P. (2007). *Sleep apnea, alertness, and motor vehicle crashes*. In: American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, vol. 176, nr. 10, p. 954–956.

Giesen, P., Mookink, H., Hensing, M., Bosch, W., et al. (2008). *Rude or aggressive patient behaviour during out-of-hours GP care: challenges in communication with patients*. In: Patient Education and Counseling, vol. 73, nr. 2, p. 205–208.

Gilchrist, H., Jones, S.C. & Barrie, L. (2011). *Experiences of emergency department staff: Alcohol-related and other violence and aggression*. In: Australasian Emergency Nursing Journal, vol. 14, nr. 1, p. 9–16.

Glendon, A.I. & McKenna, S.P. (1985). *Using accident injury data to assess the impact of community first aid training*. In: Public Health, vol. 99, nr. 2, p. 98–109.

Golan, J.D., Marcoux, J., Golan, E., Schapiro, R., et al. (2007). *Traumatic brain injury in intoxicated patients*. In: Journal of Trauma and Acute Care Surgery, vol. 63, nr. 2, p. 365–369.

Goldberg, R.J., Gore, J.M., Love, D.G., Ockene, J.K., et al. (1984). *Layperson CPR—are we training the right people?* In: Annals of Emergency Medicine, vol. 13, nr. 9, p. 701–704.

Gonçalves, R., Pedrozo, A.L., Coutinho, E.S.F., Figueira, I., et al. (2012). *Efficacy of virtual reality exposure therapy in the treatment of PTSD: a systematic review*. In: PloS One, vol. 7, nr. 12.

Gopinath, B., Jagnoor, J., Kifley, A., Nicholas, M., et al. (2019). *Differential predictors of pain severity over 12 months following noncatastrophic injury sustained in a road traffic crash*. In: The Journal of Pain, vol. 20, nr. 6, p. 676–684.

Goslings, C., Gorzeman, M., Offeringa-Klooster, M. & Berdowski, J. (2016). *Brandbrief 'Regionale spoedzorg—de rek is er uit'*. 19 mei 2016. Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://www.spoedzorgnet.nl/brandbrief-%E2%80%98regionale-spoedzorg-%E2%80%90-de-rek-er-uit%E2%80%99>

Griffiths, J., Fortune, G., Barber, V. & Young, J.D. (2007). *The prevalence of post-traumatic stress disorder in survivors of ICU treatment: a systematic review*. In: Intensive Care Medicine, vol. 33, nr. 9, p. 1506–1518.

Groenendijk, M. (2020). *App moet ervoor zorgen dat spoedeisende hulp bij drukte niet dicht hoeft*. In: Algemeen Dagblad, 24 februari 2020. Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://www.ad.nl/rotterdam/app-moet-ervoor-zorgen-dat-spoedeisende-hulp-bij-drukke-niet-dicht-hoeft~aff127ce/160620384/>

Grunsven, P.M. van (2015). *Ambulancezorg anno 2015: een spoedcursus*. GAVscoop, p. 26.

Gudmundsson, S., Oddsdottir, G.L., Runarsson, T.P., Sigurdsson, S., et al. (2010). *Detecting fraudulent whiplash claims by support vector machines*. In: Biomedical Signal Processing and Control, vol. 5, nr. 4, p. 311–317.

Guina, J., Rossetter, S.R., DeRhodes, B.J., Nahhas, R.W., et al. (2015). *Benzodiazepines for PTSD: a systematic review and meta-analysis*. In: Journal of Psychiatric Practice, vol. 21, nr. 4, p. 281–303.

Haas, J. de, Baeten, S. & Er, S. van der (2019). *Triagesystemen geen oorzaak recente toename spoedinzetten*. Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://www.ambulancezorg.nl/nieuws/triagesystemen-geen-oorzaak-recente-toename-spoedinzetten>

Hadjizacharia, P., O’Keeffe, T., Plurad, D., Green, D., et al. (2011). *Alcohol exposure and outcomes in trauma patients*. In: European Journal of Trauma and Emergency Surgery, vol. 37, nr. 2, p. 169-175.

Hakkert, A.S. & Gitelman, V. (2007). *Road Safety Performance Indicators: Manual*. Deliverable D3.8 of the EU FP6 project SafetyNet. European Road Safety Observatory (ERSO) / European Commission, Directorate-General Energy and Transport, Brussels.

Harmsen, A.M.K. (2017). *Early trauma care for the severely injured: identification, communication and optimization*. PhD Thesis, VU Vrije Universiteit, Amsterdam. Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://research.vumc.nl/en/publications/early-trauma-care-for-the-severely-injured-identification-communi>

Hattem, J. van, Kusters, M. & Verlinden, T. (2014). *Implementatie eCall*. Versie 1.0, in het kader van het EU-project HeERO. Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Den Haag.

Haydel, M.J. (2005). *Clinical decision instruments for CT scanning in minor head injury*. In: Journal of the American Medical Association, vol. 294, nr. 12, p. 1551–1553.

He, Z., Wynn, P. & Kendrick, D. (2014). *Non-resuscitative first-aid training for children and laypeople: a systematic review*. In: Emergency Medicine Journal, vol. 31, nr. 9, p. 763–768.

Heick, R., Young, T. & Peek-Asa, C. (2009). *Occupational injuries among emergency medical service providers in the United States*. In: Journal of Occupational and Environmental Medicine, vol. 51, nr. 8, p. 963–968.

Heron-Delaney, M., Kenardy, J., Charlton, E. & Matsuoka, Y. (2013). *A systematic review of predictors of posttraumatic stress disorder (PTSD) for adult road traffic crash survivors*. In: Injury, vol. 44, nr. 11, p. 1413–1422.

Hersenstichting (2020). *Whiplash*. Geraadpleegd 2 november 2020 op: <https://www.hersenstichting.nl/hersenaandoeningen/whiplash/>

Het Parool (2014). *Psychische gevolgen ongeluk onderbelicht*. Geraadpleegd 10 april 2020 op: <https://www.parool.nl/nieuws/psychische-gevolgen-ongeluk-onderbelicht~bb124200/>

Heward, A., Damiani, M. & Hartley-Sharpe, C. (2004). *Does the use of the Advanced Medical Priority Dispatch System affect cardiac arrest detection?* In: *Emergency Medicine Journal*, vol. 21, nr. 1, p. 115–118.

Ho, J. & Casey, B. (1998). *Time saved with use of emergency warning lights and sirens during response to requests for emergency medical aid in an urban environment*. In: *Annals of Emergency Medicine*, vol. 32, nr. 5, p. 585–588.

Hobbs, M., Mayou, R., Harrison, B. & Worlock, P. (1996). *A randomised controlled trial of psychological debriefing for victims of road traffic accidents*. In: *British Medical Journal*, vol. 313, nr. 7070, p. 1438–1439.

Hoekstra, A.T.G., Twisk, D.A.M., Stelling, A. & Houtenbos, M. (2013). *Gebruik van mobiele apparatuur door fietsende jongeren*. R-2013-12, SWOV, Leidschendam.

Holeva, V., Tarrier, N. & Wells, A. (2001). *Prevalence and predictors of acute stress disorder and PTSD following road traffic accidents: Thought control strategies and social support*. In: *Behavior Therapy*, vol. 32, nr. 1, p. 65–83.

Holm, L.W., Carroll, L.J., Cassidy, J.D., Skillgate, E., et al. (2008). *Expectations for recovery important in the prognosis of whiplash injuries*. In: *PLoS medicine*, vol. 5, nr. 5.

Hoogerwerf, N., Valk, J., Houmes, R.J., Christiaans, H., et al. (2013). *Benefit of Helicopter Emergency Medical Services on trauma patient mortality in the Netherlands?* In: *Injury: International Journal of the Care of the Injured*, vol. 44, nr. 2, p. 274–275.

Houdenhoven, M. van (2018). *Gevoelige ziekenhuizen*. In: *Medisch Contact*, blog 9 november 2018. Geraadpleegd 15 april 2020 op: <https://www.medischcontact.nl/opinie/blogs-columns/blog/gevoelige-ziekenhuizen.htm>

Houwing, S., Bijleveld, F.D., Commandeur, J.J. & Vissers, L. (2015). *Het werkelijk aandeel verkeersdoden als gevolg van alcohol: aanpassing schattingsmethodiek*. R-2014-32. SWOV, Den Haag.

Hoving, J.L., O'Leary, E.F., Niere, K.R., Green, S. & Buchbinder, R. (2003). *Validity of the neck disability index, Northwick Park neck pain questionnaire, and problem elicitation technique for measuring disability associated with whiplash-associated disorders*. In: *Pain*, vol. 102, nr. 3, p. 273-281.

Hubler, J., Sullivan, D. & Erickson, T. (1998). *Management of the Intoxicated Patient in the Emergency Department*. Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://www.reliasmedia.com/articles/35285-management-ofthe-intoxicated-patient-in-the-emergency-department>

Hunt, R.C., Brown, L.H., Cabinum, E.S., Whitley, T.W., et al. (1995). *Is ambulance transport time with lights and siren faster than that without?* In: *Annals of Emergency Medicine*, vol. 25, nr. 4, p. 507–511.

IKEHBO (2018). *Eerste hulp bij verkeersongelukken*. Geraadpleegd 29 april 2020 op: <https://ikehbo.nl/ehbo-in-het-verkeer/eerste-hulp-bij-verkeersongelukken.php>

Isenberg, D., Cone, D.C. & Stiell, I.G. (2012). *A simple three-step dispatch rule may reduce lights and sirens responses to motor vehicle crashes*. In: *Emergency Medicine Journal*, vol. 29, nr. 7, p. 592-595.

Jagtenberg, C.J., Bhulai, S. & Mei, R.D. van der (2016). *Dynamic ambulance dispatching*. In: *Health Care Management Science*, vol. 20, p. 517–531.

Jagtenberg, C.J., Bhulai, S. & Mei, R.D. van der (2017). *Optimal ambulance dispatching*. In: *Markov Decision Processes in Practice*. Springer, p. 269–291.

Javouhey, E., Guerin, A.C. & Chiron, M. (2006). *Incidence and risk factors of severe traumatic brain injury resulting from road accidents: a population-based study*. In: *Accident Analysis & Prevention*, vol. 38, nr. 2, p. 225–233.

Jehle, D., Gemme, S. & Jehle, C. (2012). *Influence of obesity on mortality of drivers in severe motor vehicle crashes*. In: *The American Journal of Emergency Medicine*, vol. 30, nr. 1, p. 191-195.

Johnsen, E. & Bolle, S.R. (2008). *To see or not to see—better dispatcher-assisted CPR with videocalls? A qualitative study based on simulated trials*. In: *Resuscitation*, vol. 78, nr. 3, p. 320-326.

Jong, P. de (2012). *The health impact of mandatory bicycle helmet laws*. In: *Risk Analysis: An International Journal*, vol. 32, nr. 5, p. 782–790.

Jongejan, R. (2018). *Aanrijtijden de norm of ingezette zorg?* Geraadpleegd 13 mei 2020 op: <https://www.ambulanceblog.nl/aanrijtijden-de-norm-of-ingezette-zorg/>

Jongh, M.A.C. de, Leenen, L.P.H. & Verhofstad, M.H.J. (2013). *Response to “Benefit of Helicopter Emergency Medical Services on trauma patient mortality in the Netherlands?”*. In: *Injury*, vol. 44, nr. 2, p. 275–276.

Jongh, M.A.C. de, Stel, H.F. van, Schrijvers, A.J.P., Leenen, L.P.H., et al. (2012). *The effect of Helicopter Emergency Medical Services on trauma patient mortality in the Netherlands*. In: *Injury*, vol. 43, nr. 9, p. 1362–1367.

Joseph, B., Azim, A., Haider, A.A., Kulvatunyou, N., et al. P. (2017). *Bicycle helmets work when it matters the most*. In: *The American Journal of Surgery*, vol. 213, nr. 2, p. 413–417.

Joseph, B., Pandit, V., Aziz, H., Kulvatunyou, N., et al. (2015). *Mild traumatic brain injury defined by Glasgow Coma Scale: Is it really mild?* In: *Brain Injury*, vol. 29, nr. 1, p. 11–16.

Jovanovic, T. & Ressler, K.J. (2010). *How the neurocircuitry and genetics of fear inhibition may inform our understanding of PTSD*. In: *American Journal of Psychiatry*, vol. 167, nr. 6, p. 648–662.

Jurkovich, G.J., Rivara, F.P., Gurney, J.G., Seguin, D., Fligner, C.L. & Copass, M. (1992). *Effects of alcohol intoxication on the initial assessment of trauma patients*. In: *Annals of Emergency Medicine*, vol. 21, nr. 6, p. 704–708.

Karemaker, M. & Polman, P. (2018). *Het gebruik van optische en geluidssignalen in de nacht: Een verkennend onderzoek naar de gedragskeuzes van chauffeurs van hulpverleningsvoertuigen*.

Instituut Fysieke Veiligheid, Arnhem. Geraadpleegd 1 april 2020 op:
<https://www.ifv.nl/nieuws/Paginas/Het-gebruik-van-optische-en-geluidssignalen-in-de-nacht.aspx>

Kelso, P. (2018). *NHS winter crisis: Ambulance diverts at their highest*. Nieuwbericht 1 februari 2018. Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://news.sky.com/story/nhs-winter-crisis-ambulance-diverts-at-their-highest-11231858>

Kreulen, E. (2017). *Artsen en verpleegkundigen op spoedafdelingen voelen zich emotioneel uitgeput*. Nieuwsbericht 27 december 2017. Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://www.trouw.nl/nieuws/artsen-en-verpleegkundigen-op-spoedafdelingen-voelen-zich-emotioneel-uitgeput~b0dc68f9/>

Kiers, B. (2018). *NVZ wil afspraken over onnodige SEH-opnames*. Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://www.zorgvisie.nl/nvz-wil-afspraken-over-onnodige-seh-opnames/>

KiM (2019). *Mobiliteitsbeeld 2019*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid KiM, Den Haag.

Knapp, J., Haske, D., Bottiger, B.W., Limacher, A., et al. (2019). *Influence of prehospital physician presence on survival after severe trauma: Systematic review and meta-analysis*. In: Journal of Trauma and Acute Care Surgery, vol. 87, nr. 4, p. 978–989.

Knoles, C.L. & Goodloe, J.M. (2017). *Oklahoma's data-driven approach to urban EMS response time reform*. In: Journal of Emergency Medical Services, vol. 2, nr. 42.

Kogan, A., Shapira, R., Silman-Stoler, Z. & Rennert, G. (2003). *Evaluation of chest pain in the ED: factors affecting triage decisions*. In: The American Journal of Emergency Medicine, vol. 21, nr. 1, p. 68–70.

Kommer, G.J. & Zwakhals, S.L.N. (2011). *Tijdsduren in de ambulancezorg: Analyse van spoedinzetten in 2009*. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM, Bilthoven.

Kommer, G.J. & Zwakhals, S.L.N. (2013). *Modellen referentiekader ambulancezorg: Ontwikkeling van modellen voor spreiding en capaciteit*. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM, Bilthoven.

Kommer, G.J., Zwakhals, S.L.N. & Over, E. (2017). *Modellen referentiekader ambulancezorg 2016: Ontwikkeling modellen voor DAM, B-vervoer en rijtijden*. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM, Bilthoven.

KRO Monitor (2016). *Spoedzorg op de eerste hulp*. Geraadpleegd 26 april op: <https://demonitor.kro-ncrv.nl/uitzendingen/spoedzorg-op-de-eerste-hulp>

Kunst, M.J.J. (2011). *Employment status and posttraumatic stress disorder following compensation seeking in victims of violence*. In: Journal of Interpersonal Violence, vol. 26, nr. 2, p. 377–393.

Lam, M.A., Lee, S.X. & Heng, K.W.J. (2019). *A national trauma database analysis of alcohol-associated injuries*. In: Singapore Medical Journal, vol. 60, nr. 4, p. 202.

Lambert, J.E., Holzer, J. & Hasbun, A. (2014). *Association between parents' PTSD severity and children's psychological distress: A meta-analysis*. In: Journal of Traumatic Stress, vol. 27, nr. 1, p. 9-17.

Landolt, M.A., Vollrath, M., Timm, K., Gnehm, H.E. & Sennhauser, F.H. (2005). *Predicting posttraumatic stress symptoms in children after road traffic accidents*. In: Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, vol. 44, nr. 12, p. 1276–1283.

Larsson, E.M., Martensson, N.L. & Alexanderson, K.A. (2002). *First-aid training and bystander actions at traffic crashes—a population study*. In: Prehospital and Disaster Medicine, vol. 17, nr. 3, p. 134–141.

Lasota, D., Goniewicz, M., Kosson, D., Ochal, A., et al. (2019). *The effect of ethyl alcohol on the severity of injuries in fatal pedestrian victims of traffic crashes*. In: PLoS One, vol. 14, nr. 9.

Lavalliere, M., Handrigan, G.A., Teasdale, N. & Corbeil, P. (2012). *Obesity, where is it driving us?* In: Journal of Transportation Safety & Security, vol. 4, nr. 2, p. 83–93.

Leenstra, B. (2018). *Waarom hebben zo weinig inwoners van Nederland kennis over levensreddend handelen?* In: Volkskrant, 16 mei 2018. Geraadpleegd 24 april 2020 op: <https://www.volkskrant.nl/columns-opinie/waarom-hebben-zo-weinig-inwoners-van-nederland-kennis-over-levensreddend-handelen~be1acf50/>

Leeuwarder Courant (2018). *Heli-ambulance vanaf eilanden kost 21.700*. Nieuwsbericht 13 mei 2018. Geraadpleegd 13 mei 2020 op: https://www.lc.nl/archief/Heli-ambulance-vanaf-eilanden-kost-21.700-20913634.html?harvest_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F

Lemson, J., Schipper, I.B., Valk, J.P., Christiaans, H.M., et al. (2008). *Helicopter-Mobile Medical Teams in The Netherlands: significant differences in deployment frequencies between different emergency room regions*. In: Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde, vol. 152, nr. 19, p. 1106-1112.

Lewis, C., Roberts, N., Simon, N., Bethell, A. & Bisson, J. (2019). *Internet-based cognitive behavioural therapy (i-CBT) for post-traumatic stress disorder (PTSD): systematic review and meta-analysis*. In: Acta Psychiatrica Scandinavica, vol. 40, nr. 6, p. 508-521.

Li, G., Keyl, P.M., Smith, G.S. & Baker, S.P. (1997). *Alcohol and injury severity: reappraisal of the continuing controversy*. In: Journal of Trauma and Acute Care Surgery, vol. 42, nr. 3, p. 562–569.

Lieh-Lai, M.W., Theodorou, A.A., Sarnaik, A.P., Meert, K.L., et al. (1992). *Limitations of the Glasgow Coma Scale in predicting outcome in children with traumatic brain injury*. In: The Journal of Pediatrics, vol. 120, nr. 2, p. 195–199.

Lin, Y.Y., Chiang, W.C., Hsieh, M.J., Sun, J.T., et al. (2018). *Quality of audioassisted versus video-assisted dispatcher-instructed bystander cardiopulmonary resuscitation: a systematic review and meta-analysis*. In: Resuscitation, vol. 123, p. 77–85.

Linden, M.C. van der (2015). *Emergency department crowding: Factors influencing flow*. PhD Thesis. University of Amsterdam, Amsterdam.

Linder, A. & Svensson, M.Y. (2019). *Road safety: the average male as a norm in vehicle occupant crash safety assessment*. In: Interdisciplinary Science Reviews, vol. 44, nr. 2, p. 140–153.

LNAZ (z.j.). *Ketenzorg*. Geraadpleegd 27 april 2020 op: <https://www.lnaz.nl/trauma/ketenzorg>

LNAZ (2019). *Landelijke Traumaregistratie 2014 - 2018*. Geraadpleegd 14 april 2020 op: <https://www.lnaz.nl/trauma/landelijke-traumaregistratie>

LNZA (2015). *MMT-zorg (Mobiel Medisch Team)*. Geraadpleegd 14 mei 2020 op: <https://www.lnaz.nl/trauma/mmt-zorg>

Lowinger, T. & Solomon, Z. (2004). *PTSD, guilt, and shame among reckless drivers*. In: Journal of Loss and Trauma, vol. 9, nr. 4, p. 327–344.

Lynch, B., Einspruch, E.L., Nichol, G., Becker, L.B., et al. (2005). *Effectiveness of a 30-min CPR self-instruction program for lay responders: a controlled randomized study*. In: Resuscitation, vol. 67, nr. 1, p. 31–43.

Maas, A.I., Menon, D.K., Adelson, P.D., Andelic, N., et al. (2017). *Traumatic brain injury: integrated approaches to improve prevention, clinical care, and research*. In: The Lancet Neurology, vol. 16, nr. 12, p. 987–1048.

Macke, C., Sarakintsis, M., Winkelmann, M., Mommsen, P., et al. (2018). *Influence of entrapment on prehospital management and the hospital course in polytrauma patients: A retrospective analysis in air rescue*. In: The Journal of Emergency Medicine, vol. 54, nr. 6, p. 827–834.

Mackenzie, R. & Sutcliffe, R. (2000). *Pre-hospital care: the trapped patient*. In: Journal of the Royal Army Medical Corps, vol. 146, nr. 1, p. 39–46.

Malczyk, A., Mueller, I., Eßers, S. & Hansel, M. (2013). *Effects of seating position of short stature drivers in frontal impacts*. In: IRCOBI Conference, p. 842-853.

Malschaert, R., Belt, T.H. van de & Giesen, P. (2008). *Ambulance A1 spoedritten: Wat is de relatie tussen responstijd en gezondheidswinst? Literatuuronderzoek en internationale oriëntatie*. Scientific Institute for Quality of Healthcare & Acute Zorgregio Oost, Nijmegen.

Markakis, E.K., Lykourgiotis, A., Politis, I., Dagiuklas, A. (2017). *EMYNOS: Next generation emergency communication*. In: IEEE Communications Magazine, vol. 55, nr. 1, p. 139–145.

Marmarou, A., Lu, J., Butcher, I., McHugh, G.S., et al. (2007). *Prognostic value of the Glasgow Coma Scale and pupil reactivity in traumatic brain injury assessed pre-hospital and on enrollment: an IMPACT analysis*. In: Journal of Neurotrauma, vol. 24, nr. 2, p. 270–280.

Martin, M.J., Bush, L.D., Inaba, K., Byerly, S., et al. (2017). *Cervical spine evaluation and clearance in the intoxicated patient: A prospective Western Trauma Association Multi-Institutional Trial and Survey*. In: Journal of Trauma and Acute Care Surgery, vol. 83, nr. 6, p. 1032–1040.

Matthews, L. (1999). *Road trauma, PTSD and occupational functioning: Implications for policy development, intervention and rehabilitation*. In: Australian and New Zealand Journal of Public Health, vol. 23, nr. 3, p. 325–327.

Mayfield Clinic (2018). *Traumatic brain injury*. Geraadpleegd 14 mei 2020 op: <https://mayfieldclinic.com/pe-tbi.htm>

Mayou, R. & Bryant, B. (2003). *Consequences of road traffic accidents for different types of road user*. In: Injury, vol. 34, nr. 3, p. 197–202.

Mayou, R.A., Ehlers, A. & Hobbs, M. (2000). *Psychological debriefing for road traffic accident victims: Three-year follow-up of a randomised controlled trial*. In: The British Journal of Psychiatry, vol. 176, nr. 6, p. 589–593.

McClune, T., Burton, A.K. & Waddell, G. (2002). *Whiplash associated disorders: a review of the literature to guide patient information and advice*. In: *Emergency Medicine Journal*, vol. 19, nr. 6, p. 499–506.

McCullagh, S., Oucherlony, D., Protzner, A., Blair, N., et al. (2001). *Prediction of neuropsychiatric outcome following mild trauma brain injury: an examination of the Glasgow Coma Scale*. In: *Brain Injury*, vol. 15, nr. 6, p. 489–497.

McGwin Jr, G., Russell, S.R., Rux, R.L., Leath III, C.A., et al. (2004). *Knowledge, beliefs, and practices concerning seat belt use during pregnancy*. In: *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, vol. 56, nr. 3, p. 670–675.

McKenna, S. & Hale, A.R. (1981). *The effect of emergency first aid training on the incidence of accidents in factories*. In: *Journal of Occupational Accidents*, vol. 3, nr. 2, p. 101–114.

McLean, S.A., Ulirsch, J.C., Slade, G.D., Soward, A.C., et al. (2014). *Incidence and predictors of neck and widespread pain after motor vehicle collision among US litigants and nonlitigants*. In: *Pain*, vol. 155, nr. 2, p. 309–321.

Meijel, E.P.M. van (2019). *Invisible injuries: Posttraumatic stress in children, adolescents and their parents following accidents*. PhD Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam.
Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://www.publicatie-online.nl/publicaties/els-van-meijel/>

Meijel, E.P.M. van, Gigengack, M.R., Verlinden, E., Opmeer, B.C., Heij, H.A., et al. (2015). *Predicting posttraumatic stress disorder in children and parents following accidental child injury: evaluation of the Screening Tool for Early Predictors of Posttraumatic Stress Disorder (STEPP)*. In: *BMC Psychiatry*, vol. 15, nr. 1, p. 113.

Miettinen, T., Leino, E., Airaksinen, O. & Lindgren, K.A. (2004). *The possibility to use simple validated questionnaires to predict long-term health problems after whiplash injury*. In: *Spine*, vol. 29, nr. 3, p. E47–E51.

Mindell, J., Martin, A., Lloyd, M. & Sargent, G. (2018). *Head injuries as a cause of road travel death in cyclists, pedestrians and drivers*. In: *Journal of Transport & Health*, vol. 9, p. S29.

Ministerie van Justitie en Veiligheid (2018). *eCall: automatisch contact met 112 bij een ernstig ongeval*. Factsheet, maart 2018. Publicatie-nr. j-180327. Ministerie van Justitie en Veiligheid, Directie Communicatie, Den Haag. Geraadpleegd 26 april 2020 op:
<https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/publicaties/2018/03/28/qa-ecall/Q%26A+eCall.pdf>

Mittmeyer, H.J. (1989). *Comparative studies of the degree of trauma and cause of death in male and female traffic accident victims*. In: *Beitrage zur gerichtlichen Medizin*, vol. 47, p. 229–233.

Moditech (z.j.). *CRS RDW Edition*. Geraadpleegd 3 november 2020 op:
<https://www.moditech.com/nl/crash-recovery-system/rescue-technische-hulpverlening/rdw-edition/>

Mokdad, A.H., Ford, E.S., Bowman, B.A., Dietz, W.H., et al. (2003). *Prevalence of obesity, diabetes, and obesity-related health risk factors, 2001*. In: *The Journal of the American Medical Association*, vol. 289, nr. 1, p. 76–79.

Motozawa, Y., Hitosugi, M., Abe, T. & Tokudome, S. (2010). *Effects of seat belts worn by pregnant drivers during low-impact collisions*. In: American Journal of Obstetrics and Gynaecology, vol. 203, nr. 1, p. 62–e1.

Munter, L. de, Polinder, S., Haagsma, J.A., Kruihof, N., et al. (2019). *Prevalence and prognostic factors for psychological distress after trauma*. In: Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, vol. 101, nr. 5, p. 877-884.

Murray, B. & Kue, R. (2017). *The use of emergency lights and sirens by ambulances and their effect on patient outcomes and public safety: a comprehensive review of the literature*. In: Prehospital and Disaster Medicine, vol. 32, nr. 2, p. 209–216.

Murray, J., Ehlers, A. & Mayou, R.A. (2002). *Dissociation and post-traumatic stress disorder: Two prospective studies of road traffic accident survivors*. In: The British Journal of Psychiatry, vol. 180, nr. 4, p. 363–368.

Nasrollahzadeh, A.A., Khademi, A. & Mayorga, M.E. (2018). *Real-time ambulance dispatching and relocation*. In: Manufacturing & Service Operations Management, vol. 20, nr. 3, p. 467–480.

National Center for Injury Prevention and Control (2003). *Report to Congress on mild traumatic brain injury in the United States: Steps to prevent a serious public health problem*. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA. Geraadpleegd 3 november 2020 op: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/6544>

Nieuwenhuis, M. & Bremmer, D. (2019). *Waarom stijgt het aantal verkeersdoden weer? Vijf oorzaken*. In: Algemeen Dagblad, 18 april 2019. Geraadpleegd 11 april 2020 op: <https://www.ad.nl/binnenland/waarom-stijgt-het-aantal-verkeersdoden-weer-vijf-oorzaken~a3f58bdd/>

Niewold, M. (2018). *Virtuele coach voor PTSS-patienten: 'Zorgen dat computers mensen helpen'*. RTL-Nieuwsbericht 25 januari 2018. Geraadpleegd 23 april 2020 op: <https://www.rtlnieuws.nl/lifestyle/gezondheid/artikel/3827366/virtuele-coach-voor-ptss-patienten-zorgen-dat-computers-mensen>

Noori, H. (2013). *Modeling the impact of vanet-enabled traffic lights control on the response time of emergency vehicles in realistic large-scale urban area*. In: 2013 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC). IEEE, p. 526–531.

Noori, H., Fu, L. & Shiravi, S. (2016). *A connected vehicle based traffic signal control strategy for emergency vehicle preemption*. In: Transportation Research Board 95th Annual Meeting, 10-14 January 2016, Washington D.C. Paper 16-6763.

NOS (2019). *Aantal verkeersdoden stijgt fors, vooral in Noord-Brabant*. Nieuwsbericht 18 april 2019. Geraadpleegd 11 april 2020 op: <https://nos.nl/artikel/2280954-aantal-verkeersdoden-stijgt-fors-vooral-in-noord-brabant.html>

Novack, T. & Bushnik, T. (2018). *What happens to the brain during injury and in the early stages of recovery from brain injury?* Geraadpleegd 3 november 2020 op: <https://www.brainline.org/article/what-happens-brain-during-injury-and-early-stages-recovery-brain-injury>

O’Cathain, A., Nicholl, J., Sampson, F., Walters, S., et al. (2004). *Do different types of nurses give different triage decisions in NHS Direct? A mixed methods study*. In: Journal of Health Services Research & Policy, vol. 9, nr. 4, p. 226–233.

Oliver, G.J., Walter, D.P. & Redmond, A.D. (2017). *Are prehospital deaths from trauma and accidental injury preventable? A direct historical comparison to assess what has changed in two decades.* In: *Injury*, vol. 48, nr. 5, p. 978–984.

Olivier, J. & Walter, S.R. (2013). *Bicycle helmet wearing is not associated with close motor vehicle passing: A re-analysis of Walker, 2007.* In: *PloS one*, vol. 8, nr. 9.

Oosterwijck, J. van, Nijs, J., Meeus, M., Truijen, S., et al. (2011). *Pain neurophysiology education improves cognitions, pain thresholds and movement performance in people with chronic whiplash: a pilot study.* In: *Journal of Rehabilitation Research and Development*, vol. 48, nr. 1, p. 43–58.

Oppe, S. & De Charro, F.T. (2001). *The effect of medical care by a helicopter trauma team on the probability of survival and the quality of life of hospitalised victims.* In: *Accident Analysis & Prevention*, vol. 33, nr. 1, p. 129–138.

O'Malley, S., Zuby, D., Moore, M., Paine, M., et al. (2015). *Crashworthiness testing of electric and hybrid vehicles.* In: *International Technical Conference on The Enhanced Safety of Vehicles (ESV)*, 15-0318. p. 1–16.

Pacella, M.L., Hruska, B. & Delahanty, D.L. (2013). *The physical health consequences of PTSD and PTSD symptoms: a meta-analytic review.* In: *Journal of Anxiety Disorders*, vol. 27, nr. 1, p. 33–46.

Pakkanen, T., Nurmi, J., Huhtala, H. & Silfvast, T. (2019). *Prehospital on-scene anaesthetist treating severe traumatic brain injury patients is associated with lower mortality and better neurological outcome.* In: *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, vol. 27, nr. 1, p. 9.

Parenteau, C.S., Zuby, D., Brodin, K., Svensson, M.Y., et al. (2013). *Restrained male and female occupants in frontal crashes: Are we different?* In: *2013 IRCOBI Conference Proceedings*.

Perel, P., Arango, M., Clayton, T., Edwards, P., et al. (2008). *Predicting outcome after traumatic brain injury: practical prognostic models based on large cohort of international patients.* In: *BMJ*, vol. 336, nr. 7641, p. 425–429.

Peters, J.H. (2017). *ABC in Dutch Helicopter Emergency Medical Services.* PhD Thesis, Radboud Universiteit, Nijmegen. Geraadpleegd 3 november 2020 via:
https://www.trauma.nl/sites/www.trauma.nl/files/proefschriften/ProefschriftJoostPeters2017_1_0.pdf

Peterson, T.D., Noland, S., Russell, D.W. & Paradise, N.F. (1999). *Bystander trauma care training in Iowa.* In: *Prehospital Emergency Care*, vol. 3, nr. 3, p. 225–230.

Pinfold, M., Niere, K.R., O'Leary, E.F., Hoving, J.L., et al. (2004). *Validity and internal consistency of a whiplash-specific disability measure.* In: *Spine*, vol. 29, nr. 3, p. 263–268.

Platts-Mills, T.F., Flannigan, S.A., Bortsov, A.V., Smith, S., et al. (2016). *Persistent pain among older adults discharged home from the emergency department after motor vehicle crash: a prospective cohort study.* In: *Annals of Emergency Medicine*, vol. 67, nr. 2, p. 166–176.

Politis, I., Lykourgiotis, A., Tselios, C. & Orfanoudakis, T. (2018). *On measuring the efficiency of next generation emergency communications: The EMYNOS paradigm.* In: *2018 IEEE International Conference on Communications (ICC)*. IEEE, p. 1–6.

Pons, P.T., Haukoos, J.S., Bludworth, W., Cribley, T., et al. (2005). *Paramedic response time: does it affect patient survival?* In: Academic Emergency Medicine, vol. 12, nr. 7, p. 594–600.

Ponte, G., Ryan, G.A. & Anderson, R.W.G. (2016). *An estimate of the effectiveness of an in-vehicle automatic collision notification system in reducing road crash fatalities in South Australia.* In: Traffic Injury Prevention, vol. 17, nr. 3, p. 258–263.

Popal, Z., Bossers, S.M., Terra, M., Schober, P., et al. (2019). *Effect of physician-staffed emergency medical services (p-ems) on the outcome of patients with severe traumatic brain injury: a review of the literature.* In: Prehospital Emergency Care, vol. 23, nr. 5, p. 730–739.

Prasad, P.S.S., Reddy, A.S. & Teja, R. (2014). *Safety issues, considerations, evaluation and extrication of electrical vehicles involving fire incidents.* In: American Journal of Engineering Research (AJER), vol. 3, nr. 9, p. 20–28.

Priya, P., Jose, A. & Sumathy, G. (2015). *Traffic light pre-emption control system for emergency vehicles.* In: SSRG International Journal of Electronics and Communication Engineering (SSRGIJECE), vol. 2, p. 2076–20874.

Qi, W., Gevonden, M. & Shalev, A. (2016). *Prevention of post-traumatic stress disorder after trauma: current evidence and future directions.* In: Current Psychiatry Reports, vol. 18, nr. 2, p. 20.

Raatinieniemi, L., Liisanantti, J., Niemi, S., Nal, H., et al. (2015). *Short-term outcome and differences between rural and urban trauma patients treated by mobile intensive care units in Northern Finland: a retrospective analysis.* In: Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine, vol. 23, nr. 1, p. 91.

RAVU (z.j.). *Onze ambulances.* Geraadpleegd 13 mei 2020 op:
<https://www.ravu.nl/ambulancezorg/onze-ambulances/>

Reed, M.P., Ebert-Hamilton, S.M. & Rupp, J.D. (2012). *Effects of obesity on seat belt fit.* In: Traffic Injury Prevention, vol. 13, nr. 4, p. 364–372.

Regterschot, R. (2019). *Meerdere ongevallen op A28, zelfs een in een kijkersfile bij Nunspeet.* In: De Stentor, 14 oktober 2019. Geraadpleegd 24 april 2020 op:
<https://www.destentor.nl/nunspeet/meerdere-ongevallen-op-a28-zelfs-een-in-een-kijkersfile-bij-nunspeet~ab1cdfc9/>

Rice, T.M. & Zhu, M. (2014). *Driver obesity and the risk of fatal injury during traffic collisions.* In: Emergency Medicine Journal, vol. 31, nr. 1, p. 9–12.

Riddle, D.L., Keefe, F.J., Nay, W.T., McKee, D., Attarian, D.E. & Jensen, M.P. (2011). *Pain coping skills training for patients with elevated pain catastrophizing who are scheduled for knee arthroplasty: a quasi-experimental study.* In: Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, vol. 92, nr. 6, p. 859–865.

Rijksoverheid (2018). *Wat is het systeem eCall in mijn auto?* Geraadpleegd 26 april 2020 op:
<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/alarmnummer-112/vraag-en-antwoord/wat-is-het-systeem-ecall-in-mijn-auto>

Ringburg, A.N., Frissen, I.N., Spanjersberg, W.R., Jel, G. de, et al. (2005). *Physician-staffed HEMS dispatch in the Netherlands: adequate deployment or minimal utilization?* In: Air Medical Journal, vol. 24, nr. 6, p. 248–251.

Ringburg, A.N., Spanjersberg, W.R., Frankema, S.P., Steyerberg, E.W., et al. (2007). *Helicopter emergency medical services (HEMS): impact on on-scene times.* In: Journal of Trauma and Acute Care Surgery, vol. 63, nr. 2, p. 258–262.

Ringburg, A.N., Thomas, S.H., Steyerberg, E.W., Lieshout, E.M.M. van, et al. (2009). *Lives saved by helicopter emergency medical services: an overview of literature.* In: Air Medical Journal, vol. 28, nr. 6, p. 298–302.

Rivest, K., Côté, J.N., Dumas, J.P., Sterling, M., et al. (2010). *Relationships between pain thresholds, catastrophizing and gender in acute whiplash injury.* In: Manual Therapy, vol. 15, nr. 2, p. 154–159.

RIVM (2019). *Spoedeisende hulp voor 99,8 procent Nederlanders op tijd bereikbaar.* Nieuwsbericht 12 juli 2019. Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://www.rivm.nl/nieuws/spoedeisende-hulp-is-voor-998-procent-van-nederlanders-op-tijd-bereikbaar>

Rodenburg, F. (2017). *Door patiëntenstops uitwijken naar andere ziekenhuizen.* In: Algemeen Dagblad, 23 januari 2017. Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://www.ad.nl/gouda/door-patiëntenstops-uitwijken-naar-andere-ziekenhuizen~aa8dd15d/>

Rose, S.C., Bisson, J., Churchill, R. & Wessely, S. (2002). *Psychological debriefing for preventing post traumatic stress disorder (PTSD).* In: Cochrane Database of Systematic Reviews, nr. 2, 22 April 2002. Geraadpleegd 3 november 2020 op: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD000560/full>

Rosenfeld, M., Gunnarsson, R. & Borenstein, P. (2000). *Early intervention in whiplash-associated disorders: a comparison of two treatment protocols.* In: Spine, vol. 25, nr. 14, p. 1782–1787.

Ross, E.M., Redman, T.T., Mapp, J.G., Brown, D.J., et al. (2018). *Stop the bleed: the effect of hemorrhage control education on laypersons' willingness to respond during a traumatic medical emergency.* In: Prehospital and Disaster Medicine, vol. 33, nr. 2, p. 127–132.

RTL Nieuws (2017). *Bijna 30 bestuurders krijgen boete voor filmen achter het stuur.* RTL-Nieuwsbericht 25 juni 2017. Geraadpleegd 24 april 2020 op: <https://www.rtlnieuws.nl/node/39991>

RTL Nieuws (2019a). *'Slimme' verkeerslichten moeten ongelukken met nooddiensten voorkomen.* RTL-Nieuwsbericht 3 juni 2019. Geraadpleegd 1 april 2020 op: <https://www.rtlnieuws.nl/nieuws/artikel/4732241/slimme-verkeerslichten-door-nieuwe-technologie-minder-ongelukken-verkeer>

RTL Nieuws (2019b). *Te vaak onnodig 112: nieuw nummer nodig voor geen bloedspeed.* RTL-Nieuwsbericht 23 december 2019. Geraadpleegd 27 april 2020 op: <https://www.rtlnieuws.nl/editienl/artikel/4965341/welk-noodnummer-bellen-wanneer-bel-je-112-de-huisarts-een-nieuw-noodnummer>

Rupp, J.D., Flannagan, C.A.C., Hoff, C.N. & Cunningham, R.M. (2010). *Effects of osteoporosis on AIS 3+ injury risk in motor-vehicle crashes.* In: Accident Analysis & Prevention, vol. 42, nr. 6, p. 2140-2143.

Ryb, G.E. & Dischinger, P.C. (2008). *Injury severity and outcome of overweight and obese patients after vehicular trauma: a crash injury research and engineering network (CIREN) study*. In: Journal of Trauma and Acute Care Surgery, vol. 64, nr. 2, p. 406–411.

Ryback, R. (2016). *5 Myths About PTSD*. Geraadpleegd 15 mei 2020 op: <https://www.psychologytoday.com/us/blog/the-truisms-wellness/201610/5-myths-about-ptsd>

Sánchez-Mangas, R., García-Ferrer, A., De Juan, A. & Arroyo, A.M. (2010). *The probability of death in road traffic accidents. How important is a quick medical response?* In: Accident Analysis & Prevention, vol. 42, nr. 4, p. 1048–1056.

Sangers, I. (2018). *Top tien 'gevoelige' ziekenhuizen blijft hetzelfde als vorig jaar*. Geraadpleegd 29 april 2020 op: <https://www.zorgvisie.nl/top-tien-gevoelige-ziekenhuizen-blijft-hetzelfde-als-vorig-jaar/>

Schippers, E. (2016). *Kamerbrief over bericht 'Brandbrief regionale spoedzorg – de rek is eruit'*. Geraadpleegd 3 november 2020 op: <https://www.acuteinternisten.nl/wp-content/uploads/2016/07/kamerbrief-over-bericht-brandbrief-regionale-spoedzorg-de-rek-is-eruit.pdf>

Schmid, V. (2012). *Solving the dynamic ambulance relocation and dispatching problem using approximate dynamic programming*. In: European Journal of Operational Research, vol. 219, nr. 3, p. 611–621.

Scholten-Peeters, G.G.M., Verhagen, A.P., Bekkering, G.E., van der Windt, D.A.W.M., et al. (2003). *Prognostic factors of whiplash-associated disorders: a systematic review of prospective cohort studies*. In: Pain, vol. 104, nr. 1-2, p. 303–322.

Schubert, S. & Lee, C.W. (2009). *Adult PTSD and its treatment with EMDR: A review of controversies, evidence, and theoretical knowledge*. In: Journal of EMDR Practice and Research, vol. 3, nr. 3, p. 117–132.

Schuller, E., Eisenmenger, W. & Beier, G. (2000). *Whiplash injury in low speed car accidents: Assessment of biomechanical cervical spine loading and injury prevention in a forensic sample*. In: Journal of Musculoskeletal Pain, vol. 8, nr. 1-2, p. 55–67.

Scott, P., Candler, P. & Li, J.C. (1996). *Stature and seat position as factors affecting fractionated response time in motor vehicle drivers*. In: Applied Ergonomics, vol. 27, nr. 6, p. 411–416.

Scott, W., Wideman, T.H. & Sullivan, M.J. (2014). *Clinically meaningful scores on pain catastrophizing before and after multidisciplinary rehabilitation: a prospective study of individuals with subacute pain after whiplash injury*. In: The Clinical Journal of Pain, vol. 30, nr. 3, p. 183–190.

Seebach, C. & Verboket, R. (2019). *Consequences and treatment aspects of trauma in female patients*. In: European Journal of Trauma and Emergency Surgery, vol. 45, p. 373–374.

Sevil, M. (2018). *Spoedhulp overbelast, ambulance wijkt uit*. In: Het Parool, 23 oktober 2018. Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://www.parool.nl/nieuws/spoedhulp-overbelast-ambulance-wijkt-uit~bf406ed2/>

Shaw, J.J., Psinos, C.M. & Santry, H.P. (2016). *It's all about location, location, location: a new perspective on trauma transport*. In: Annals of Surgery, vol. 263, nr. 2, p. 413.

Shih, F.Y., Chang, H.H., Wang, H.C., Lee, T.H., et al. (2016). *Risk factors for delayed neuro-surgical intervention in patients with acute mild traumatic brain injury and intracranial hemorrhage*. In: World Journal of Emergency Surgery, vol. 11, nr. 1, p. 13.

Sijbrandij, M., Kleiboer, A., Bisson, J.I., Barbui, C., et al. (2015). *Pharmacological prevention of post-traumatic stress disorder and acute stress disorder: a systematic review and meta-analysis*. In: The Lancet Psychiatry, vol. 2, nr. 5, p. 413–421.

Sijbrandij, M., Olf, M., Reitsma, J.B., Carlier, I.V.E., et al. (2006). *Emotional or educational debriefing after psychological trauma: Randomised controlled trial*. In: The British Journal of Psychiatry, vol. 189, nr. 2, p. 150–155.

Sirin, H., Weiss, H.B., Sauber-Schatz, E.K. & Dunning, K. (2007). *Seat belt use, counseling and motor-vehicle injury during pregnancy: results from a multi-state population-based survey*. In: Maternal and Child Health Journal, vol. 11, nr. 5, p. 505–510.

Sivak, M., Schoettle, B. & Rupp, J. (2010). *Survival in fatal road crashes: body mass index, gender, and safety belt use*. In: Traffic Injury Prevention, vol. 11, nr. 1, p. 66–68.

Slachtofferhulp (z.j.). *Hulp na een auto-ongeluk*. Geraadpleegd 24 april 2020 op: <https://www.slachtofferhulp.nl/gebeurtenissen/verkeersongeval/auto-ongeval/>

Smeets, R.J.E.M., Vlaeyen, J.W.S., Kester, A.D.M. & Knottnerus, J.A. (2006). *Reduction of pain catastrophizing mediates the outcome of both physical and cognitive-behavioral treatment in chronic low back pain*. In: The Journal of Pain, vol. 7, nr. 4, p. 261–271.

Smit, R. & Knol, A. (2019). *Verkeersveiligheids-model gemeente Rotterdam*. Presentatie gehouden op het Nationaal Verkeerskundecongres 2019, 31 oktober 2019, Den Haag. Geraadpleegd 14 mei 2020 op: https://upload.lingacms.nl/nv_ce0191a9/presentaties2019/ronde4/NVC_Gemeente_Rotterdam.pdf

Smith, M.W., Schnurr, P.P. & Rosenheck, R.A. (2005). *Employment outcomes and PTSD symptom severity*. In: Mental Health Services Research, vol. 7, nr. 2, p. 89–101.

Smits, M., Francissen, O., Weerts, M., Janssen, K., et al. (2014). *Spoedritten ambulance vaak eerstelijnszorg*. In: Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde, vol. 158, p. A7863.

Song, C.T., Teo, I. & Song, C. (2015). *Systematic review of seat-belt trauma to the female breast: a new diagnosis and management classification*. In: Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery, vol. 68, nr. 3, p. 382–389.

Sperry, J.L., Gentilello, L.M., Minei, J.P., Diaz-Arrastia, R.R., et al. (2006). *Waiting for the patient to “sober up”: Effect of alcohol intoxication on glasgow coma scale score of brain injured patients*. In: Journal of Trauma and Acute Care Surgery, vol. 61, nr. 6, p. 1305–1311.

Staat VenZ (z.j.). *Ambulance-inzetten: bereik A1-inzetten binnen 15 minuten*. De Staat van Volksgezondheid en Zorg. Geraadpleegd 13 mei 2020 op: <https://www.staatvenz.nl/kerncijfers/ambulance-inzetten-bereik-a1-inzetten-binnen-15-minuten>

Stallard, P., Velleman, R., Salter, E., Howse, I., et al. (2006). *A randomised controlled trial to determine the effectiveness of an early psychological intervention with children involved in road traffic accidents*. In: Journal of Child Psychology and Psychiatry, vol. 47, nr. 2, p. 127–134.

Steyerberg, E.W., Mushkudiani, N., Perel, P., Butcher, I., et al. (2008). *Predicting outcome after traumatic brain injury: development and international validation of prognostic scores based on admission characteristics*. In: PLoS medicine, vol. 5, nr. 8.

Stiver, S.I. & Manley, G.T. (2008). *Prehospital management of traumatic brain injury*. In: Neurosurgical Focus, vol. 25, nr. 4, p. E5.

Stoffelen, A. (2020). *Brandweer redt automobilist dankzij eCall-alarmsysteem*. In: Volkskrant 6 maart 2020. Geraadpleegd 26 mei 2020 op: <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/brandweer-redt-automobilist-dankzij-ecall-alarmsysteem~b997e8b5/>

Stupar, M., Côté, P., Beaton, D.E., Boyle, E., et al. (2015). *Structural and construct validity of the Whiplash Disability Questionnaire in adults with acute whiplash-associated disorders*. In: The Spine Journal, vol. 15, nr. 11, p. 2369–2377.

Sube, J., Ziperman, H.H. & McIver, W.J. (1967). *Seat belt trauma to the abdomen*. In: The American Journal of Surgery, vol. 113, nr. 3, p. 346–350.

Subudhia, B.S.K., Catala, F., Tcholtcheva, N. & Tsun, K. (2019). *Performance testing for VoIP emergency services: a case study of the EMYNOS platform*. In: Procedia Computer Science, vol. 151, p. 287–294.

Sullivan, M.J.L., Stanish, W., Sullivan, M.E. & Tripp, D. (2002). *Differential predictors of pain and disability in patients with whiplash injuries*. In: Pain Research and Management, vol. 7, nr. 2, p. 68-74.

Sweeney, T.E., Salles, A., Harris, O.A., Spain, D.A., et al. (2015). *Prediction of neurosurgical intervention after mild traumatic brain injury using the national trauma data bank*. In: World Journal of Emergency Surgery, vol. 10, nr. 1, p. 23.

SWOV (2012). *Autogordels, airbags en kinderbeveiligingsmiddelen*. SWOV-Factsheet, september 2012, Leidschendam.

SWOV (2019a). *Serious road injuries in the Netherlands*. SWOV Fact sheet, December 2019, The Hague.

SWOV (2019b). *Verkeersdoden in Nederland*. SWOV-Factsheet, april 2020, Den Haag.

SWOV (2020). *Drugs en geneesmiddelen*. SWOV-Factsheet, maart 2020, Den Haag.

Tannvik, T.D., Bakke, H.K. & Wisborg, T. (2012). *A systematic literature review on first aid provided by laypeople to trauma victims*. In: Acta Anaesthesiologica Scandinavica, vol. 56, nr. 10, p. 1222--1227.

Teasdale, G. & Jennett, B. (1974). *Assessment of coma and impaired consciousness: a practical scale*. In: The Lancet, vol. 304, nr. 7872, p. 81–84.

Towne, J.B. & Coe, J.D. (1971). *Seat belt trauma of the colon*. The American Journal of In: Surgery, vol. 122, nr. 5, p. 683–685.

Turk, D.C. & Okifuji, A. (2002). *Psychological factors in chronic pain: Evolution and revolution*. In: Journal of Consulting and Clinical Psychology, vol. 70, nr. 3, p. 678-690.

UAB (2020). *Do I have to be “knocked out” to have a traumatic brain injury?* Traumatic Brain Injury Model System, School of Medicine, The University of Alabama at Birmingham UAB. Geraadpleegd 2 mei 2020 op: <https://www.uab.edu/medicine/tbi/newly-injured/questions-about-traumatic-brain-injury-tbi/do-i-have-to-be-knocked-out-to-have-a-tbi>

VeiligheidNL (2014). *Whitepaper. In psychische nood: de vergeten last na een letsel; Naar een model om de psychische gevolgen van letsels te reduceren*. Veiligheid NL in samenwerking met Erasmus MC, AMC Afdeling Psychiatrie, AMC Afdeling Kinder- en Jeugdpsychiatrie, AMC Spoedeisende Hulp, Trauma unit AMC en VU Klinische Psychologie, Amsterdam. Geraadpleegd op 24-4-2020 op: <https://www.compensa.nl/nl/artikelen/de-vergeten-last-na-letsel>

Vendrig, A.A., Akkerveeken, P.F. van & McWhorter, K.R. (2000). *Results of a multimodal treatment program for patients with chronic symptoms after a whiplash injury of the neck*. In: Spine, vol. 25, nr. 2, p. 238.

Verhage, V., Tuinstra, J. & Bakker, R. (2014). *Ambulanceritten zonder vervoer van de patiënt*. In: Tijdschrift voor Gezondheidswetenschappen, vol. 92, nr. 3, p. 119–124.

Verkaik, Y. & Nimwegen, N. van (2019). *Waarom meer bedden geen oplossing zijn voor overbelaste spoedpost*. Nieuwsbericht De Monitor 12 juni 2019. Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://demonitor.kro-ncrv.nl/artikelen/waarom-meer-bedden-geen-oplossing-zijn-voor-overbelaste-spoedpost>

Vgontzas, A.N., Tan, T.L., Bixler, E.O., Martin, L.F., et al. (1994). *Sleep apnea and sleep disruption in obese patients*. In: Archives of Internal Medicine, vol. 154, nr. 15, p. 1705– 1711.

Volkskrant (2018). *Hier en daar een omvallend ziekenhuis is niet te vermijden*. In: Volkskrant 24 oktober 2018. Geraadpleegd 1 mei 2020 op: <https://www.volkskrant.nl/columns-opinie/hier-en-daar-een-omvallend-ziekenhuis-is-niet-te-vermijden~b82d25ae/>

Vries, A. de, Menkhorst, M., Vliet, H. van, Stavleu, H. & Broekman, C. (2016). *Wie belt er nog? Het nieuwe melden. Een toekomstverkenning*. TNO. Geraadpleegd 3 november 2020 op: digitalpages.tno.nl/wie-belt-er-nog-het-nieuwe-melden-een-toekomstverkenning

Vries, G.J. de & Olf, M. (2009). *The lifetime prevalence of traumatic events and posttraumatic stress disorder in the Netherlands*. In: Journal of Traumatic Stress: Official Publication of The International Society for Traumatic Stress Studies, vol. 22, nr. 4, p. 259–267.

Wahlin, R.R., Ponzer, S., Lovbrand, H., Skrivfars, M., et al. (2016). *Do male and female trauma patients receive the same prehospital care? An observational followup study*. In: BMC Emergency Medicine, vol. 16, nr. 1, p. 6.

Walker, I. (2007). *Drivers overtaking bicyclists: Objective data on the effects of riding position, helmet use, vehicle type and apparent gender*. In: Accident Analysis & Prevention, vol. 39, nr. 2, p. 417– 425.

Washington, C.W. & Grubb, R.L. (2012). *Are routine repeat imaging and intensive care unit admission necessary in mild traumatic brain injury?* In: Journal of Neurosurgery, vol. 116, nr. 3, p. 549–557.

Weijermars, W.A.M., Bos, N.M., Boele-Vos, M.J. & Davidse, R.J. (2020). *Verkeersdoden in het ziekenhuis: Nadere analyses van ziekenhuisgegevens*. R-2019-28. SWOV, Den Haag.

Weijermars, W.A.M., Bos, N.M. & Stipdonk, H. (2015). *Serious road injuries in The Netherlands dissected*. In: Traffic Injury Prevention, vol. 17, nr. 1, p. 73-79.

Weijermars, W.A.M., Bos, N.M. & Stipdonk, H. (2016). *Health burden of serious road injuries in the Netherlands*. In: Traffic Injury Prevention, vol. 17, nr. 8, p. 863-869.

Weijermars, W.A.M., Bos, N.M. & Wijnhuizen, G.J. (2014). *Gevolgen van letsel dat is opgelopen bij verkeersongevallen: literatuur-en bronnenonderzoek*. R-2014-24A. SWOV, Den Haag.

Wells, A. & Sembi, S. (2004). *Metacognitive therapy for PTSD: A preliminary investigation of a new brief treatment*. In: Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry, vol. 35, nr. 4, p. 307-318.

West Midlands Ambulance Service (z.j.). *Should I ring 999 or 111?* West Midlands Ambulance Service, University NHS Foundation Trust. Geraadpleegd 27 april 2020 op: <https://wmas.nhs.uk/999-or-111/>

Wikipedia (2018). *Burgerhulpverlening*. Geraadpleegd 23 april 2020 op: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Burgerhulpverlening>

Wikipedia (2020). *CT scan*. Geraadpleegd 14 mei op: https://en.wikipedia.org/wiki/CT_scan

Willis, C., Niere, K.R., Hoving, J.L., Green, S., et al. (2004). *Reproducibility and responsiveness of the Whiplash Disability Questionnaire*. In: Pain, vol. 110, nr. 3, p. 681-688.

Wilson, D. (2018). *Using machine learning to predict car accident risk*. In: GeoAI 2 mei 2018. Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://medium.com/geoai/using-machine-learning-to-predict-car-accident-risk-4d92c91a7d57>

Yaghoubian, A., Kaji, A., Putnam, B., De Virgilio, N., et al. (2009). *Elevated blood alcohol level may be protective of trauma patient mortality*. In: The American Surgeon, vol. 75, nr. 10, p. 950-953.

Zee, J. van der (2016). *Dynamic ambulance redeployment and ambulance dispatching*. PhD Thesis, Erasmus University Rotterdam.

Zhu, S., Kim, J.E., Ma, X., Shih, A., et al. (2010). *BMI and risk of serious upper body injury following motor vehicle crashes: concordance of real-world and computer-simulated observations*. In: PLoS Medicine, vol. 7, nr. 3.

Zhu, S., Layde, P.M., Guse, C.E., Laud, P.W., et al. (2006). *Obesity and risk for death due to motor vehicle crashes*. In: American Journal of Public Health, vol. 96, nr. 4, p. 734-739.

Zogg, C.K., Haring, R.S., Canner, J.K., AlSulaim, H.A., et al. (2016). *Burden of pediatric traumatic brain injury beyond the emergency department: the untold story of the silent epidemic*. In: Journal of the American College of Surgeons, vol. 223, nr. 4, p. S158.

ZonMw (2020). *Towards accurate screening and prevention (2-ASAP): Improving early risk detection and indicated prevention for PTSD*. Projectomschrijving ZonMw. Geraadpleegd 6 mei 2020 op: <https://www.zonmw.nl/nl/onderzoek-resultaten/geestelijke-gezondheid-ggz/programmas/project-detail/onderzoeksprogramma-ggz/towards-accurate-screening-and-prevention-2-asap-improving-early-risk-detection-and-indicated-pre/>

Zorg voor Beter (2015). *'Kwetsbare ouderen onnodig lang in ziekenhuis'*. Nieuwsbericht 21 mei 2015, Thema Vernieuwend zorgen. Geraadpleegd 26 april 2020 op: <https://www.zorgvoorbeter.nl/nieuws/ouderen-lang-in-ziekenhuis>

Zukerman, M. (2013). *Introduction to queueing theory and stochastic teletraffic models*. Version 1. Geraadpleegd 3 november 2020 op: <https://arxiv.org/abs/1307.2968>

Ongevallen voorkomen Letsel beperken Levens redden

SWOV

Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid

Postbus 93113

2509 AC Den Haag

Bezuidenhoutseweg 62

070 – 317 33 33

info@swov.nl

www.swov.nl

 [@swov_nl](#) / [@swov](#)

 [linkedin.com/company/swov](https://www.linkedin.com/company/swov)