

instituut voor zintuigfysiologie



|       |     |   |
|-------|-----|---|
| 27725 | Ex: | 1 |
|-------|-----|---|

postbus 23  
3769 ZG soesterberg

kampweg 5  
3769 DE soesterberg

telefoon 03463 - 1444

rapport no. IZF 1987-19

ex. no. 18

Oplage: 50

REACTIESNELHEID EN RIJVAARDIGHEID VAN  
GEREVALIDEERDE HERSENTRAUMAPATIËNTEN  
EN OUDEREN

J.E. Korteling



Classificaties:

Rapport : ongeclassificeerd  
Titel : ongeclassificeerd  
Samenvatting : ongeclassificeerd

Aantal blz. : 39

## INHOUD

|                                     | Blz. |
|-------------------------------------|------|
| SAMENVATTING                        | 5    |
| ABSTRACT                            | 6    |
| 1 INLEIDING                         | 7    |
| 2 METHODE                           | 10   |
| 2.1 Experimentele opzet             | 10   |
| 2.2 Keuze-reactietaak               | 11   |
| 2.3 Tijdbeoordelingstaak            | 13   |
| 2.4 Rem-volgtaak                    | 13   |
| 2.5 Snelheid-volgtaak               | 13   |
| 2.6 Procedure                       | 14   |
| 2.7 Proefpersonen .                 | 15   |
| 3 RESULTATEN                        | 15   |
| 3.1 Keuze-reactietaak               | 15   |
| 3.2 Tijdbeoordelingstaak            | 19   |
| 3.3 Rem-volgtaak                    | 22   |
| 3.4 Snelheid-volgtaak               | 24   |
| 3.5 Correlaties                     | 25   |
| 4 RIJVAARDIGHEIDSCRITERIA           | 26   |
| 4.1 Naderen van verkeerslichten     | 27   |
| 4.2 Meerijden in een verkeersstroom | 30   |
| 4.3 Twee predictoren                | 31   |
| 5 DISCUSSIE                         | 33   |
| 6 CONCLUSIES                        | 36   |
| REFERENTIES                         | 38   |

Rapportnr. : IZF 1987-19  
Titel : Reactiesnelheid en rijvaardigheid van gerevalideerde hersentraumapatiënten en ouderen  
Auteur : Drs. J.E. Korteling  
Instituut : Instituut voor Zintuigfysiologie TNO,  
Afd. Verkeersgedrag  
Datum : Juli 1987  
HDO Opdrachtnr. : A85/M/034  
Nr. in MLTP : 5.3 (1987-1990)

---

#### SAMENVATTING

In samenwerking met het Militair Revalidatiecentrum te Doorn is een onderzoek uitgevoerd naar de rijvaardigheidsdiagnostiek bij hersentraumapatiënten. Dit onderzoek richtte zich op de volgende twee vragen:

- 1 Welke taakvariabelen beïnvloeden de (slechtere) prestaties van traumapatiënten en/of ouderen in reactietijdtaken het meest?
- 2 Is er een grenswaarde aan te geven voor reactietijden waarboven een onvoldoende rijgeschiktheid verwacht mag worden?

Het onderzoek is uitgevoerd met een groep gerevalideerde hersentraumapatiënten en ter vergelijking met een controlegroep en een groep ouderen. Het onderzoek bestond uit zowel laboratorium proeven als veldexperimenten.

Het belangrijkste resultaat is dat de trage reactiesnelheid van traumapatiënten stabiel is over verschillende taken en predictieve waarde bezit voor de rijvaardigheid. Verder werd gevonden dat de reactiezeekerheid van traumapatiënten afnam onder toenemende taakbelasting. De reactiesnelheid van ouderen nam als gevolg van de na-effecten van de verwerking van stimulusinformatie disproportioneel af. De prestaties op een reactietaak, gebaseerd op het schatten van stimuluswaarden, bleken goed te discrimineren tussen de traumapatiënten met goede en die met slechte prestatie op drie kritische autorijtaken.

---

Reaction time and driving performance: A study with brain injured and aged drivers

J.E. Korteling

ABSTRACT

In cooperation with the Military Rehabilitation Centre, Doorn, The Netherlands, the following questions were investigated:

- 1 Which task variables are related to the lower performances on reaction-time tasks of brain-injured patients?
- 2 Is it possible to find a critical reaction-time value, such that people with a lower performance may also be expected to lack necessary driving skills?

The study was done with a group of rehabilitated patients, a group of elderly people and a group of control subjects. The study contained some laboratory as well as driving tests.

It was found that lengthening of reaction times of brain-injured patients is not task specific and has predictive value for driving capacities. Furthermore reaction certainty decreased with increasing task load. Reaction times of elderly people increased disproportional, due to after-effects of the processing of stimulus information. It was found that the performance on a reaction task, based on duration categorization discriminated well between patients with good and patients with bad performances on three critical driving tasks.

## 1 INLEIDING

Tijdens de revalidatieperiode van patiënten die tengevolge van een verkeersongeval hersenletsel hebben opgelopen, komt veelal de vraag naar voren wanneer en in hoeverre de patiënt (weer) in staat is een motorvoertuig te besturen. Tot op heden is er echter weinig onderzoek verricht naar de relatie tussen psychologische functiestoornissen ten gevolge van traumatische hersenletsels en de retentie en het aanleren van een complex samenstel van vaardigheden zoals autorijden. Een van de gevolgen hiervan is het ontbreken van criteria om uit te maken of patiënten in voldoende mate hersteld zijn om verkeersdeelname als automobilist te hervatten. Dit is een lastig probleem, zowel voor verzekeringsinstanties als voor medische autoriteiten en patiënten. De problemen spitsen zich toe op patiënten bij wie er niet of nauwelijks sprake is van motorische en/of sensorische stoornissen terwijl blijvende restverschijnselen bestaan op het gebied van de centrale informatieverwerking zoals waarnemen en beslissen.

In samenwerking met het Militair Revalidatiecentrum te Doorn wordt onderzocht of het mogelijk is rijgeschiktheidscriteria te bepalen voor hersentraumapatiënten. De doelgroep bestaat uit revalidatiepatiënten bij wie tenminste twee jaren zijn verstreken sinds het trauma. Aangenomen wordt dat na deze periode geen verder herstel meer te verwachten is.

Bij experimenten waarin snelheid een rol speelt, zoals reactietijd-experimenten, vertonen traumapatiënten een duidelijke traagheid ten opzichte van controle-proefpersonen (van Zomeren, 1981). Met behulp van de additieve factorenmethode van Sternberg (1969) werd onderzocht op welk niveau van informatieverwerking deze verhoging "gelocaliseerd" kan worden (Ravenstein e.a., 1982; Gaillard e.a., 1984; Stokx, 1984; Veling, 1984). In deze factoriële experimenten wordt verondersteld dat taakvariabelen die een additieve bijdrage leveren aan de totale reactietijd, verschillende stadia in de informatieverwerking beïnvloeden, terwijl door taakvariabelen, die interacteren eenzelfde stadium wordt beïnvloed. Op deze wijze kan worden onderzocht of er interactie effecten bestaan tussen groepen (traumapatiënten, controle-proefpersonen) en taakvariabelen. Als er zo'n interactie gevonden wordt, zou dat betekenen dat de vertraging bij revalidanten terug te voeren is op die stadia van de informatieverwerking die ook door de betreffende variabelen beïnvloed worden.

Dergelijke gedifferentieerde kennis kan bijdragen tot een beter inzicht in de specifieke problemen van traumapatiënten tijdens het uitvoeren van complexe taken zoals autorijden.

In deze experimenten reageerden traumapatiënten trager dan controle-proefpersonen. Interactie-effecten waarbij het effect van een taakvariabele voor revalidanten groter (of kleiner) is dan voor controle-proefpersonen werden niet consequent gevonden. Een interactie-effect van distractie en groep (revalidanten vs controle-proefpersonen) zoals gevonden door van Zomeren (1981) werd weliswaar gerepliceerd voor accuratesse als afhankelijke variabele maar niet op reactiesnelheid (Stokx en Gaillard, 1986). Een selectief effect op reactiesnelheid werd eenmaal gevonden: het negatieve effect van korte intervallen tussen het moment waarop gereageerd wordt en de presentatie van de volgende stimulus, het respons stimulus interval (RSI), bleek voor traumapatiënten groter dan voor controle-proefpersonen (Stokx en Gaillard, 1986).

Het is bekend dat na een reactie de informatieverwerking door kan gaan. Tevens hebben reacties op neuronaal niveau een na-effect (Welford, 1977a). Het ligt voor de hand te veronderstellen dat mensen bij wie degeneratie van hersenweefsel is opgetreden hier meer hinder van ondervinden. Dit zou betekenen dat het reageren op opeenvolgende stimuli die van elkaar verschillen (stimulusalternatie), c.q. het reageren op opeenvolgende responsen die van elkaar verschillen (responsalternatie), vooral bij deze groepen een reactietijdverhoging opleveren. Bovendien kan verondersteld worden dat het alternatie-effect hoofdzakelijk op korte RSI optreedt omdat neuronale interferentie-effecten onmiddellijk na activiteit het sterkst zijn. Welford (1977a) heeft getracht aan te tonen dat alternatie-effecten bij ouderen sterker zijn dan bij controle-proefpersonen met name op korte RSI. Hij beperkte zich hierbij tot het onderzoeken van respons alternatie. Hij vond inderdaad een negatief effect van RSI en een lagere reactiesnelheid van ouderen. Hij vond echter t.o.v. gelijke responsen op opeenvolgende aanbiedingen geen duidelijke leeftijdsgebonden extra afname van de reactiesnelheid wanneer een respons verschilde van de eraanvooraafgaande respons.

In het huidige onderzoek zal daarom gekeken worden naar het effect van zowel stimulusalternaties als responsalternaties. Aangenomen kan worden dat stimulusalternatie de na-verwerking van stimulusinput beïnvloedt, terwijl responsalternatie de na-verwerking of de controle van responsoutput beïnvloedt. Op deze wijze kan de

hypothese dat de vertraging van ouderen vooral terug te voeren is op een verhoogde neiging hun reactie te controleren of te "monitoren" (Welford, 1977) getoetst worden.

Een andere variabele die een verhoudingsgewijs sterke invloed op de reactie-snelheid kan hebben is taakcomplexiteit. Onderzoekresultaten zijn wat dit betreft niet eenduidig. Enkele auteurs melden juist een sterke vertraging van patiëntgroepen op eenvoudige reactietijd-taken ten opzichte van controlegroepen (Klensch, 1973; Blackburn en Benton, 1955). Andere onderzoekers geven het tegenovergestelde te zien (o.a. Norrman en Svahn, 1961; Miller, 1970; Dee en van Allen, 1972; van Zomeren en Deelman, 1976). De veronderstelling waarvan in het huidige onderzoek uitgegaan zal worden is dat een verhoging van de totale taakbelasting de reactietijden van traumapatiënten verhoudingsgewijs sterk zal doen stijgen.

Belangrijk is de bevinding dat traumapatiënten als groep een grote spreiding in taakprestaties vertonen en dat de vertraagde reactiesnelheid gerelateerd is aan de snelheid waarmee rijtaken worden uitgevoerd (Stokx en Gaillard, 1986). Dit betekent dat de laboratoriumtaken diagnostische waarde kunnen hebben t.a.v. bepaalde aspecten van het autorijden, zodat ze in principe een indicatie kunnen geven omtrent de rijgeschiktheid van revalidanten.

Voor wat betreft de niet specifieke vertraging van hersentraumapatiënten kan een parallel worden getrokken met de verlaagde reactiesnelheid van ouderen (Welford, 1977). Het aantal ouderen met een rijbewijs zal in de komende decennia sterk toenemen, terwijl voor deze groep geen geschikte rijvaardigheidscriteria voorhanden zijn. Het lijkt daarom verstandig in dit onderzoek een groep ouderen te betrekken. Hiermee kan tevens inzicht worden verkregen in de uitwerking van veroudering van het centrale zenuwstelsel op complexe taken zoals autorijden.

Refererend aan het voorgaande kunnen de volgende twee vraagstellingen geformuleerd worden:

- 1 Welke taakaspecten beïnvloeden de prestaties van traumapatiënten en/of ouderen in reactietijd-taken het meest?
- 2 Is er een grenswaarde aan te geven voor reactietijden waarboven een onvoldoende rijgeschiktheid verwacht mag worden?

Op basis hiervan kunnen de volgende onderzoeksdoelen worden geformuleerd:

- \* Bepalen van de samenhang tussen reactiesnelheid gemeten in het laboratorium en prestaties op rijtaken en tussen reactiesnelheid en het maken van fouten (reactiezekeerheid). Wat zegt de laboratorium-reactiesnelheid over de snelheid en de kwaliteit waarmee kritische rijtaken worden uitgevoerd?
- \* Bepaald wordt in hoeverre traumapatiënten en/of ouderen verhoudingsgewijs meer problemen ondervinden bij korte RSI, wisselende stimuli, zware taakbelasting. Taken met deze eigenschappen zouden beter kunnen discrimineren.
- \* Bepalen van de minimaal noodzakelijke reactiesnelheid tijdens het rijden in twee goed gedefinieerde kritische verkeerssituaties.
- \* Aan de hand van de gegevens die bovenstaande onderzoeksvragen opleveren zal getracht worden randvoorwaarden aan te geven voor een praktisch hanteerbaar rijvaardigheids criterium.

## 2 METHODE

Er zijn vier experimenten uitgevoerd: één reactietijd-experiment in het laboratorium, twee veldexperimenten waarin autorijtaken werden uitgevoerd en één reactietijd-experiment in zowel het laboratorium als tijdens het autorijden.

### 2.1 Keuze-reactietaak (krt)

De proefpersoon zat in een geluidsarme ruimte voor een schuin oplopend paneel met daarop 4 stimuluslampjes en 2 responsknoppen (Fig. 1). Midden-boven bevonden zich een geel en een groen lampje, daaronder een thuisplaat met links en rechts ervan op 3 cm een responsknop. Drie cm boven deze knoppen zaten twee witte lampjes.

De proefpersoon hield zijn linker wijsvinger op de linkerknop en zijn rechter wijsvinger op de rechterknop. De thuisplaat werd in dit experiment niet gebruikt. De trials bestonden uit het tegelijk oplichten van één van de twee gekleurde lampjes en een van de twee witte lampjes. Er waren dus 4 stimuluscombinaties mogelijk. Dit betekent dat de "mate van verschil" tussen de brandende lampjes in opeenvolgende aanbiedingen volledig (100%), half (50%) of nihil (0%) kon zijn. Als het groene lampje brandde dan drukte de proefpersoon zo



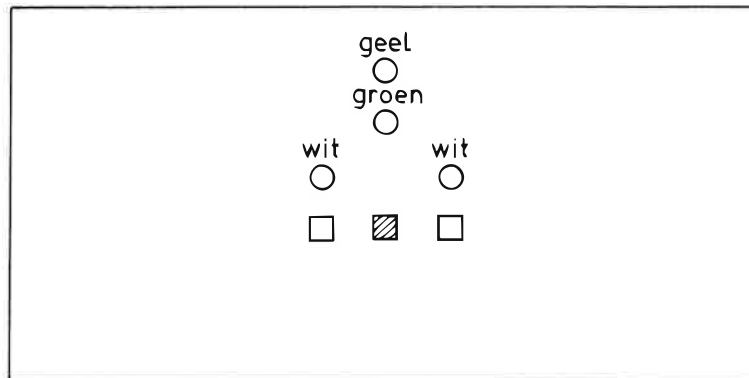


Fig. 1 Configuratie van het stimulusmateriaal bij de laboratoriumtaken (lampjes zijn rond, drukknoppen vierkant en thuisplaat gearceerd weergegeven).

snel mogelijk de knop in onder het brandende witte lampje. Brandde het gele lampje, dan drukte hij de knop in onder het niet brandende witte lampje. Omdat er slechts twee responsalternatieven waren, kon de mate van verschil tussen opeenvolgende responsies alleen maar volledig of nihil zijn. Het RSI was variabel en bedroeg 100, 500 of 1250 ms. De vier stimuluscombinaties werden random aangeboden, met dien verstande dat iedere eerste orde volgorde combinatie even vaak voorkwam. Er werden twee blokken van 145 trials aangeboden, gescheiden door een rustpauze van 3 min.

## 2.2 De tijdbeoordelingstaak (tbt)

De tijdbeoordelingstaak werd onder 3 niveaus van totale taakbelasting afgenomen: eenmaal in het laboratorium, eenmaal in de geïnstrumenteerde auto met stationair draaiende motor en eenmaal tijdens het besturen van deze auto. Voor de laboratoriumconditie werd dezelfde apparatuur gebruikt als voor de keuze-reactietaak (Fig. 1).

Een aanbieding begon met het oplichten van het groene lampje. Dit bleef aan gedurende een periode tussen de 750 ms en 5250 ms (het tijdsinterval). Als het groene lampje uitdoofde ging het gele lampje branden. Op dat moment reageerde de proefpersoon als volgt: Als hij meende dat het tijdsinterval korter dan 3 s geduurd had, dan drukte hij met de wijsvinger van zijn voorkeurshand zo snel mogelijk de

linker responsknop in; dacht hij dat het tijdsinterval langer dan 3 s geduurd had, dan drukte hij zo snel mogelijk de rechterknop in. Na het indrukken van een responsknop doofde het gele lampje. De tijdsintervallen liepen met halve seconden op van 750 ms tot 5250 ms, zodat in totaal 10 verschillende tijdsintervallen werden aangeboden. De moeilijkste intervallen lagen een kwart seconde boven en onder de 3 seconden. De tijdsintervallen werden in random volgorde aangeboden. Foute of te late reacties (meer dan 2000 ms na het uitdoven van het groene lampje) werden via een 1000 Hz toon teruggemeld. Het RSI bedroeg 2 s.

De tijdbeoordelingstaak werd eveneens uitgevoerd achter het stuur van een geïnstrumenteerde auto, waarbij een gelijke procedure gevolgd werd. De rechtervoet van de proefpersoon rustte op het gaspedaal terwijl hij naar een geel en een groen lampje keek die boven elkaar op de motorkap waren gemonteerd. Als het groene lampje korter dan 3 s brandde, dan trapte de proefpersoon zo snel mogelijk het rempedaal in; in het andere geval trapte hij zo snel mogelijk het gaspedaal in. De terugmelding en het aantal trials waren gelijk aan de laboratoriumconditie. De taak werd eenmaal uitgevoerd met stationair draaiende motor een eenmaal tijdens het in de tweede versnelling rondrijden op een achtbaan. In deze rijdende conditie moest de proefpersoon een snelheid van 20 tot 25 km/h handhaven. Verwacht werd dat de extra belasting van het autorijden een negatief effect zou hebben op de reactiesnelheid en de reactiezeekerheid. Het RSI was in de stationaire conditie 3.5 s en in de rijdende conditie 5 s. De RSI's liepen op deze wijze op om onderbelasting in het lab en overbelasting bij het autorijden te voorkomen. Iedere conditie van de tijdbeoordelingstaak bestond uit 80 trials.

De tijdbeoordelingstaak onderscheidt zich van de meer gebruikelijke keuze-reactietaken doordat hij gebaseerd is op het beoordelen van de waarde van een stimulus in plaats van het maken van een keuze uit een aantal discrete, goed onderscheidbare stimuli. Bovendien stemt het type beoordeling van deze taak overeen met het naderen van een groen verkeerslicht, waarbij de bestuurder op basis van zijn beoordeling van de situatie op ieder moment vooraf kan weten wat hij zal doen als het licht op geel springt. De tijdbeoordelingstaak heeft als bijkomend voordeel dat hij voldoende hoge foutscores genereert om analyse op reactiezeekerheid mogelijk te maken.

### 2.3 Rem-volgtaak (rvt)

De proefpersoon reed in de geïnstrumenteerde auto achter een andere auto aan waarbij hij probeerde de tussenafstand op 15 meter te houden. Tevens moest hij zo snel mogelijk remmen als de voorauto remde. Dit is het duidelijkst zichtbaar aan het oplichten van de remlampjes. De tijd tussen het oplichten van de remlampjes en het intrappen van het rempedaal door de proefpersoon werd als rem- reactietijd geregistreerd. Het experiment werd onder twee niveaus van taakbelasting uitgevoerd; eenmaal op een brede rijbaan met weinig bochten en met een constante snelheid van 40 km/h en eenmaal op een rijbaan met een groot aantal bochten en een voortdurend wisselende snelheid tussen 25 en 55 km/h. In beide condities werd alleen in de tweede versnelling gereden. Per conditie werden op vaste punten van het traject 40 remtrials aangeboden.

### 2.4 Snelheid-volgtaak (svt)

De proefpersoon reed wederom in de geïnstrumenteerde auto op 15 meter achter de voorauto aan op een brede rechte rijbaan. De instructie was op ieder moment precies even snel te rijden als de voorauto. Tevens diende de proefpersoon de tussenafstand ongeveer gelijk te houden. Er werd alleen in de tweede versnelling gereden bij een snelheid die varieerde tussen de 20 en 55 km/h.

### 2.5 Procedure

Het onderzoek vond plaats in november-december 1986. Per dag werden er twee proefpersonen getest. De ochtend was gereserveerd voor de laboratoriumtaken waarbij de eerste helft van de ochtend beschikbaar was voor oefening. De middag werd gebruikt voor de autorijtaken. De proefpersonen werkten om beurten de verschillende condities van de experimenten af.

#### **Laboratoriumtaken**

De laboratoriumtaken werden uitgevoerd in een geluidsarme cabine van het IZF-TNO te Soesterberg. De 2 taken werden in dezelfde volgorde geoefend als uitgevoerd; eerst de keuze-reactietaak en vervolgens de

tijdbeoordelingstaak. De keuze-reactietaak werd in 3 blokken van 60 trials geoefend. De proefpersoon werd geïnstrueerd zo snel mogelijk te reageren en daarbij het foutpercentage beneden de 5% te houden. Reacties waren fout als de proefpersoon de verkeerde knop indrukte of te laat of niet reageerde.

Voor de tijdbeoordelingstaak werd geoefend in 2 sessies van 45 trials. Tevens werden de eerste 5 van de 85 testtrials als oefentrials beschouwd. Ook nu moest de proefpersoon zo snel mogelijk reageren. Het foutpercentage diende beneden de 15% te liggen. Na ieder blok werden ze geïnformeerd of dit criterium gehaald werd en als dit niet het geval was, aangespoord om minder of juist meer fouten te maken. De stimuli werden door een PDP 11/03 computer aangeboden, die tevens de reactietijden registreerde.

### **Autorijtaken**

De rijtaken vonden plaats op de achtbaan en de rondweg van een oefenterrein. Als proefauto fungeerde de Icarus, een geïnstrumenteerde Volvo 240 van stationcar, uitgerust met dubbele bediening en een PDP 11/03 computer. Naast de proefpersoon zat een rijinstructeur als proefleider. Als voorligger in de remvolgtaak en snelheidvolgtaak fungeerde een tweede Volvo 240 stationcar, uitgerust met een Leitz snelheidsopnemer. Het snelheidssignaal werd via een eenkanaalszender naar de Icarus gezonden en daar geregistreerd. De taken werden steeds in dezelfde volgorde uitgevoerd, eerst de tijdbeoordelingstaken vervolgens de remvolgtaak en tot slot de snelheidvolgtaak. De condities van taakbelasting van de twee eerstgenoemde taken, resp. station-rijdend en makkelijk-moeilijk werden in gebalanceerde volgorde afgewerkt.

## **2.6 Proefpersonen**

De patiëntengroep bestond uit 10 mannelijke patiënten behandeld in het Militair Revalidatie Centrum te Doorn na een coma ten gevolge van een hersentrauma. De gemiddelde leeftijd was ten tijde van het onderzoek 30 jaar. Het tijdsverloop sinds het trauma was gemiddeld 5 jaar en de gemiddelde comaduur was 16 dagen. De ouderengroep en de controlegroep hadden een gemiddelde leeftijd van resp. 66 en 31 jaar. De proefpersonen in de controlegroep werden zoveel mogelijk gematched op jaar-kilometrage over de laatste 3 jaar en duur van het rijbewijs-

bezit met de patiëntengroep. Er waren geen significante verschillen in rijervaring tussen controlegroep en traumapatiënten, zowel voor wat betreft jaarkilometrage als rijbewijsbezit. Moeilijk te vermijden was dat de ouderen significant langer in het bezit waren van een rijbewijs dan de traumapatiënten en controle-proefpersonen ( $p < .001$ ).

## 2.7 Analyse

De resultaten werden voor iedere taak afzonderlijk geanalyseerd. Hierbij waren van belang zowel de groepsverschillen (hoofdeffecten), als de interactie-effecten tussen taakvariabelen en groepen. Vervolgens werden correlaties berekend van laboratoriummaten met rijtaakparameters. Voor de laboratorium- en rijprestatie-combinaties met hoge correlatie werd onderzocht hoe de laboratoriumtaak diagnostisch het beste gehanteerd kon worden. Hierbij werd gebruik gemaakt van de theoretische grenswaarden voor de reactiesnelheid, zoals die afgeleid kunnen worden van een tweetal goed gedefinieerde verkeerssituaties: de stoplicht- en de verkeersstroomsituatie.

## 3 RESULTATEN

### 3.1 Keuze-reactietaak

In Tabel 1 is te zien dat de hoofdeffecten op reactietijd significant zijn. De ouderen reageerden het traagst en de traumapatiënten namen een tussenpositie in. Ten opzichte van de controlegroep reageerden beide groepen significant trager. De verschillen in reactietijd waren niet terug te voeren op een verschil in accuratesse waarmee de taak werd uitgevoerd. De foutpercentages lagen voor alle drie de groepen rond de 3,5%. De overige hoofdeffecten betroffen langere reactietijden op RSI's van 100 en 1250 ms, linkshandige responsen en stimulusalternaties.

Tabel 1 Samenvatting van de resultaten van ANOVA's op de reactietijden in de keuze-reactietaak.

|                               | F     | p<    |
|-------------------------------|-------|-------|
| HOOFDEFFECTEN                 |       |       |
| groep                         | 10.1  | .001  |
| RSI                           | 10.2  | .0005 |
| alternatie                    | 203.0 | .0000 |
| responszijde                  | 4.7   | .05   |
| INTERACTIE-EFFECTEN MET GROEP |       |       |
| groep x RSI                   | 1.9   | ns    |
| groep x responszijde          | 0.3   | ns    |
| groep x alternatie            | 3.7   | .005  |
| groep x alternatie x RSI      | 0.1   | ns    |
| INTERACTIE-EFFECTEN MET RSI   |       |       |
| RSI x responszijde            | 0.1   | ns    |
| RSI x alternatie              | 18.9  | .0000 |

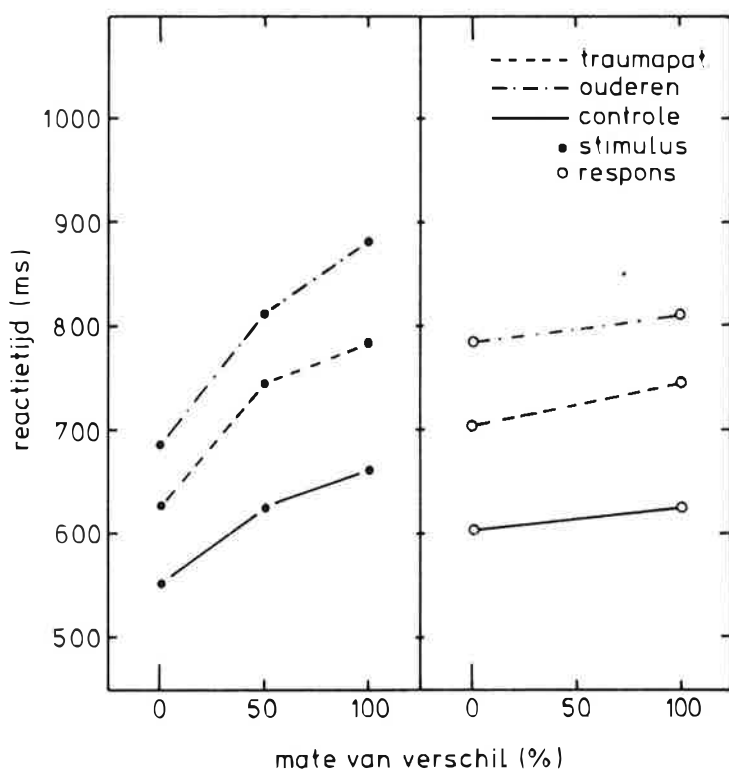


Fig. 2 De gemiddelde reactietijden van de drie groepen, als functie van de mate van verschil met de voorafgaande stimulus (links) of respons (rechts).

In Fig. 2 staan de gemiddelde tijden van de goede reacties van de drie groepen als functie van de mate van verschil van een stimulus of respons met de onmiddellijk eraan voorafgaande stimulus, c.q. respons. Duidelijk is te zien dat alle groepen onderhevig waren aan een alternatie-effect. Het effect van stimulusalternaties was echter aanzienlijk groter dan het effect van responsalternaties. Tevens laat deze figuur zien dat ouderen en revalidanten ten opzichte van de controle-proefpersonen verhoudingsgewijs grotere vertraging vertoonden naarmate opeenvolgende stimuli meer van elkaar verschilden. Het verschil tussen ouderen en controle-proefpersonen was in dit opzicht significant. Dit verleent steun aan de veronderstelling dat ouderen disproportioneel sterk beïnvloed worden door na-effecten van de verwerking van stimulusinformatie.

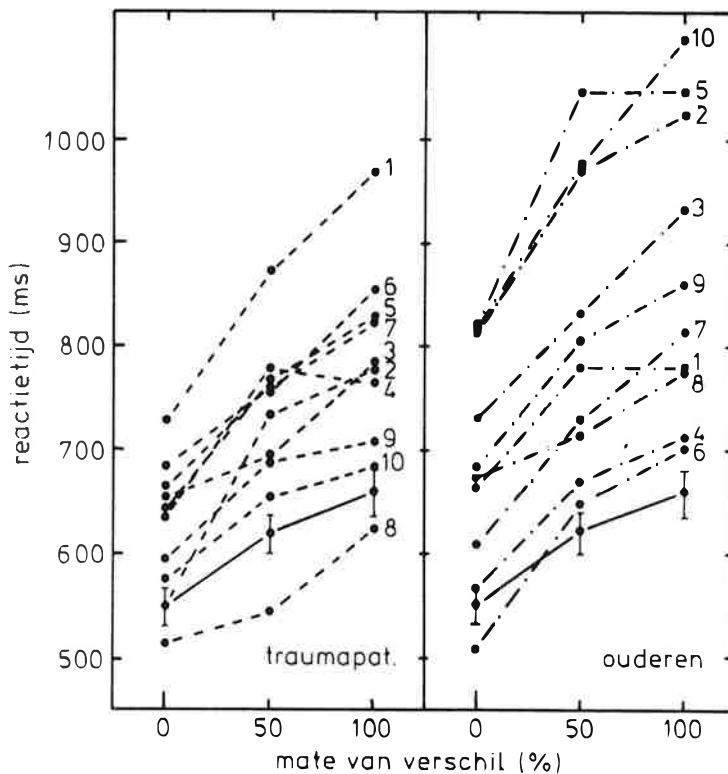


Fig. 3 De gemiddelde reactietijden per proefpersoon van traumapatiënten en ouderen en het gemiddelde (doorgetrokken lijn) en de standaarddeviatie van de controlegroep als functie van de mate van verschil met de voorafgaande stimulus.

In Fig. 3 is te zien dat het stimulus alternatie-effect als zodanig bij alle proefpersonen aanwezig was en, op één uitzondering na, consequent steeg met de mate van verschil met de voorafgaande stimulus. Tevens is te zien dat de reactietijden met name bij ouderen een grote spreiding vertoonden. Het interactie-effect van groep x alternatie x RSI was niet significant. Dit betekent dat het sterkere alternatie-effect bij ouderen niet specifiek is voor de kortere RSI's. Wel is er bij controle-proefpersonen een duidelijke tendens naar een wat vroegere daling van het alternatie-effect (Fig. 4). Dit kan erop wijzen dat het na-effect van stimulusverwerking bij traumapatiënten en ouderen van langere duur is dan bij controle-proefpersonen.

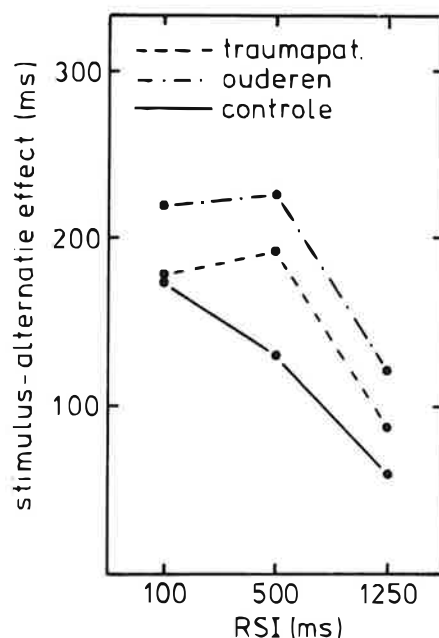


Fig. 4 Het stimulus-alternatie-effect (het verschil in reactietijd tussen opeenvolgende stimuli die gelijk zijn en opeenvolgende stimuli die volledig verschillend zijn) als functie van het RSI.

Het feit dat het alternatie-effect het sterkst is voor korte RSI's ondersteunt de veronderstelling dat het hier gaat om neuronale na-effecten van informatieverwerking die afnemen met het verstrijken van tijd.



### 3.2 Tijd-beoordelingstaak

In Fig. 5 zijn de gemiddelde tijden van de goede reacties en de foutpercentages op de tijdbeoordelingstaak weergegeven als functie van de drie condities waarin de taak werd uitgevoerd (laboratorium, stationair, rijdend). De reactietijden op tijdsintervallen boven de 3 s werden niet meegerekend omdat de proefpersonen in de veldcondities te frequent het gaspedaal niet diep genoeg intrapten waardoor onzuivere reactietijden werden gegenereerd.

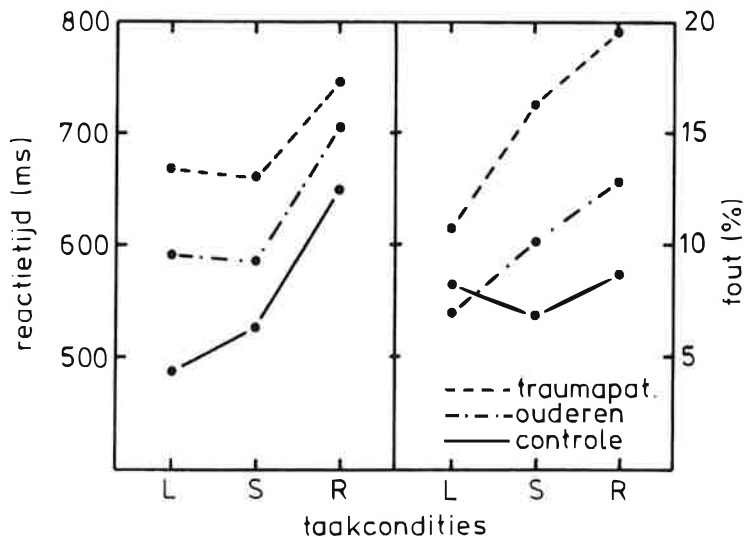


Fig. 5 Gemiddelde reactietijden (ms) en het foutpercentage van traumapatiënten, ouderen en controlegroep in de drie condities van de tijdbeoordelingstaak (l=laboratorium, s=stationair, r=rijdend).

Het eerste wat opvalt is dat de reactietijden van het laboratorium naar de stationaire conditie duidelijk minder toenemen dan van de stationaire naar de rijdende conditie. Dit betekent dat de reactietijd niet zozeer door veranderde omstandigheden (van laboratorium naar auto) dan wel door veranderende taakaspecten (van stilstaand naar rijdend) wordt beïnvloed. Net zoals in het vorige experiment, reageerden traumapatiënten en ouderen trager dan controle-proefpersonen. Nu waren echter de traumapatiënten van de drie groepen het traagst. Dit patroon was gelijk voor de drie taakcondities. Het patroon van de foutpercentages was verschillend in de drie condities.

De controlegroep hield onder de zwaardere taakcondities zijn foutpercentage ongeveer gelijk, ten koste van hun reactiesnelheid. Traumapatiënten maakten daarentegen meer fouten ( $p < .05$ ). De ouderen namen wat dit betreft een tussenpositie in.

De individuele resultaten van de traumapatiënten en ouderen ten opzichte van het gemiddelde van de controlegroep (Fig. 6) laten zien dat het interactie-effect op fouten voornamelijk veroorzaakt werd door 2 patiënten (1 en 7). De resultaten van deze twee proefpersonen waren op de laboratoriumtaak ook slecht; met name hun reactietijden waren daar opvallend hoog.

Tabel 2 Samenvatting van de resultaten van de ANOVA's van reactietijden (tijdsintervallen  $< 3$  s) en loglineaire analyse van de foutpercentages (alle tijdsintervallen) in de drie tijdsbeoordelingsomstandigheden.

|                       | reactietijd |        | foutpercentage |       |
|-----------------------|-------------|--------|----------------|-------|
|                       | F           | p<     | <sup>2</sup>   | p<    |
| groep                 | 7.42        | .005   | 16             | .0005 |
| taakconditie          | 30.0        | .00001 | 60             | .0000 |
| tijdsinterval         | 7.54        | .0001  | 470            | .0000 |
| groep x taak          | 1.06        | ns     | 3              | .10   |
| groep x tijdsinterval | 1.29        | ns     | 57             | .0000 |

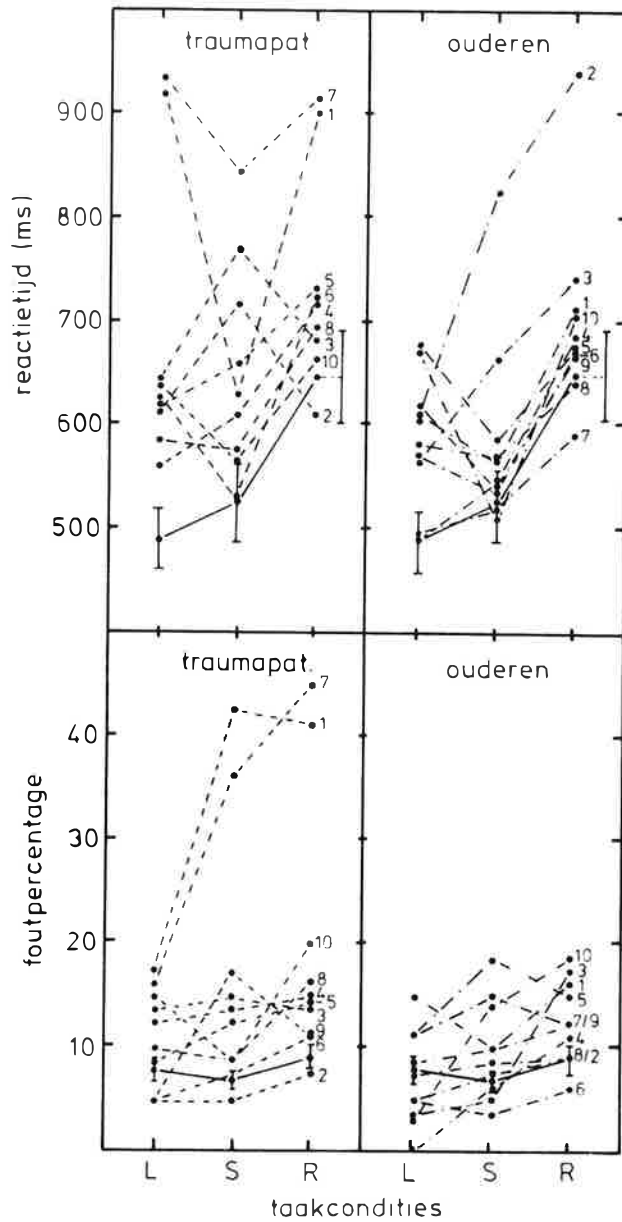


Fig. 6 De individuele reactietijd (boven) en foutpercentages (onder) van traumapatiënten en ouderen in de drie condities (laboratorium, stationair en rijdend) waarin de tijdsbeoordelingstaak werd uitgevoerd. Tevens zijn de gemiddelde scores (doorgetrokken lijn) en de standaarddeviaties van de controlegroep weergegeven.

Het significante interactie-effect van groep x tijdsinterval is het gevolg van hogere foutpercentages van ouderen en vooral traumapatiënten op tijdsintervallen onder de 3 s en lage foutpercentages na de 3 s. Dit wijst op een neiging tijdsintervallen te kort in te schatten (zie Fig. 7).

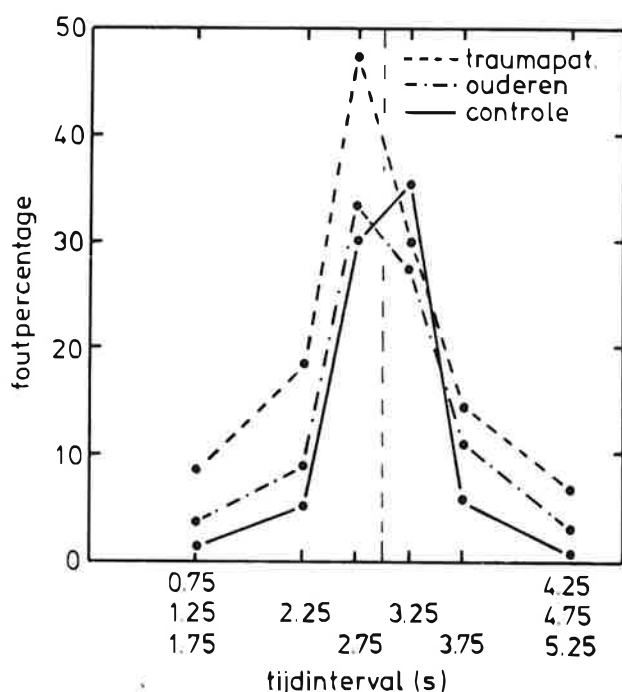


Fig. 7 Foutpercentages van de drie groepen op de drie condities van de tijdbeoordelingstaak als functie van de duur van het tijdsinterval (s). De kortste en de langste 3 tijdsintervallen zijn samengevoegd.

### 3.3 De Rem-volgtaak

Fig. 8 laat zien dat de remreactie op de remlichten van de voorligger bij traumapatiënten en ouderen trager was dan bij de controlegroep. Alleen het verschil van de traumapatiënten met de controlegroep was significant ( $p < .005$ ;  $F = 2.5$ ). Het effect van taakbelasting was eveneens significant ( $p < .0005$ ;  $F = 21.1$ ). De uitwerking hiervan op de drie groepen was echter gelijk, alhoewel er een tendens te bespeuren is dat tragere ouderen en traumapatiënten in de meer belastende conditie een sterkere vertraging ondervonden dan de snellere ouderen en traumapatiënten (zie Fig. 8).

In Tabel 3, waar de foutpercentages van de drie groepen zijn weergegeven, is te zien dat de traumapatiënten met name in de meer belastende taakconditie, aanzienlijk meer fouten maakten dan de controle-proefpersonen. De ouderen namen wat dit betreft een tussenpositie in. Het hoge foutpercentage van de traumapatiënten werd hoofdzakelijk "gedragen" door twee proefpersonen (1 en 7) die samen

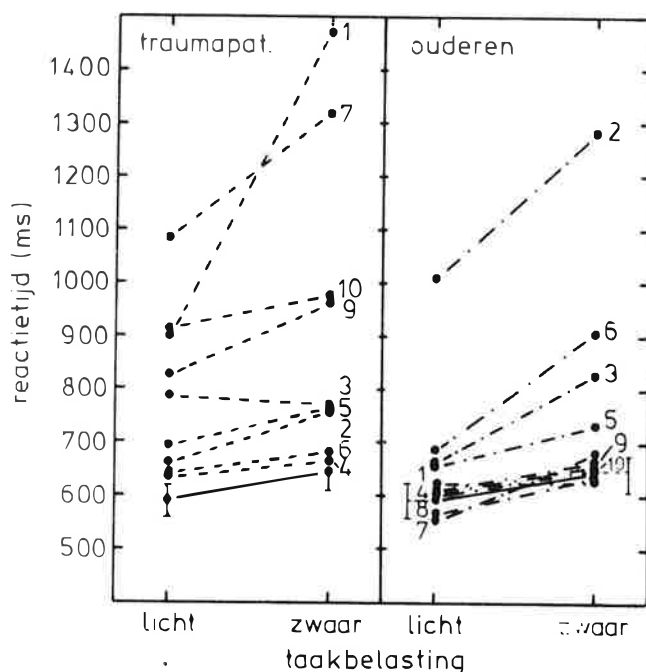


Fig. 8 De individuele reactietijden (ms) van traumapatiënten en ouderen (1-10), en het gemiddelde (doorge-trokken lijn) en de standaarddeviatie van de controlegroep, als functie van de taakbelasting.

63% van het groeptotaal produceerden. Hierdoor, en door de lage foutpercentages zijn de verschillen in Tabel 3 niet significant. Het geheel van deze resultaten komt hiermee goed overeen met de resul-taten van de tijdbeoordelingstaak.

Tabel 3 Foutpercentages van traumapatiënten, ouderen en controlegroep in twee condities van taakbelasting waaronder de rem-volgtask werd uitgevoerd.

|                 | taakbelasting |       |
|-----------------|---------------|-------|
|                 | licht         | zwaar |
| Traumapatiënten | 3             | 7     |
| Ouderen         | 2.25          | 3.5   |
| Controlegroep   | 0.75          | 0.75  |

### 3.4 Snelheid-volgtaak

De snelheid-volgtaak levert voor elk van de twee auto's een snelheidssignaal in de tijd op die, indien de proefpersoon de taak perfect uitvoert, een kruiscorrelatie van 1,00 hebben. In praktijk zal de proefpersoon de snelheidsveranderingen met een zekere vertraging volgen. Hierdoor bestaat er een tijdsverschuiving ( $\tau$ ) tussen de twee snelheidssignalen ten opzichte van elkaar, waarbij de correlatie maximaal is. Deze tijdsverschuiving is een globale maat voor de vertraging in het volgen van snelheidsveranderingen. De waarde van de kruiscorrelatie na verschuiving over  $\tau$  geeft de mate aan waarin het snelheidspatroon van de voorligger geïmiteerd wordt. De kruiscorrelatie zonder deze verschuiving is een maat voor de totale taakprestatie. Het gereden traject werd in 5 evenlange stukken verdeeld die als replica's dienden voor de ANOVA's (Tabel 4) op deze drie parameters.

De kruiscorrelatie, zonder tijdsverschuiving, was voor zowel de traumapatiënten als de ouderen lager dan voor de controlegroep ( $F=7.1$ ;  $p<.01$ ). De kruiscorrelatie na verschuiving over  $\tau$  was eveneens voor beide groepen significant lager ( $F=5.5$ ;  $p<.01$ ). Het snelheidspatroon van de voorligger werd dus niet precies geïmiteerd. De traumapatiënten vertoonden bovendien een significant hogere  $\tau$  ten opzichte van de controlegroep ( $F=6.7$ ;  $p<.05$ ). Dit betekent dat de reactiesnelheid gemeten als de snelheid van het volgen van snelheidsveranderingen bij traumapatiënten trager is.

Ook in dit experiment wordt het beeld bevestigd dat vooral de traumapatiënten zich tijdens het autorijden kenmerkten door een trage reactiesnelheid in kritische situaties en dat ouderen wat dit betreft een tussenpositie innemen.

Tabel 4 Gemiddelde waarden van kruiscorrelaties en tijdsverschuiving ( $\tau$ ) voor de drie groepen.

|                 | correlatie | maximum<br>correlatie | $\tau$ (s) |
|-----------------|------------|-----------------------|------------|
| controlegroep   | .92        | .98                   | .98        |
| traumapatiënten | .84        | .97                   | 1.37       |
| ouderen         | .88        | .97                   | 1.11       |

### 3.5 Correlaties

In Tabel 5 staan de produkt-moment correlatiecoëfficiënten (pmc) tussen de prestaties op de twee laboratoriumtaken en de prestaties op de rijtaken. Het meest in het oog springend is de welhaast volledige afwezigheid van significante correlatiecoëfficiënten bij de controleproefpersonen en de ouderen. Dit betekent dat de reactietijden zoals die in het laboratorium bij deze proefpersonen worden gevonden niet predictief zijn voor de taakprestatie tijdens het autorijden.

Tabel 5 De correlatiecoëfficiënten van de reactietijden op de tijdbeoordelingstaak in het laboratorium (lab-tbt) en de keuze-reactietaak (krt) met drie rijtaken: rij-tijdsbeoordelingstaak (rij-tbt), rem-volgtaak (rvt) en de kruiscorrelatie van de snelheid-volgtaak (svt). Voor de tijdbeoordelingstaak zijn de pmc's eveneens op foutpercentages berekend. Op de plaatsen die gemarkeerd is met een streepje konden geen berekeningen worden uitgevoerd.

| taken             | controlegroep   |           | traumagroep      |           | ouderen          |           |
|-------------------|-----------------|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|
|                   | reactie<br>tijd | %<br>fout | reactie-<br>tijd | %<br>fout | reactie-<br>tijd | %<br>fout |
| lab.tbt - rij.tbt | .61             | ns        | .90              | .76       | ns               | ns        |
| lab.tbt - rvt     | ns              | -         | .95              | -         | ns               | -         |
| lab.tbt - svt     | ns              | -         | -.80             | -         | ns               | -         |
| krt - rij.tbt     | ns              | -         | .72              | -         | ns               | -         |
| krt - rvt         | ns              | -         | ns               | -         | ns               | -         |
| krt - svt         | ns              | -         | ns               | -         | ns               | -         |

In de tweede plaats kan worden opgemerkt dat de tijdbeoordelingstaak meer predictief was met betrekking tot de resultaten van de veldexperimenten dan de keuze-reactietaak. Met name de correlatie van de tijdbeoordelingstaak met de rem-volgtaak was opvallend hoog. Dit pleit voor de veronderstelling dat deze taak met betrekking tot de vereiste vaardigheden meer overeenstemt met de autorijtaken dan de keuze-reactietaak.

In Tabel 6 is te zien dat ook de foutpercentages van traumapatiënten positief samenhangen met hun reactietijden. Dit betekent dat een trage reactiesnelheid ook iets kan zeggen over kwalitatieve aspecten van taakuitvoering.

Tabel 6 De correlatiecoëfficiënten van de foutpercentages op de tijdbeoordelingstaak in het laboratorium en de reactietijden op dezelfde taak, de rij-tijdbeoordelingstaak (rij-tbt), de rem-volgtaak (rvt) en de onverschoven correlaties op de snelheid-volgtaak (svt).

| =====                             |    |      |    |  |
|-----------------------------------|----|------|----|--|
| controlagroep traumagroep ouderen |    |      |    |  |
| -----                             |    |      |    |  |
| % fout - reactietijd              |    |      |    |  |
| lab.tbt - lab.tbt                 | ns | .66  | ns |  |
| lab.tbt - rij.tbt                 | ns | .68  | ns |  |
| lab.tbt - rvt                     | ns | .65  | ns |  |
| lab.tbt - svt                     | ns | -.73 | ns |  |
| =====                             |    |      |    |  |

#### 4 RIJVAARDIGHEIDSCRITERIA

Teneinde een antwoord te kunnen geven op de vraag of er een grenswaarde voor reactietijden is aan te geven waar boven een onvoldoende rijgeschiktheid verwacht mag worden, wordt uitgegaan van twee goed gedefinieerde verkeerssituaties.

- 1 Het naderen van een kruising met verkeerslichten. Als het licht op groen is, dan kan het op ieder moment op geel overgaan, waarbij de kans dat de bestuurder hiervoor zal remmen door de tijd afneemt. De beslissing om wel of niet te remmen als het licht op geel over zou gaan hangt o.a. af van de afstand tot de stopstreep en de snelheid en kan op ieder tijdstip tijdens het naderen al vastliggen. De tijdbeoordelingstaak representeert deze situatie.
- 2 Het volgen van een voorligger in een drukke verkeersstroom. De bestuurder dient zich hierbij aan te passen aan de snelheid van de voorligger, terwijl deze op ieder moment plotseling zou kunnen remmen. De rem-volgtaak en de snelheid-volgtaak zijn hierop gebaseerd.



In het volgende zullen op basis van deze 2 situaties criteria geformuleerd worden aan de hand waarvan onderzocht kan worden of het mogelijk is een norm of vuistregel op te stellen ter bepaling van de rijvaardigheid van gerevalideerde hersentraumapatiënten.

#### 4.1 Naderen van verkeerslichten

Het Reglement van Verkeersregels en Verkeerstekens eist dat de bestuurder stopt als het verkeerslicht van groen op geel overgaat, tenzij dat "redelijkerwijs" niet meer mogelijk is. De automobilist dient dus tenminste te beschikken over een reactievermogen waarvan men bij de instelling van verkeerslichten (impliciet) is uitgegaan. Dit stelt hem in staat tijdig voor verkeerslichten te stoppen.

Van der Horst en Godthelp (1982) constateren in een literatuuronderzoek dat er doorgaans aangenomen wordt dat 85% van de automobilisten in staat moet worden geacht binnen 1 s te kunnen beginnen met remmen. D.m.v. praktijkobservaties werd door Gazis e.a. (1960) gevonden dat 85% van de automobilisten binnen 1.45 seconde na het begin van de geellichtfase begint te remmen. Als proefpersonen geïnstrueerd worden zo snel mogelijk te stoppen en dus optimaal geprepareerd zijn blijkt dat ze in 85% van de gevallen binnen 0.96 s kunnen remmen (Kockelke, 1980). Johanson en Rumar (1980) vonden in een praktijkexperiment waarin proefpersonen niet anticeperden, een reactiesnelheid die een factor 1.35 hoger lag dan in hetzelfde experiment met de mogelijkheid tot anticiperen. Op basis van hun experimenten stellen zij voor deze waarde als correctiefactor te hanteren, wanneer het gaat om reactietijdmetingen in eenvoudige verkeerssituaties. Indien deze correctiefactor wordt toegepast op de door Gazis e.a. in de praktijk gevonden 85% waarde van 1.45, zou dat in het huidige experiment waarin proefpersonen optimaal geprepareerd waren, een reactietijd van 1.1 s als bovengrens opleveren. Gezien de 85% waarde van 0.96 zoals die onder optimale omstandigheden gevonden werd door Kockelke, lijkt een 85% bovengrens van 1.1 s als criterium voor de in dit onderzoek gebruikte rijtaak enigszins aan de hoge kant.

Ook via een theoretische analyse van het remmen voor verkeerslichten kunnen grenzen aangegeven worden voor de reactiesnelheid die vereist is om onder ongunstige condities nog tijdig te kunnen stop-

pen. Stelt men de rijsnelheid op het moment dat geel verschijnt op  $V_0$  en de geeltijd op  $t_g$ , dan is de afstand vanaf de stopstreep vanwaar men nog net, bij gelijke snelheid, door kan rijden zonder door rood te gaan:

$$d = v_0 \cdot t_g \quad (1)$$

Stelt men de reactietijd van de bestuurder op  $t_r$ , de remvertraging op  $a$  en de afstand ten opzichte van de stopstreep tijdens de overgang naar geel op  $x$ , dan is de maximale reactietijd:

$$t_{r \max} = \frac{x}{V_0} - \frac{V_0}{2a} \quad (2)$$

Met deze reactiesnelheid kan men nog net op tijd remmen. De reactiesnelheid is slechts van belang als  $x > d$ . Binnen deze randvoorwaarde wordt de vereiste reactietijd kleiner naarmate  $x$  afneemt. In het limietgeval wanneer  $x = d$ , vinden we de kritische reactietijd door substitutie van (1) in (2):

$$t_{r \text{ krit}} = t_g - \frac{V_0}{2a} \quad (3)$$

De kritische reactietijd is dus afhankelijk van de geeltijd, de geaccepteerde remvertraging en de snelheid waarmee men het kruispunt nadert. De geeltijd en de remvertraging zijn op hun beurt eveneens afhankelijk van de naderingssnelheid. Volgens Hulscher (1980), die een vrij compleet overzicht geeft van instelregels voor geeltijden, kan de benodigde geeltijd afgeleid worden van formule (3). Het is dan echter noodzakelijk aannamen te doen met betrekking tot de reactietijd en de remvertraging. Om dit probleem te omzeilen kan volgens van der Horst en Godthelp (1982) gebruik worden gemaakt van de vergelijking:

$$t_g = \frac{x}{V_0} \quad (4)$$

Deze vergelijking kan worden aangevuld met empirische gegevens waarin de afstand ( $x$ ) bij de 85e percentielwaarde voor de kans op stoppen ( $x_{85}$ ) als functie van de snelheid bepaald wordt. Op basis van een vijftal studies waarin dit gedaan is stellen van der Horst en Godthelp (1982) dat de relatie tussen  $x_{85}$  en  $V_0$  zich goed laat beschrijven in de vorm:

$$x_{85} = 4.57 V_0 - 4.24 \quad (5)$$

Na substitutie van (5) in (4) levert dit voor  $t_g$  als functie van de snelheid de volgende vergelijking op:

$$t_g = 4.57 - \frac{4.24}{V_0} \quad (6)$$

Behalve de geeltijd is ook de geaccepteerde remvertraging enigszins afhankelijk van de snelheid. Resultaten van Olson en Rothery (1972) wijzen erop dat bij een 50 km/h kruising de geaccepteerde remvertraging bij het 85e percentiel voor de kans op stoppen  $2.3 \text{ m/s}^2$  en bij een 80 km/h kruising  $3 \text{ m/s}^2$  bedraagt. Interpolatie van deze waarden levert bij een 60 km/h en een 70 km/h kruising remvertragingen op van resp.  $2.53$  en  $2.77 \text{ m/s}^2$ . Wanneer deze gegevens in (3) en (6) worden ingevuld, levert dit per snelheid een reactietijd op (Tabel 7). Het gemiddelde van deze reactietijden ligt iets onder de 1 s en komt daarmee in de buurt van de 85% waarde die Kockelke (1980) in zijn praktijk-experiment vond.

Op basis van deze overwegingen lijkt het redelijk om voor de rij-tijdbeoordelingstaak, als representant van de verkeerslicht-situatie, een 85% waarde van 1 s als selectie criterium te gebruiken (criterium 1). Dit betekent dat proefpersonen bij wie de reactietijden in meer dan 15% van de trials op de rij-tijdbeoordelingstaak boven de 1 s lagen, als te traag beschouwd worden om in minder gunstige omstandigheden tijdig voor het rode licht te kunnen stoppen.

Tabel 7 Remvertraging, geeltijd en kritische reactietijd die volgens formules (3) en (6) en de gegevens van Olson en Rothery (1972) behoren bij kruispunten met naderingssnelheden die variëren van 50 tot 80 km/h.

| sn <span>­</span> nelheid<br>(V <sub>0</sub> )<br>km/h | remvertraging<br>(a)<br>m/s <sup>2</sup> | geeltijd<br>(t <sub>g</sub> )<br>s | kritische<br>reactietijd<br>(T <sub>r</sub><br>krit)<br>s |
|--|--|------------------------------------|---|
| 50   | 2.30                                     | 4.26                               | 1.24  |
| 60   | 2.53                                     | 4.31                               | 1.02  |
| 70   | 2.77                                     | 4.35                               | 0.83  |
| 80   | 3.00                                     | 4.38                               | 0.68  |

Behalve de reactiesnelheid kon ook de reactiezekerheid op de rij-tijdbeoordelingstaak als criterium gebruikt worden. In verband met de instructie lag het voor de hand ook hiervoor de 15%-waarde te nemen. Dit betekent dat de reactiezekerheid van proefpersonen die in meer dan 15% van de trials op de rij-tijdbeoordelingstaak een verkeerde respons gaven als onvoldoende beschouwd zal worden (criterium 2).

#### 4.2 Het meerijden in een verkeersstroom

Teneinde de rol van het reactievermogen in de verkeersstroom nader te analyseren, stellen we ons de situatie voor waarin twee auto's achter elkaar rijden met een zekere tussenruimte (d). De wagens bewegen zich voort met gelijke snelheid (V<sub>0</sub>) en hebben een gelijke maximale remvertraging. Als de voorste wagen op zeker moment maximaal remt totdat hij tot stilstand komt, dan ontstaat er een kop-staart botsing als de afstand die de achterste wagen tijdens de reactietijd (t<sub>r</sub>) aflegt groter is dan tussenruimte d. Voor de kritische reactietijd moet dan gelden:

$$t_{r \text{ krit}} \leq \frac{d}{V_0} \quad (7)$$

Als vuistregel wordt in Nederland een minimale streefafstand in meters geadviseerd die de helft is van de snelheid op de snelheidsmeter (km/h). Hierbij dient bedacht te worden dat tussenafstanden niet onbeperkt vergroot kunnen worden in verband met verplichte minimumsnelheden en inhalend en tussenvoegend verkeer. Omdat geldt dat  $V_0$  (km/h) = 3.6 \*  $V_0$  (m/s<sup>2</sup>) wordt deze vuistregel als volgt beschreven:

$$d = 1/2 * 3.6 x V_0 \text{ (m/s}^2\text{)} \quad (8)$$

Substitutie van (7) en (8) leidt tot een kritische reactietijd van 1.8 s.

De rem-volgtak representeerde in het huidige onderzoek de hier bovenbeschreven verkeersstroom-situatie. Omdat de proefpersonen in de rem-volgtak sterk geanticipeerd waren op de remstimulus diende deze waarde gecorrigeerd te worden. Correctie met de factor 1.35 van Johanson en Rumar leidde tot een criteriumreactietijd van 1.33 s. Dit betekent dat de proefpersonen met een reactiesnelheid die in meer dan 15% van de gevallen boven de 1.33 s lag als te traag beschouwd zullen worden om tijdig te remmen als een voorganger plotseling remt (criterium 3).

Ook de snelheid-volgtak kan beschouwd worden als een representant van de verkeersstroom-situatie. De nadruk van deze taak lag echter meer op het zich kunnen aanpassen aan de snelheid dan op het remmen zoals in de rem-volgtak. Een criterium dat voor de snelheid-volgtak zou moeten gelden was noch theoretisch, noch uit onderzoek af te leiden. Niettemin leek het m.b.t. de validiteit van dit onderzoek belangrijk de prestatie op deze taak eveneens als criterium te gebruiken. Omdat het gebruikelijk is bij het stellen van grenzen voor een populatie uit te gaan van het 85e steekproefpercentiel, werd besloten om hiervoor 85%-waarden van de snelheidscorrelaties van de gezonde proefpersonen, d.w.z. controle-proefpersonen en ouderen te gebruiken (criterium 4).

#### 4.3 Twee predictoren

We beschikken nu dus over 4 criteria op basis waarvan de prestaties van een aantal proefpersonen op de autorijtaken als onvoldoende gekwalificeerd kunnen worden. Deze kunnen gebruikt worden om een

laboratoriummaat te vinden die prediktieve en onderscheidende waarde heeft met betrekking tot de autorijtaken. In de vorige paragraaf bleek de laboratorium-tijdbeoordelingstaak een aantal hoge correlaties te vertonen met taakprestaties op de autorijtaken. De correlaties van de keuze-reactietaak bleken wat dit betreft aanzienlijk lager uit te vallen. De prediktieve waarde van de laboratorium-tijdbeoordelingstaak bleek zowel op reactiesnelheid als op reactiezekerheid hoog te zijn. Daarom zijn deze twee dimensies van de laboratoriumversie van de tijdbeoordelingstaak in Fig. 9 per proefpersoon tegen elkaar uitgezet. Als functie hiervan is d.m.v. een getal tussen 0 en 4 aangegeven, aan hoeveel van de gestelde criteria niet werd voldaan in de veldtaken.

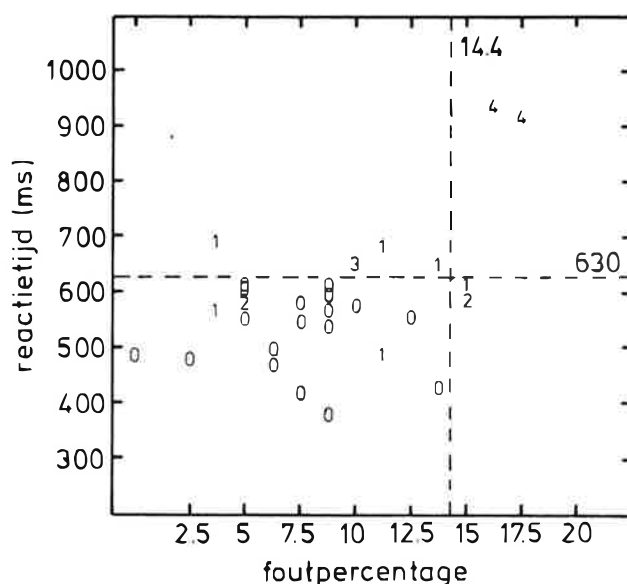


Fig. 9 Het aantal keer (0-4) dat een proefpersoon een criterium niet behaalde als functie van zijn reactietijd en foutpercentage op de tijdbeoordelingstaak.

De stippellijnen geven de grenzen aan waarmee proefpersonen die op een of meer autorijtaken het criterium niet behaalden het beste onderscheiden worden van de proefpersonen die in alle gevallen het criterium behaalden. Deze grenzen liggen op een reactietijd van 630 ms en een foutpercentage van 14.4% in de laboratoriumtaak. Bedacht moet worden dat deze grenzen waarschijnlijk taakgebonden zijn en dus alleen gelden voor de tijdbeoordelingstaak zoals die afgenomen werd in het onderhavige onderzoek.

## 5 DISCUSSIE

Het geheel van de onderzoeksresultaten overziend kan geconcludeerd worden dat traumapatiënten en ouderen over de gehele linie trager reageren dan controleproefpersonen. Wat de traumapatiënten betreft wordt deze vertraging niet disproportioneel beïnvloed door RSI, taakbelasting en alternatie-effecten. Tot zover bevestigt het huidige onderzoek in grote lijnen de resultaten van voorgaand IZF-onderzoek, waarin geconcludeerd werd dat de traagheid van traumapatiënten niet op één of meerdere taakparameters kan worden teruggevoerd.

De trend die in eerder onderzoek gesuggereerd werd, nl. een verminderde reactiezekerheid bij traumapatiënten, bleek in het huidige onderzoek een hoofdeffect op te leveren. Dit hoofdeffect werd gevonden bij een taak die op een aantal aspecten overeenstemt met de stoplichtsituatie. De trage reactiesnelheid en de lage reactiezekerheid van traumapatiënten op deze taak wijst erop dat zij verhoudingsgewijs veel moeite hebben met taken waarin stimuli op hun waarde beoordeeld of ingeschat moeten worden. Ook in het verkeer is de "stimuluswaarde" niet altijd geheel en al duidelijk, zodat automobilisten regelmatig verkeerssituaties zullen moeten beoordelen op basis van inschattingen van afstanden, snelheden en tijden. Het inschatten van stimuli is niet nodig bij de meer gebruikelijke reactietijdtaken zoals de keuze-reactietaak. Met deze laatste taak,

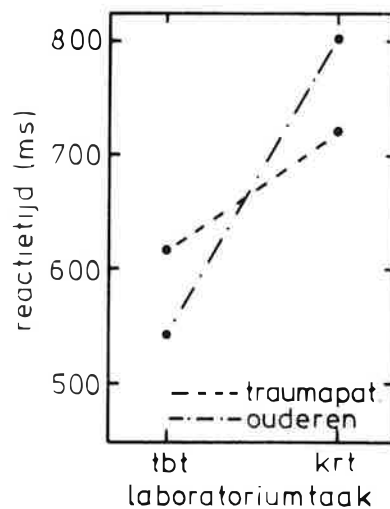


Fig. 10 De reactietijd (ms) van traumapatiënten en ouderen op de keuzereactietaak (krt) en de tijdbeoordelingstaak (tbt).

waarbij tijdsdruk en onvoorspelbaarheid van stimuli een belangrijke rol spelen, blijken traumapatiënten ten opzichte van ouderen aanzienlijk minder moeite te hebben. In Fig. 10, waarin de gemiddelde reactietijden van ouderen en revalidanten op de keuze-reactietaak en tijdbeoordelingstaak uitgezet zijn, wordt dit verschil nog eens geïllustreerd.

Welford (1977) suggereert op basis van een aantal ogenschijnlijk strijdige onderzoeksresultaten dat centraal in het zenuwstelsel gelocaliseerde vertraging tot uiting komt in taken zoals de tijdbeoordelingstaak, waarvan de stimuli voor langere tijd geïnspecteerd dienen te worden. Perifere vertraging zou eerder tot uiting komen in taken, zoals de keuze-reactietaak, waarbij korte stimulusinspecties voldoende zijn. Omdat bij hersentrauma's het centrale zenuwstelsel beschadigd wordt, en bij veroudering het gehele zenuwstelsel trager gaat functioneren (Salthouse, 1980, 1982), wordt de suggestie van Welford door de huidige bevindingen ondersteund.

De problemen van traumapatiënten bij het beoordelen van stimuli manifesteerden zich eveneens in een relatief sterke afname van de reactiezeekerheid in de meer belastende taakcondities. Het feit dat de reactietijden van traumapatiënten daarbij slechts in geringe mate toenamen, wijst erop dat zij geneigd zijn onder moeilijke omstandigheden de kwalitatieve aspecten van de taakuitvoering uit het oog te verliezen, of niet meer aan te kunnen. Dat dit nadelige consequenties voor de rijvaardigheid kan hebben, behoeft geen betoog.

Wat de tijdbeoordelingstaak betreft vertoonden ouderen een kleinere, maar wel significante, vertraging ten opzichte van de controlegroep. Met betrekking tot de reactiezeekerheid en het effect van toenemende taakbelasting hierop vertoonden ouderen slechts trends in dezelfde richting als de traumapatiënten. Mede het feit in aanmerking genomen dat ouderen vooral onder de tijdsdruk van de keuze-reactietaak traag reageerden lijkt het aanvaardbaar te concluderen dat ouderen, wanneer zij onder druk komen te staan, niet meer fouten gaan maken, maar hun tempo aan de taakomstandigheden en taakbelasting aanpassen. Bij traumapatiënten is deze neiging minder aanwezig.

De keuze-reactietaak leverde, behalve een hoofdeffect van groepen, een hoofdeffect van RSI, responshand en stimulusalternatie op. Deze effecten waren in overeenstemming met de verwachting.

Wat de interactie-effecten betrof bleken ouderen verhoudingsgewijs extra gevoelig voor de mate van verschil tussen opeenvolgende trials. Het sterke alternatie-effect dat bij ouderen gevonden werd,



is een bevestiging van de hypothese dat interfererende na-effecten van neuronale activiteit toenemen met het stijgen van de leeftijd. Het interactie-effect van RSI met alternatie bevestigt de veronderstelling dat de genoemde na-effecten afnemen met het verstrijken van tijd na neuronale activiteit. Met betrekking tot de aard van het alternatie-effect kan gesteld worden dat het bij alle groepen volledig bepaald werd door stimulusalternaties. Dit betekent dat de traagheid van ouderen niet in de eerste plaats te maken heeft met "responsmonitoring" - ouderen zouden in sterke mate geneigd zijn hun handelingen voortdurend te controleren (Welford, 1977b) - maar veeleer localiseerbaar is aan de inputkant: de verwerking van stimulusinformatie en het nemen van beslissingen op basis hiervan. Omdat Welford's bevindingen (Welford, 1977a) niet geheel met het bovenstaande te rijmen zijn, kan in nader onderzoek bekeken worden in hoeverre de alternatie-effecten taakspecifiek zijn.

Bij het volgen van een voorligger reageren traumapatiënten trager dan controleproefpersonen. Dit geldt zowel voor het reageren op remlichten als voor het continu aanpassen van de rijsnelheid. Ouderen vertonen wat dit betreft trends in dezelfde richting. Deze constatering sluiten aan bij het algehele beeld dat dit onderzoek oplevert.

De totale taakprestatie bij het zich zo precies mogelijk aanpassen aan de rijsnelheid van een voorganger was voor zowel ouderen als traumapatiënten slechter dan voor de controlegroep. Hieruit blijkt dat de vertraagde informatieverwerking in taken waarin discrete stimuli worden gepresenteerd, zich eveneens in een continue taak doet gelden. Dit betekent dat in omstandigheden waarin de snelheid waarmee informatie wordt aangeboden niet geregeld kan worden door bijv. langzaam te rijden, zoals in het drukke stadsverkeer, en door een cumulatie van vertraagde reacties uiteindelijk een overbelasting van informatieverwerkingscapaciteiten kan optreden. Hierdoor wordt het moeilijker nieuwe informatie adequaat te verwerken. Hoe ouderen en traumapatiënten hierop reageren kan verder worden onderzocht; de resultaten van het huidige onderzoek wijzen erop dat traumapatiënten meer geneigd zijn (beoordelings)fouten te gaan maken terwijl ouderen hun snelheid, en daarmee de snelheid van de informatie-input, verlagen. Mogelijk spelen criteriumverschillen hierbij een rol.

Veel onderzoek toont aan dat psychopathologische toestanden tengevolge van intelligentie - neurologische - of psychiatrische stoornissen vergezeld gaan van een vertraagde en meer variabele reactiesnelheid (zie bijv. Hicks en Birren, 1970). De mate van vertraging correleert met klinische diagnoses omtrent de ernst van de toestand. Deze samenhang is echter niet of nauwelijks aanwezig bij proefpersonen die gemiddeld en hoger dan gemiddeld presteren (Nettelbeck, 1980). In het onderhavige onderzoek geven de correlaties tussen laboratorium en rijtaken hetzelfde beeld te zien. De samenhang is hoog bij de traumagroep, en laag bij de controlegroep en de ouderen.

Met name bij het beoordelen van tijdsstimuli waarvan de waarde voor de proefpersonen niet geheel duidelijk is, worden zwakkere proefpersonen, d.w.z. proefpersonen die op een of meer criteriumtaken onder de maat scoren, goed van de betere proefpersonen onderscheiden. Reactiesnelheid en reactiezeekerheid blijken daarbij sterk samen te hangen en in combinatie een hoge prediktieve waarde te bezitten. Deze taak kan daarom uitermate geschikt zijn om een indicatie te geven of het niveau van informatieverwerking bij mensen met een hersenbeschadiging voldoende is om een auto te kunnen besturen of om andere complexe apparatuur te kunnen bedienen.

## 6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Op grond van het hier beschreven onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

Hersentraumapatiënten hebben een lage reactiesnelheid en reactiezeekerheid. Dit komt vooral tot uitdrukking in laboratoriumtaken waarvan de stimuli op hun waarde beoordeeld moeten worden. De trage reactiesnelheid wordt eveneens vertoond op rijtaken die overeenstemmen met het naderen van verkeerslichten en het rijden in een verkeersstroom. De reactiezeekerheid van traumapatiënten vermindert aanzienlijk onder toenemende taakbelasting.

Ouderen vertonen eveneens een trage reactiesnelheid, zij het in mindere mate dan traumapatiënten. Hun reactiezeekerheid is gelijk aan die van controle-proefpersonen en blijft onder toenemende taakdruk redelijk stabiel. Interfererende (neuronale) na-effecten van infor-

matieverwerking lijken met het stijgen van de leeftijd toe te nemen. Deze na-effecten worden waarschijnlijk veroorzaakt door de verwerking van stimulus-input en niet door "monitoring" van respons-output.

Reactiesnelheid en reactiezekerheid zijn bij traumapatiënten stabiel over verschillende typen taak. Op grond hiervan is het mogelijk een kritische test te construeren, die traumapatiënten selecteert met een te lage reactiesnelheid en reactiezekerheid om als automobilist veilig aan het verkeer te kunnen deelnemen. Het verdient de voorkeur hiervoor een taak te gebruiken waarin keuzereacties gegenereerd worden op basis van stimuluswaarden, die voor de proefpersoon niet met optimale zekerheid vast te stellen zijn.

## REFERENTIES

- Blackburn, H.L., Benton, A.L. (1955). Simple and choice reaction time in cerebral disease. *Confinia Neurologica*, 15, 327.
- Dee, H.L., Allen, M.W. van (1972). Hemispheric differences in complex reaction time in patients with unilateral cerebral disease. *Transactions of the American Neurological Association*, 97.
- Gaillard, A.W.K., Houtmans, M.J.M., Rozendaal, A.H. (1984). De taakprestatie van revalidanten met diffuse hersenbeschadiging. Rapport IZF 1984-14. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Gazis, D., Herman, R., Maradudion, A. (1960). The problem of the amber signal light in traffic flow. *Operation Research* 8, 1, 112-132.
- Horst, A.R.A. van der, Godthelp, J. (1982). De roodlichtdiscipline van bestuurders van motorvoertuigen in relatie tot het beëindigen van de groenfase: een literatuurstudie. Rapport IZF 1982 C-11. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Hulscher, F.R. (1980). Determination of intergreentime at phase changes. In: *Driver observance of traffic light signals. Report of the Traffic Authority of New South Wales, Australia.*
- Johansson, G., Rumar, K. (1971). Drivers' brake reaction times. *Human Factors* 13(1), 23-27.
- Klensch, H. (1973). Die diagnostische Valeur der Reaktionszeitmessung bei verschiedenen zerebralen Erkrankungen. *Fortschritten Neurologie und Psychiatrie*, 41, 575.
- Kockelke, W. (1980). Reactions- und Bremsverhalten an Lichtsignalanlagen. *Strassenverkehrstechnik* 1, 11-16.
- Miller, E. (1970). Simple and choice reaction time following severe head injury. *Cortex*, 6, 121.
- Nettelbeck, T. (1980). Factors affecting reaction time: mental retardation brain damage, and other psychopathologies. In Welford, A.T. (Ed.) *Reaction times*. Academic Press, London.
- Norrman, B., Svahn, K. (1961). A follow-up study of severe brain injuries. *Acta Psychiatrica Scandinavia*, 37, 236.
- Olson, P.L., Rothery, R.W. (1972). Deceleration levels and clearance times associated with the amber phase of traffic signals. *Traffic Engineering*, Vol. 42, 16-19 and 63.

- Ravenstein, R., Veling, I.H., Gaillard, A.W.K. (1982). De rijgeschiktheid van revalidanten met een diffuse hersenbeschadiging: een probleemorientatie. Rapport IZF 1982-16. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Salthouse, T.A. (1980). Age and memory: Strategies for localizing the loss. In: Poon, L.W., Fozard, J.L., Cermak, L.S., Arenberg, D., Thompson, L.W. (Eds.) New directions in memory and aging: Proceedings of the George A. Talland Memorial Conference. Erlbaum, Hillsdale, New Jersey.
- Salthouse, T.A. (1982). Adult cognition. Springer Verlag, New York.
- Sternberg, S. (1969). The discovery of processing stage: Extensions of Donders' method. In Koster W.G. (Ed). Attention and Performance II, Amsterdam: North Holland. Acta Psychol. 30, 276-315.
- Stokx, L.C. (1984). Informatieverwerking van revalidanten met diffuus hersenletsel. Rapport IZF 1984-5. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Stokx, L.C., Gaillard, A.W.K. (1986). Task and driving performance of patients with a severe concussion of the brain. Journal of Clin. and Exp. Neuropsychology, Vol. 8, No. 4.
- Veling, I.H. (1984). Fahrferdigkeit von Personen mit Hirntraumen. Institut für Sinnenphysiologie TNO, Soesterberg.
- Welford, A.T. (1977a). Serial Reaction times, continuity of task, single-channel effects, and age. In Dornic, S. Attention and Performance VI, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Welford, A.T. (1977b). Motorperformance. In Birren, J.E., Schaie, K.W., Handbook of the psychology of aging. VNR Company, New York.
- Zomeren, A.H. van (1981). Reaction time and attention after closed head injury. Dissertatie, R.U. Groningen, 1981).
- Zomeren, A.H., Deelman, B.G. (1976). Differential effects of simple and choice reaction after closed head injury: Clinical Neurology and Neurosurgery, 81-90.

## VERZENDLIJST

1. Hoofddirecteur van de Hoofdgroep Defensieonderzoek TNO
2. Directeur Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling  
Defensie  
Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL
3. {  
Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL
- 4,5. Wnd. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KLu  
Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM
6. {  
Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM
7. Directie Militair Geneeskundige Diensten  
Gen.Maj.-arts R.G. Nypels
8. Inspecteur Geneeskundige Dienst Koninklijke Landmacht  
Brig.Gen.-arts H.W. Cremer
9. Inspecteur Geneeskundige Dienst Koninklijke Luchtmacht  
Cdre vliegerarts G.K.M. Maat
10. Inspecteur Geneeskundige Dienst Zeemacht  
CDR-arts G. Wilhelmy Damsté
11. N. Nederbragt, arts, MRC, Doorn
12. Dhr. L. de Hartog, arts, MRC, Doorn
13. Dhr. W. Scholte, MRC, Doorn
14. Kap. C.A. Savelsberg, Hoofd Bureau Wetenschappelijk  
Onderzoek DMGD
- 15,16,17. Hoofd van het Wetensch. en Techn. Doc.- en Inform.-Centrum  
voor de Krijgsmacht

## LEDEN WAARNEMINGS CONTACT COMMISSIE

18. Ir. T. Bakker
19. Kol. vliegerarts H.H.M. van den Biggelaar
20. Ir. J. Bos
21. Dr. N. van Dijkhuizen
22. LTZ SD 2 OC M.M. de Graaf
23. Ir. P.A.G.M. Huijsmans
24. LTZAR 1 K.B.J.A. Mercx
25. Drs. F.H.J.I. Rameckers
26. LKol.Ir. G. Schoonderbeek
27. Prof.Ir. C. van Schooneveld
28. Maj.Drs. H.W. de Swart

-----  
Extra exemplaren van dit rapport kunnen worden aan-  
gevraagd door tussenkomst van de HWO's of de DWOO.  
-----