

## 3.370 – Ouderen langer mobiel en gezond: de mens als sturend systeem voor stabiliteit bij fietsen

Vera E. Bulsink, Laboratory for Biomechanical Engineering, Universiteit Twente

Rosemary Dubbeldam, Roessingh Research & Development

Marc C. Beusenberg, Laboratory for Design, Production and Management, Universiteit Twente

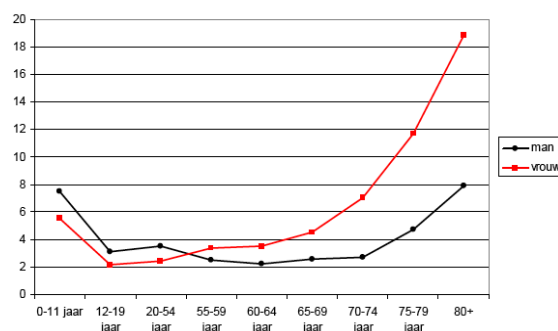
Bart H.F.J.M. Koopman, Laboratory for Biomechanical Engineering, Universiteit Twente

**Ouderen hebben een hoger letsel risico bij fietsen dan jongeren. Het is tot dusver niet exact bekend wat de achterliggende oorzaken zijn. Ons onderzoek richt zich op het vinden van relaties tussen menselijk gedrag (cognitief en fysiek) en de bewegingen tijdens het fietsen, die aanleiding kunnen geven om problemen, zoals instabiliteit, te verminderen. Workshops met ouderen geven inzicht in het fietsgedrag, subjectieve fietservaringen, kritische fietssituaties en cognitieve en fysieke problemen bij het fietsen. Met behulp van een geavanceerd multi-body computer model wordt het effect van meerdere parameters gesimuleerd in diverse fiets-scenario's.**

### Inleiding

Fietsen is een gezonde activiteit en een effectieve vorm van mobiliteit. Voor de kwaliteit van leven van ouderen is het belangrijk om zo lang mogelijk sociaal en fysiek actief te blijven [1, 2], het blijven fietsen speelt hierin een belangrijke rol. Oudere fietsers (65+) gebruiken de fiets vooral voor sociale activiteiten, zoals boodschappen doen, bezoeken afleggen en voor recreatie [3].

Fietsen brengt voor ouderen echter risico's met zich mee: zij hebben een verhoogd risico op letsel tijdens een fietsongeval in vergelijking met jongere fietsers (zie figuur 1). Oorzaken hiervoor zijn verhoogde lichamelijke kwetsbaarheid en een verhoogd valrisico [4-7].



**Figuur 1. Jaarlijks aantal eenzijdige fietsongelukken waarbij medische hulp nodig was per miljoen kilometer afgelegd op de fiets per leeftijdscategorie (2003-2007) [3].**

Er zijn verschillende kritieke situaties die aanleiding zijn voor de fietsongevallen waarbij letsel optreedt bij ouderen, b.v. tijdens op- en afstappen, paaltjes op de weg en plotselinge uitwijk manoeuvres [7-9]. Het is echter niet bekend wat de achterliggende oorzaken zijn voor het vallen van de oudere fietser in zulke situaties.

Deze studie is deel van een uitgebreid wetenschappelijk onderzoek om het probleem van de oudere fietsers te analyseren. De bevindingen kunnen leiden tot inzichten en oplossingen die de problemen die ouderen onder vinden op de fiets, zoals instabiliteit, te verminderen. In deze studie proberen we

vast te leggen welke persoonlijke-, fiets- en omgevingsfactoren een rol spelen in de subjectieve veiligheid van oudere fietsers en hoe deze het fietsen objectief beïnvloeden.

## Methode

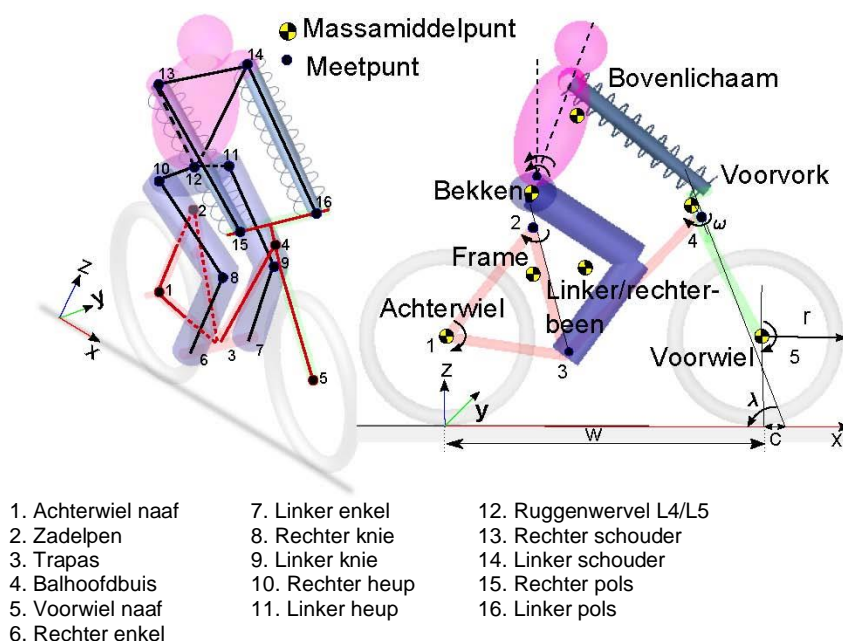
Workshops zijn gehouden met oudere fietsers met als doel inzicht te verkrijgen in de problemen die ouderen zelf ervaren tijdens het fietsen. Een geavanceerd computer simulatie model is ontwikkeld om het effect van verschillende persoonlijke-, fiets- en omgevingsparameters te testen op de stabiliteit in diverse kritieke fietsscenario's.

### Workshop & Experimenten met oudere fietsers

Tien oudere fietsers, met en zonder huidige fiets en val ervaring, hebben aan de workshops deelgenomen. Thuis hebben de deelnemers vragenlijsten ingevuld en opdrachten gemaakt, die tot doel hadden na te denken over het eigen fietsgedrag. Alle deelnemers hebben een toestemmingsverklaring afgegeven. Tijdens de workshop zijn de antwoorden op de toegestuurde vragen en opdrachten besproken. Daarna zijn individuele collages gemaakt naar aanleiding van de vraag: 'Wat ervaart u als kritische situatie en wat is de rol van de fiets, de omgeving en uzelf hierin?' De ervaren kritische situaties zijn gekwantificeerd voor 'ervaren valrisico' door subjectieve scores te geven voor gevoel van zekerheid en angst in zowel een verwachte als onverwachte situatie. Daarvoor is gebruik gemaakt van de Visual Analog Scale (VAS). De resultaten van de workshops zijn ingedeeld naar fiets-, omgevings- en persoonlijke factoren welke een rol spelen bij ervaren valrisico en de gevolgen voor fietsgedrag zijn beschreven.

### Computermodel

Een geavanceerd multi-body computer model is ontwikkeld met de software Adams. Dit model bevat de dynamica van de fiets, de biomechanica van de fietser en de complexe interacties tussen deze verschillende systemen (zoals het band-weg contact). Met dit model worden verschillen tussen jongeren en ouderen bestudeerd door o.a. rekening te houden met verschillen in reactietijden, geringer gevoel voor balans en minder vermogen om krachtig te corrigeren. Voor het eerst worden deze verschillen meegenomen bij de bestudering van de dynamica van het fietsen. Voor het bestuderen van de stabiliteit is er een stabiliteitshypothese opgesteld, welke met behulp van het model en experimenten geverifieerd kan worden [10].



Figuur 2. Weergave van het multi-body model ontwikkeld in Adams.

Figuur 2 geeft het model weer; de fietsdynamica is gemodelleerd aan de hand van vier starre lichamen (voorvork, frame, voor- en achterwiel). De vervorming van de banden is meegenomen in het band-weg contact. Er is gebruik gemaakt van de zogenaamde 'Magic Formula' ontwikkeld door Pacejka [11]. Deze formules worden gebruikt om meetdata te fitten in een model. De krachten en momenten gegenereerd in het contactpunt tussen band en weg zijn gerelateerd aan de belasting op het wiel, de slip tussen de band en de weg, de leun hoek van het wiel en de druk in de band. In de bestaande literatuur was deze data voor fietsbanden niet voldoende beschikbaar, daarom zijn metingen uitgevoerd met de 'rotating-disc test machine' bij de Motorcycle Dynamics group van de Universiteit Padova [12].

De biomechanica van de fietser is gemodelleerd, zodat de drie besturingsmechanismen die de mens gebruikt om balans te houden op de fiets mogelijk zijn: het sturen met het stuur, opzij leunen van het bovenlichaam en bij lage snelheden: het naar buiten draaien van de knie [13]. Een uitgebreide beschrijving van dit model kan gevonden worden in een artikel dat wordt ingestuurd bij het tijdschrift 'Multi-body System Dynamics' [14].

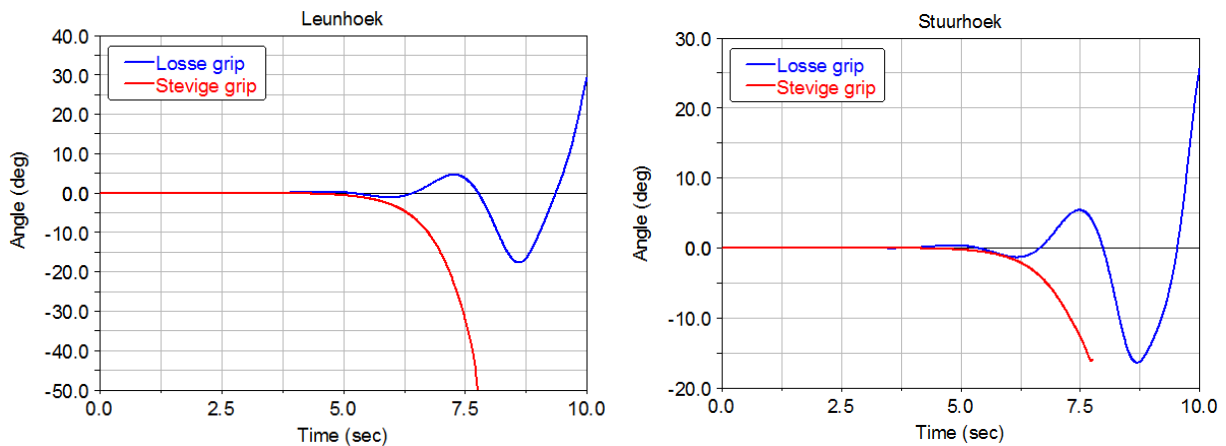
## Resultaten

### *Uitkomsten van de workshop*

De kritische situaties die de oudere fietsers beschreven komen overeen met gerapporteerde val-letsel-situaties. Er werden verschillende omgeving-, fiets- en persoonlijke factoren genoemd die hierbij een rol spelen: De omgevingsfactoren zijn, met uitzondering van 'plotseling geluid', allen gerelateerd aan de beschrijving van val-letsel gerelateerde situaties, b.v. objecten op straat en glad wegdek. Fietsfactoren die genoemd werden waren o.a. de hoogte van het zadel en de instap, de remmen en de houding op de fiets. Ook werden meerdere fysieke persoonlijke factoren genoemd: rugpijn, zwakte of pijn in de benen, moeite met omkijken, kramp in de handen en onvoldoende kracht om de fiets op te tillen. Voor de deelnemers was het minder eenvoudig om de cognitieve factoren die het fietsen beïnvloeden te beschrijven. Uiteindelijk zijn deze in de vorm van zinnen vastgelegd: b.v. 'je reageert langzamer', 'angst om stuur los te laten', 'angst voor vallen', 'verlies van oriëntatie' (vooral na schrikreactie), 'gespannen en ongemakkelijk in onoverzichtelijke situaties'. Bovenstaande factoren leiden bij de oudere fietser tot veranderingen in fietsgedrag, zoals goed opletten, op tijd afremmen en afstappen, drukke en onoverzichtelijke situaties vermijden, handen aan de rem, fiets in lichte versnelling of gebruik van elektrische ondersteuning bij wegfietsen. Tijdens kritische situaties voelt 50% van de ouderen zich zeker en 40% is bang. Als de kritische situatie onverwacht optreedt, neemt de zekerheid af tot 35% en de angst neemt toe tot 50%.

### *Computer simulaties*

De volgende simulaties geven het verschil aan tussen het losjes vasthouden van het stuur en een stevige grip op het stuur na het optreden van een verstoring. Met deze computersimulatie wordt aangegeven dat het voor de balans beter is om, tegen de intuïtie in, na een kleine verstoring het stuur losjes vast te houden. De reden hiervoor is dat als het stuur bewegingsvrijheid heeft het nog in staat is om een kleine verstoring te corrigeren (door het "sturen in de richting van de val" principe). Figuur 3 geeft de leunhoek en stuurhoek van de fiets weer voor beide gevallen. Het is te zien dat in het geval van een losse grip er kleine stuur-bewegingen op kunnen treden, die ervoor zorgen dat er ook kleine fluctuaties in de leunhoek optreden, waardoor de fiets in balans blijft. Als er echter een stevige grip aan het stuur plaatsvindt, is dit niet meer mogelijk en is te zien dat de fiets omvalt.



**Figuur 3. Simulatie met het computermodel van de fiets met een passieve berijder met een snelheid van 18 km/u. Na 3 seconden treedt er een verstoring op (een kracht van opzij tegen de fiets), de respons in de leunhoek en stuurhoek is weergegeven voor een losse en een stevige grip.**

### Conclusies/aanbevelingen

De oudere fietser is zich bewust van zijn fysieke persoonlijke factoren en van fiets- en omgevingsfactoren die het fietsen beïnvloeden. Ze zijn zich echter minder bewust van de afname van hun cognitieve eigenschappen, zoals de afname van reactietijdsnelheid en snelheid van informatie verwerking. Deze spelen echter wel een belangrijke rol bij de aanpassingen in fietsgedrag.

Eerste simulaties laten de potentie van het computermodel zien, waarin voor het eerst de verschillen tussen de cognitieve en fysieke parameters van jongere en oudere fietsers worden meegenomen. Het model zal verder ontwikkeld worden met de actieve aansturing van de mens (waarbij rekening gehouden wordt met het afgenomen gevoel voor balans van oudere fietsers en hun langere reactietijd). Als met behulp van experimentele data is aangetoond dat het model valide genoeg is, kan er een uitgebreide parameter studie gedaan worden, waarin het effect van verschillende parameters bestudeerd wordt.

De resultaten van dit onderzoek, uitgevoerd in het kader van 'SOFIE\*' zullen worden gebruikt om in samenwerking met Indes een fiets te ontwikkelen en te testen, die het voor ouderen mogelijk maakt langer, veilig the blijven fietsen.

\* SOFIE (Slimme Ondersteunende FIETs), medemogelijk gemaakt door de regeling "Pieken in de Delta".

### Referenties

1. Tacken, M., *Mobility of the elderly in time and space in the Netherlands: An analysis of the Dutch National Travel Survey*. Transportation, 1998. **25**: p. 379-393.
2. Rejeski, W.J. and S.L. Mihalko, *Physical Activity and Quality of Life in Older Adults*. Journal of Gerontology: SERIES A, 2001. **56A**(Special issue 2): p. 23-35.
3. *Mobility Dutch population per region for motive and means of transportation*. 2007, Centraal Bureau voor Statistiek.
4. *Enkelvoudige fietsongevallen bij 55 plussers*. 2010, Consument en Veiligheid.
5. *Ongevallen in relatie tot mobiliteit (55 jaar en ouder)*. juli 2011, Consument en Veiligheid.
6. *Fietsongevallen bij ouderen (55 jaar en ouder)*. maart 2011, Consument en Veiligheid.

7. van Kampen, L., *Gewonde fietsers in het ziekenhuis*. 2007, Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV.
8. Schoon, C. and A. Blokpoel, *Frequentie en oorzaak van enkelvoudige fietsongevallen*. 2000, Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV.
9. Scheiman, S., et al., *Bicycle injury events among older adults in Northern Sweden: A 10-year population based study*. *Accident Analysis & Prevention*, 2010. **42**(2): p. 758-763.
10. Cooke, A., Bulsink, V., Dubbeldam, R., *Methods to assess the stability of a bicycle/rider system, Submitted to: DSCC/MOVIC Single Track Vehicle Session: the Human Rider*. 2012: Fort Lauderdale, FL, USA.
11. Pacejka, H., *Tyre and Vehicle Dynamics*. 2006, Oxforde: Butterworth-Heinemann.
12. Berrita, R., et al. *Identification of motorcycle tire properties by means of a testing machine*. in *SEM Annual Conference & Exposition on Experimental and Applied Mechanics*. 2002. Milwaukee, WI; USA.
13. Kooijman, J., A. Schwab, and J. Moore, *Some observations on human control of a bicycle*, in *IDETC/CIE*. 2009: San Diego, California, USA.
14. Bulsink, V., C. Beusenberg, and H. Koopman, *Modeling the mechanical and human responses to instability of elderly cyclists*. submitted to *Multibody System Dynamics*, 2012.