

Zijn ondersteunende fietssystemen voor ouderen effectief en geaccepteerd?

Dr. Rosemary Dubbeldam, Ir. Chris Baten, Dr. Jaap Buurke, Prof. Dr. Med. Hans Rietman
Roessingh Research and Development, Enschede

Samenvatting

Ouderen hebben een hoog letselrisico als gevolg van een val met de fiets. Een groeiend bewustzijn van de noodzaak en mogelijkheid om fietsveiligheid en comfort te ondersteunen, heeft geleid tot nieuwe fietsontwerpen. Echter, de doeltreffendheid en acceptatie van dergelijke ontwerpen is niet onderzocht. Deze studie heeft als doel om het effect van drie ondersteunende fietssystemen te analyseren: automatische zadelhoogte-aanpassing, geoptimaliseerd frame- en wielgeometrie en een weg-rij-hulp. Deze systemen zijn geïntegreerd op de SOFIE fiets, een fiets ontworpen om ouderen tijdens op- en afstappen en lage fietssnelheden te ondersteunen.

Negen ouderen (65-80 jaar) zijn gevraagd om te fietsen op een 'normale' en 'SOFIE' fiets. De volgende fietstaken zijn geanalyseerd: fietsen op comfortabele en lage snelheid, ontwijken van obstakels en op- en afstappen. De bewegingen van fiets en fietser zijn vastgelegd en berekend met behulp van tien sensoren. Als eerste is een subjectieve analyse gedaan. Vervolgens zijn de verschillen in fiets(er)bewegingen tussen de normale en SOFIE fiets bestudeerd.

De SOFIE fiets werd als 'ondersteunend' en comfortabel ervaren en presteerde 'veiliger' dan de normale fiets: De lage instap van het SOFIE frame maakte een snellere op- en afstaptijd mogelijk en leidde tot lagere bovenlichaambewegingen. Door de verstelbare zadelhoogte konden de deelnemers met beide voeten aan de grond tot ze begonnen met trappen. De weg-rij-hulp verminderde de stuuractiviteit. Tijdens het obstakel vermijden, werden lagere bovenlichaam- en bovenbeenversnellingen geregistreerd. Kortom, de SOFIE fiets was in staat om de ouderen te ondersteunen tijdens diverse fietstaken, wat zou kunnen resulteren in verlaging van het valrisico.

Inleiding

Fietsers van 55 jaar en ouder hebben een hoog risico op letsel-na een val met de fiets [Kruijer, 2013]. Een groeiend bewustzijn van de noodzaak en de mogelijkheden om de veiligheid van oudere fietsers te ondersteunen en daarmee een mogelijke val te voorkomen, heeft geleid tot het ontwerp van verschillende fietsconcepten. Enkele van deze concepten streven naar een verbetering van evenwicht van de fiets en fietser. De zogenaamde SOFIE fiets is speciaal ontworpen om de veiligheid en het comfort van oudere fietsers te verbeteren. De effectiviteit en misschien nog belangrijker, de acceptatie van dergelijke concepten en bijbehorende bereidheid deze te gebruiken, zijn echter nog niet onderzocht.

Er zijn geen richtlijnen hoe de veiligheidsprestaties van een fiets geëvalueerd dienen te worden. Ongeval analyses hebben verschillende fietssituaties in verband gebracht met valrisico en deze vormen een goede start voor evaluatie van veiligheid bevorderende producten: Op- en afstappen, fietsen bij lage snelheden en plotseling uitwijken voor van een obstakel [Kruijer, 2013; Schepers, 2012].

Een objectieve evaluatie van de fietser en de fiets kan worden gegeven in termen van ruimte-tijd en kinematische grootheden. Uit computermodel- en simulatiestudies blijkt dat stuuruitslag, zijwaartse been en bovenlichaam bewegingen mechanismen zijn om fietsbalans te handhaven [Moore, 2011].

Naast objectieve maatstaven, is een subjectieve analyse nodig omdat producten niet worden gekocht of gebruikt wanneer het niet door de eindgebruiker geaccepteerd wordt.

Het doel van deze studie was het meten en analyseren van de prestaties van de SOFIE fiets. De prestatie werd objectief gemeten met behulp van kinematische grootheden en subjectief door middel van een algemene gebruikerservaring-acceptatie score.

Methode

Negen oudere fietsers zijn gevraagd om te fietsen op een 'normale' en de 'SOFIE' fiets. Alle deelnemers zijn geïnformeerd en hebben schriftelijk toestemming gegeven tot deelname. Deze studie is goedgekeurd door de Medisch Ethische Commissie Twente, Enschede. Volgende demografische gegevens zijn gemeten: geslacht, leeftijd, Body Mass Index, lengte, algehele gezondheidsenquête SF36. De deelnemers fietsten op een parkeerplaats om interactie met overig verkeer te voorkomen. Eerst fietsen de deelnemers op de normale fiets en vervolgens op de SOFIE fiets (figuur 1). De volgende fietstaken zijn uitgevoerd: rechtdoor fietsen bij comfortabele snelheid, zo langzaam mogelijk rechtdoor fietsen, het ontwijken van obstakels (manoeuvreren) en op- en afstappen van de fiets. Fietssnelheid werd zelf gekozen door de deelnemers.

Figuur 1. De normale fiets en de SOFIE fiets.



De 'normale' damesfiets was een TREK L300 BLX-low met 50 cm framehoogte. Deze fiets heeft een relatief lage instaphoogte van 40 cm (en 18 cm breed). De SOFIE fiets is ontworpen met behulp van aanbevelingen van computersimulatie uitgevoerd aan Universiteit Twente en experimentele fietsstudies met oudere en jonge fietsers [Dubbeldam 2014 en 2015]. De SOFIE fiets heeft een aantal ondersteunende systemen:

- *Een automatische verstelbare zadelhoogte*: het zadel kan automatisch 7 cm stijgen. Bij opstappen is het zadel in laagste positie. Wanneer de fietser zit op het zadel en druk uitoefent op pedalen, gaat het zadel naar de hoge positie. Zodende is de deelnemer in staat is om te gaan zitten op het zadel met nog beide voeten aan de vloer: een stabiele positie om te beginnen met fietsen. Op koerssnelheid is het zadel in hoge positie en is de fietser in staat om zijn benen volledig strekken tijdens het trappen (figuur 2). Het zadel daalt automatisch wanneer de remmen worden gebruikt of wanneer de fietssnelheid lager is dan 8 km/h.

- *Het fietsframe en het wielgeometrie* zijn geoptimaliseerd om de eigen stabiliteit bij lage fietssnelheid te verhogen. Eigen-stabiel betekent dat de fiets (zonder fietser) overeind blijft na een initiële duw welke de fiets accelereert naar een bepaalde snelheid [Kooijman 2011]. Bij lagere of veel hogere snelheden zal de fiets omvallen. Dus wordt verwacht dat de fietser op de SOFIE fiets minder hoeft bij te dragen aan balans bij lage snelheden fietsen. Bovendien is de instaphoogte laag (13 cm breed bij minimale hoogte van 26 cm en 18 cm breed bij 32 cm hoog), welke het been naar andere zijde van frame brengen makkelijker maakt.

- *De elektrische motor met wegrif-hulp* biedt subtiel, nauwelijks merkbaar maar effectief, vermogensassistentie vanaf het moment dat de fietser druk zet op de pedalen. De elektromotor ondersteunt de fietsers tot 18 km/h.

Figuur 2. Het opstappen op SOFIE fiets: doorstappen frame, zitten op zadel, één voet op pedaal en trappen, langzaam neemt zadelhoogte toe.



De bewegingen van de fiets en de fietser zijn opgenomen met 10 Inertial Measurement Units (Xsens, Enschede) en met 2 videocamera's (HERO2, GoPro) en berekend met de FusionTools software (Roessingh Research and Development, Enschede) [Baten, 2004]. Eén sensor is bevestigd aan het fietsframe en één aan het stuur. De overige acht sensoren zijn bevestigd aan de fietser op de linker en rechtervoet, linker en rechter onder- en bovenbeen, heiligbeen en het borstbeen (figuur 2). De video-opnamen zijn gebruikt om subjectief de stuur uitslagen en het slingeren over de weg van beide fietsen te vergelijken.

De subjectieve analyse van de verschillende fietstaken is gedaan door middel van zelf-gerapporteerde 'ervaringen' en 'gevoelens', voor elke fiets en voor elke fietstaak. Op 5-punts Likert schaal werd de deelnemers gevraagd om te scoren voor aangenaamheid, veiligheid, risico, ergernis en stabiliteit ('Ervaring'), evenals het vertrouwen, angst, stabiliteit ('Gevoelens'). Elke vraag werd gescored van -2 (negatieve) tot +2 (positieve ervaring). De totale score van de 8 individuele vragen werd berekend voor elke fietstaak als indicatie van hoe de fietser de fiets in die specifieke situatie ervoer. Daarna is een totaal score voor alle vier de fietstaken berekend voor elke fietser en fiets.

Verder is de gebruikers-acceptatie van SOFIE geëvalueerd door middel van de Van der Laan schaal [Van der Laan, 1997]. Deze vragenlijst bestaat uit 5 vragen over "Nut/buikbaarheid" en 4 vragen over "Gebruikersvriendelijkheid". Elke vraag wordt beantwoord op een 5-punts Likert schaal, die werd gewaardeerd van -2 tot +2.

De fietser en de fiets kinematische grootheden zijn tussen de normale en SOFIE fiets vergeleken. De volgende grootheden zijn bepaald: het minimum, maximum en of variabiliteit (standaarddeviatie, SD) van:

- Fiets stuur-, rol- en slingerhoek, hoeksnelheid en hoekversnelling
- Bovenlichaam rol-, draai- en hellingshoek en hoekversnelling, laterale versnelling
- Links en rechts bovenbeen draai- en hellingshoek en hoekversnelling

Hierbij is slingeren en draai een rotatie om de verticale z-as, rol is rotatie rond de as in fietsen richting, helling is rotatie om de y-as, loodrecht op de x- en z-as. Ook de tijd benodigd om de voet naar de andere kant van het frame te tillen en te plaatsen op de grond (of op het pedaal) bepaald tijdens het op- en afstappen. Een beschrijvende analyse is uitgevoerd en het gemiddelde en de standaarddeviatie gerapporteerd. Niet-parametrische afhankelijke T-test (Wilcoxon signed rank test) is gebruikt om de verschillen tussen beide fietsen te bestuderen.

Resultaten en discussie

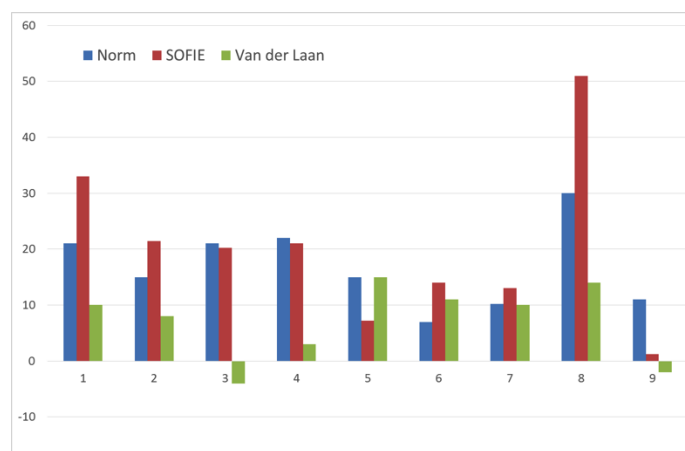
Aan deze studie hebben 5 mannen en 4 vrouwen met een gemiddelde leeftijd van 72 jaar deelgenomen. De jongste deelnemer was 68 jaar oud en de oudste deelnemer was 79 jaar oud. Ze waren allemaal in goede lichamelijke en geestelijke gezondheid (tabel 1).

Tabel 1. Demografische eigenschappen. Groepsgemiddelde en standard deviatie (SD)

	Oudere fietsers (N=9)
Geslacht	5 m / 4 v
Leeftijd	72 (5) jaar
Lengte	174 (7) cm
BMI	25 (2) kg/m ²
SF-36	PCS 53 (4) , MCS 54 (7)

De subjectief score voor alle fietstaken samen was niet significant verschillend tussen beide fietsen. Echter, 7 deelnemers rapporteerden een gelijke of positievere ervaring en gevoel voor de SOFIE fiets (figuur 3). De gebruikers-acceptatie van de SOFIE fiets was goed met een gemiddelde Van der Laan score van 7,2 (SD 6.8, en statistisch significant verschillend van nul (p 0,013)). Bij een negatieve score antwoorden de deelnemers: "De fiets heeft potentie en kan van voordeel zijn voor andere oudere fietsers, maar ikzelf heb de fiets (nog) niet nodig, ik heb geen moeite met op- of afstappen".

Figuur 3. Totale subjectieve score (maximum positieve ervaring 64 punten) en Van der Laan schaal voor SOFIE -acceptatie (maximum negatieve acceptatie -18, neutraal 0, maximum positieve acceptatie +18 punten) voor elke deelnemer (9) en fiets.



Tijdens *op-en afstappen* was de tijd op één been (voet naar de andere zijde van het frame brengen) lager voor de SOFIE fiets vergeleken met de normale fiets: voor afstappen gemiddeld 2,0 (SD 0,5) seconden t.o.v. 2,9 (SD 0,7) seconden respectievelijk. Dus de tijd in een onevenwichtige houding is kleiner, en het risico van een eventuele val hierdoor ook.

De deelnemers vertoonden een lagere maximale stuurhoek dan op de normale fiets. Bovendien waren de maximale hoekversnelling voor het bovenlichaam en bovenbeen lager op de SOFIE fiets. Dus minder spierkracht zou nodig zijn om in balans te blijven. Veel oudere mensen hebben spierzwakte, problemen met staan op één been en hebben stijve knieën en heupen. Op een gegeven moment kunnen zij een lage instap nodig hebben om behoud van balans tijdens op- en afstappen te ondersteunen. Op de videobeelden werden bovenstaande resultaten bevestigd: minder been en sturbeweging met minder slingeren op de SOFIE fiets t.o.v. de normale fiets tijdens op- en afstappen.

Tijdens *rechtdoor fietsen* op comfortabele en langzame fietssnelheden had de SOFIE fiets een significant hogere variabiliteit (in termen van SD) vergeleken met. de normale fiets voor de fiets en fietser bewegingen. Daarentegen was de maximale stuurhoek significant lager. Tijdens langzame fietssnelheid t.o.v. comfortabele fietssnelheid, nam de variatie van stuurhoek gemiddeld van 3,3 graden tot 6,8 graden toe voor de normale fiets en tot wel 8,6 graden voor SOFIE fiets. Echter, de bovenbeen bewegingen namen niet toe voor langzame fietssnelheden voor beide fietsen. Volgens de strategieën die fietsers hanteren bij evenwicht handhaven [Schwab, 2012], zou dit suggereren dat de fietser meer in evenwicht is op de SOFIE fiets, of dat ze effectievere methoden zoals sturen gebruiken om het evenwicht te behouden.

Tijdens de *manoeuvre* hadden de deelnemers op de SOFIE fiets significant minder draai beweging van het bovenbeen en lagere maximaal waardes voor de versnellingen van het bovenlichaam en bovenbeen t.o.v. normale fiets. Op de videobeelden was te zien dat een deelnemer op de SOFIE fiets minder stuurt in de richting van de val [Kooijman, 2011], minder ruimte op de weg nodig heeft en sneller het obstakel kan ontwijken, t.o.v. deelnemer op de normale fiets. Ook was het mogelijk op de SOFIE fiets om een plotselinge manoeuvre te maken om het obstakel bij een snelheid tot 25 km/h, terwijl op de normale fiets slechts bij een maximale snelheid van 20 km/h met succes het obstakel vermeden kon worden. Veel deelnemers benoemden hoe snel de fiets van richting kon wisselen, zonder veel ruimte op de weg nodig te hebben of het gevoel instabiel te worden.

Conclusies en aanbevelingen

Een aantal eenvoudige aanpassingen van en 'add-ons' op een standaard fiets kan het fietsen veiliger en comfortabeler maken voor oudere fietsers. De geometrie van de SOFIE fiets maakt sneller op- en afstappen mogelijk en resulteerde in reductie van been en bovenlichaam hoekversnellingen tijdens diverse fietstaken. Het automatische in hoogte verstelbare zadel leidde tot een veiligere op- en afstap strategie. De weg-rij hulp van de elektromotor en de fietsgeometrie resulteerden in lagere maximum stuurhoeken en minder slingeren over de weg. In het algemeen ervoeren de oudere deelnemers de SOFIE fiets positief en de gebruikers acceptatie was goed.

In de toekomst moeten ook de toegevoegde waarde van andere fiets-ondersteunende systemen gericht op gedrag, zoals navigatie of waarschuwingssystemen, worden getest. Bovendien moeten real-life tests worden uitgevoerd om de systemen in het dagelijks leven te evalueren.

Referenties

- Baten, C.T.M., Klein Horsman, M.D., de Vries, W.H.K., Magermans, D.J., Koopman, H.F.J.M., van der Helm, F.C.T., Veltink, P.H., 2004. "Estimation of body segment kinematics from inertial sensor kinematics". *Proceedings of the International Society of Biomechanics (ISB), 3D Analysis of Human Movement*, Tampa, Florida, USA
- Dubbeldam, R., Gengler, D., Baten, C.T.M., Buurke, J.H., Rietman, J.S., 2014. "3D bicycle kinematics of elderly cyclists". *Proceedings of the 13th International Symposium on 3D Analysis of Human Movement*, 14-17 July 2014, Lausanne, pp. 112-115
- Dubbeldam, R., Baten, C.T.M., Straathof, P., Buurke, J.H., Rietman, J.S., 2015. "The different ways to get on and off a bicycle for young and old". *Safety Science Special Issue on Cycling Safety*, in press doi:10.1016/j.ssci.2016.01.010
- Kooijman, J.D.G., Meijaard, J.P., Papadopoulos, J.M., Ruina, A., Schwab, A.L., 2011. "A bicycle can be self-stable without gyroscopic or caster effects". *Science Magazine* Vol. 332 No. 6027, pp. 339-342
- Kruijer, H., den Hartog, P., Klein-Wolt, K., Panneman, M., Sprik, E., 2013. "Fietsongevallen in Nederland" (Bicycle accidents in The Netherlands). *VeiligheidNL*, Postbus 75169, 1070 AD Amsterdam, The Netherlands
- Moore, J.K., Kooijman, J.D.G., Schwab, A.L., Hubbard, M., 2011. "Rider motion identification during normal bicycling by means of principle component analysis". *Multibody System Dynamics* 25, pp. 225-244
- Schepers, P. and Klein-Wolt, K., 2012. "Single-bicycle crash types and characteristics". *Cycling Research International* 2 , pp. 119-135, ISSN 2200-5366
- Schepers, P., 2008. "De rol van infrastructuur bij enkelvoudige fietsongevallen. Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart, Afdeling Veiligheid, Ministerie I&M, December 2008
- Schwab, A.L., Meijaard, J.P., Kooijman, J.D.G., 2012. "Lateral dynamics of a bicycle with a passive rider model: stability and controllability," *Vehicle System Dynamics* 50, pp. 1209-122
- Twisk, D., Vlakveld, W., Dijkstra, A., Reurings, M., Wijnen, W., 2013. "From bicycle crashes to measures - Brief overview of what we know and do not know (yet)". SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands
- Van der Laan, J.D., Heino, A., & De Waard, D., 1997. "A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics". *Transportation Research - Part C: Emerging Technologies*, 5, 1-10