

# VU Research Portal

## Is stability an unstable concept?

Bruijn, S.M.

2010

### **document version**

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

### **citation for published version (APA)**

Bruijn, S. M. (2010). *Is stability an unstable concept? Quantifying dynamic stability of human locomotion*. [PhD-Thesis - Research and graduation internal, Vrije Universiteit Amsterdam].

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

### **E-mail address:**

[vuresearchportal.ub@vu.nl](mailto:vuresearchportal.ub@vu.nl)

## Hoofdstuk 8: Samenvatting



## Hoofdstuk 8

Vallen, en de medische kosten alsook de nadelige sociale effecten die ermee gepaard gaan zijn een groeiend probleem in onze vergrijzende samenleving. Het is bekend dat een groot gedeelte van deze vallen gebeurt tijdens lopen. Om beter in staat te zijn vallen te voorkomen, is het nodig de mensen die onstabiel lopen, en dus een grote valkans hebben, op tijd te identificeren.

Alhoewel stabiliteit goed gedefinieerd is in bijvoorbeeld de mechanica, is er geen consensus over hoe stabiliteit van menselijk lopen gemeten zou moeten worden. Op dit moment zijn er diverse maten te vinden in de literatuur, die allemaal claimen stabiliteit te meten. In **hoofdstuk één** werd een overzicht gegeven van de verschillende maten die momenteel gebruikt worden om stabiliteit van lopen vast te stellen. Het bleek dat elk van deze maten zijn eigen voor en nadelen kent, en dat de relatie tussen deze maten en de kans op vallen nog grotendeels onbekend is.

In **hoofdstuk twee** werden de statistische precisie en sensitiviteit van twee maten (maximum Lyapunov exponents and Floquet multipliers) van dynamische loopstabiliteit bestudeerd. Deze maten hebben als voordeel dat ze berekend kunnen worden op basis van onverstoord lopen, en dus mogelijk goed toepasbaar zijn in klinische situaties. De conclusie van dit hoofdstuk luidde dat er een aanzienlijke hoeveelheid data (~150 schredes) gemeten dient te worden om precieze schatters voor beide maten te verkrijgen. Belangrijker nog was de bevinding dat het erg belangrijk is om altijd een zelfde hoeveelheid data (aantal schredes) te analyseren voor verschillende condities.

In **hoofdstuk drie** werd dit laatste inzicht vervolgens gebruikt om de relatie tussen loopsnelheid en stabiliteit opnieuw te bestuderen. Anders dan in eerder gepubliceerde studies, werd gevonden dat sneller lopen waarschijnlijk stabiel is. Naar alle waarschijnlijkheid komt deze discrepantie voort uit het feit dat eerder gepubliceerde studies een vaste tijd analyseerden per snelheid (en dus op hoge snelheden meer schredes), terwijl in deze studie een vast aantal schredes geanalyseerd werd.

In **hoofdstuk vier** werd verder gekeken naar de haalbaarheid van het klinisch toepassen van deze maten, en bleek dat de stabiliteitsmaten die verkregen kunnen worden van onverstoord lopen ook gemeten kunnen worden met een ander soort, lichtgewicht en draadloos sensor. Deze

## Samenvatting

bevinding maakt dat het gebruik van deze maten weer een stap dichterbij de kliniek komt te staan.

Toch bleef er aan het einde van de eerste vier hoofdstukken de vraag in hoeverre de maten die gemeten kunnen worden van onverstoord lopen ook echt een goed beeld geven van iemands stabiliteit, zoals die een rol gaat spelen wanneer echte verstoringen van het lopen optreden. Daarom waren **hoofdstukken vijf en zes** gericht op een manipulatie die stabiliteit zou doen afnemen, en op een methode om stabiliteit te kwantificeren aan de hand van reacties op verstoringen van het looppatroon.

In **hoofdstuk vijf** werd aangetoond dat armzwaai tijdens lopen een belangrijke rol speelt in het beperken van het angulair momentum om de verticale as dat door de beenzwaai ontstaat. Deze bevinding suggereert dat armzwaai een belangrijke rol zou kunnen spelen in de stabiliteit van lopen. Dit idee werd getest in **hoofdstuk zes**. Met behulp van verstoringen van het looppatroon en een nieuw ontwikkelde maat, werd aangetoond dat lopen met normale armzwaai initieel minder stabiel is, maar wel meer adequate herstelreacties toelaat.

Naast de verstoringsmaten werden in deze studie ook maximum finite time Lyapunov exponents, die berekend worden van onverstoord lopen, gebruikt om stabiliteit vast te stellen. Dus, de data van deze studie maakte het mogelijk een eerste (indirecte) vergelijking te maken tussen maximum finite time Lyapunov exponents, en maten verkregen van echt verstoord lopen. Hieruit bleek dat de short term maximum finite time Lyapunov exponent de zelfde effecten van het ontbreken van armzwaai aantoonde als de mechanische parameters die de initiële reactie op de verstoring kwantificeren, maar niet als de maten die de herstelreacties na de verstoring kwantificeren. Dit suggereert dat de short term maximum finite time Lyapunov exponent inderdaad informatie bevat over de stabiliteit van het looppatroon, maar niet over de adequaatheid van reacties die nodig zijn als het lopen een maal uit dit patroon gebracht is.

In de epiloog (**hoofdstuk 7**) werden al deze bevindingen naast elkaar gelegd, en werd geconcludeerd dat alhoewel er bewijs lijkt te zijn dat maximum finite time Lyapunov exponent inderdaad iets zeggen over stabiliteit, daar meer onderzoek naar nodig is. De eerste twee van zulke onderzoeken zijn al gedaan, maar de resultaten zijn nog niet gepubliceerd, maar worden in dit hoofdstuk gepresenteerd. In de eerste studie is een

## Hoofdstuk 8

simulatiemodel van menselijk lopen gebruikt om te kijken hoe goed maten die van onverstoord lopen gemeten kunnen worden correleren met de actuele kans op vallen in het model. Het bleek dat alleen de short term maximum finite time Lyapunov exponent correleerde met de actuele kans op vallen van het model.

In het tweede onderzoek werden mensen instabiel gemaakt door middel van galvanische vestibulaire stimulatie, dat het evenwichtsorgaan in de war brengt. In overeenstemming met de eerdere simulatiestudie werd er gevonden dat de instabiliteit die zo geïnduceerd werd goed gedetecteerd kon worden met de short term maximum finite time Lyapunov exponent, maar niet met de de long term maximum finite time Lyapunov exponent of maximum Floquet multipliers.

Deze bevindingen suggereren dat de short term maximum finite time Lyapunov exponent een goede maat kan zijn om te gebruiken in toekomstig onderzoek naar valrisicos in verschillende populaties