

VU Research Portal

Neuronal oscillations as a critical phenomenon and its implications for information processing

Hardstone, R.E.

2016

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

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

citation for published version (APA)

Hardstone, R. E. (2016). *Neuronal oscillations as a critical phenomenon and its implications for information processing*.

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

Samenvatting

Informatieverwerking in de hersenen vindt plaats op verschillende niveaus, van het integreren van informatie door individuele neuronen, tot communicatie tussen neuronen en hersengebieden op verschillende spatiële en temporele schalen. Neuronale oscillaties en, meer recentelijk, cascades van neuronale activiteit ('lawines') worden verondersteld een belangrijke rol te spelen in deze communicatie. Interessant is dat zowel oscillaties als neuronale lawines schaalvrije dynamiek vertonen; een kenmerk van kritisch gedrag. Empirisch onderzoek heeft aangetoond dat schaalvrije modulatie van oscillaties variatie in menselijk gedrag kan voorspellen en afwijkt bij epilepsie, schizofrenie en de ziekte van Alzheimer. Theoretisch onderzoek heeft kritisch gedrag in de vorm van neuronale lawines in verband gebracht met wenselijke kenmerken van informatieverwerking zoals reactiviteit, aanpassingsvermogen, robuustheid ten opzichte van de input en de activatie van neuronale representaties in de vorm van meta-stabiele activiteitspatronen. Dit heeft geleid tot de vraag of er een relatie is tussen deze verschillende vormen van kritisch gedrag (*critical-state dynamics*), en wat de functie is van kritische oscillaties.

Het belangrijkste doel van dit proefschrift was om inzicht te krijgen in het mechanisme en de functionaliteit van schaalvrije amplitudemodulatie van oscillaties. Om dit te bereiken heb ik een neuronaal netwerkmodel ontwikkeld waarin schaalvrije oscillaties voortkwamen uit het mechanisme van gebalanceerde exciterende en inhiberende verbindingen. Ik constateerde dat netwerken die in deze gebalanceerde toestand verkeerden ook schaalvrije spreiding van activiteit vertoonden in de vorm van neuronale lawines. Door het samenbrengen van de voorheen gescheiden onderzoeks gebieden van neuronale lawines en oscillaties in een nieuw soort netwerkdynamica, 'multi-level criticality', kwam de mogelijkheid naar voren dat modulaties in oscillaties gebruikt kunnen worden als maatstaf van kritisch neuronale dynamiek en de balans tussen excitatie en inhibitie van een netwerk. Daarnaast maakte het mogelijk om de implicaties van kritische oscillaties voor de informatieverwerking in neuronale netwerken te onderzoeken.

Om inzicht te krijgen in de invloed van kritische oscillaties op de werking van neuronale netwerken heb ik netwerken gestimuleerd die sub-, kritisch en superkritische dynamiek vertoonden. Ik constateerde dat toestandsafhankelijke informatieverwerkingscapaciteiten die voorheen in verband werden gebracht met neuronale oscillaties alléén dicht bij de kritische toestand voorkwamen. In andere woorden, om de reactiviteit van een netwerk op een willekeurig moment te kunnen begrijpen, is inzicht vereist in de dynamische toestand over langere tijdsperiodes, die gerelateerd kan worden aan hoe dicht bij de kritische toestand de oscillatiedynamiek zich bevindt. Dit resultaat heeft verstrekkende implicaties voor het inzicht in gedragsvariatie en functieverlies in gezonde en zieke neuronale netwerken.

Biomarkers van de toestand van neuronale netwerken zijn essentieel voor de opsporing en behandeling van ziektes. Onevenwichtigheden in de excitatie/inhibitieratio (E/I) op cellulair en netwerkniveau zijn naar boven gekomen als een potentiële biomarker voor verschillende stoornissen, waaronder autisme en schizofrenie. Echter, het is nog altijd moeilijk om E/I te definiëren op neuronaal netwerkniveau, en om het door non-invasieve metingen in mensen in te schatten. Met gebruik van het raamwerk van kritische toestandsdynamiek en het model van kritische oscillaties dat ik heb ontwikkeld, heb ik onderzocht of het mogelijk is om de E/I ratio te schatten aan de hand van neuronale netwerkoscillaties. Dit heeft geleid tot een nieuwe biomarker, $\widehat{E/I}$, die zou kunnen worden toegepast op magneto- en elektro-encefalografie (MEG/EEG) opnames. Het toepassen van deze nieuwe biomarker bij proefpersonen die zwakke prikkels moesten detecteren, bracht aan het licht dat $\widehat{E/I}$ tijdens de taak verschilt per proefpersoon, en dat deze verschillen de reactie van het neuronale netwerk op de prikkel konden verklaren. Deze biomarker heeft een groot potentieel voor het detecteren van onevenwichtigheden in E/I , wat bruikbaar zou kunnen zijn bij het detecteren van door ziekte aangetaste netwerken en hun reactie op behandeling.

Al met al laat ik in dit proefschrift zien dat schaalvrije neuronale oscillaties kunnen worden begrepen middels het *criticality* raamwerk, en dat met de ontwikkeling van een neuronaal netwerk dat ze modelleert het nu mogelijk is om de effecten van dit gedrag op de

informatieverwerkingscapaciteiten van neuronale netwerken te begrijpen. Dit kan bijdragen aan een groter inzicht in hoe en waarom de dynamiek van neuronale oscillaties verschilt in zowel gezondheid en ziekte.