

# Quantitative EEG and machine learning methods for the detection of epileptic seizures and cerebral asymmetry

## Citation for published version (APA):

Bogaarts, J. G. (2017). *Quantitative EEG and machine learning methods for the detection of epileptic seizures and cerebral asymmetry*. Maastricht University. <https://doi.org/10.26481/dis.20170223jgb>

## Document status and date:

Published: 01/01/2017

## DOI:

[10.26481/dis.20170223jgb](https://doi.org/10.26481/dis.20170223jgb)

## Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

## Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

## 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.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.umlib.nl/taverne-license](http://www.umlib.nl/taverne-license)

## Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[repository@maastrichtuniversity.nl](mailto:repository@maastrichtuniversity.nl)

providing details and we will investigate your claim.

## Summary

## Summary

### **Summary**

Brain damage results in many types of brain dysfunction ranging from impairment of specific functions, complete loss of consciousness, to the occurrence of epileptic seizures. Although continuous EEG (cEEG) allows for real-time monitoring of brain functioning, it is very labour intensive and often retrospective. Development of automated EEG analysis methods is therefore much warranted. Especially automated detection of seizures in the EEG could be a valuable tool to assist the human expert.

In this thesis we used signal analysis and machine learning techniques to improve automated seizure detection algorithms. Based on a large database containing annotated EEG epochs from many patients, these Algorithms 'learn' to detect epochs containing seizure activity. In the second chapter, the seizure detection learning task is simplified by introducing a feature baseline correction (FBC) method that reduces inter-patient variability. This resulted in a significant improvement in seizure detection performance in a cohort of neonatal EEG recordings.

Furthermore, we demonstrate in chapter 3 that FBC allowed for the successful merge of neonatal and adult seizure detection. Before, adult- and neonatal- seizure detection were considered as two distinct entities which was proved here to be only partly true. Adult seizure detection could be successfully performed with either a classifier trained on adult or neonatal EEG data. However, neonatal seizure detection performance of a classifier trained on adult EEG data was significantly worse compared to the performance of one trained on neonatal EEG data.

So far, FBC was constant over time and seizure detection with FBC was only evaluated using relatively short (~20 minutes) EEG recordings for which it can be assumed that the baseline EEG characteristics remain

constant. This is however not the case in long-term EEG recordings that can last up to several days. Therefore, we further improved seizure detection performance on long-term recordings by developing a novelty detection based method that automatically adapts FBC to changes in the EEG characteristics. Although the general effect was positive, in case of periodic epileptiform discharges, that often wax and wane but also turn into seizures, the automatic baseline update could result in a large reduction of false alarms but at the cost of not detecting the seizures as well.

Analysis of seizure detection performance in long-term EEG recordings of comatose patients revealed that the mayor source of false alarms was caused by the before mentioned periodic epileptiform discharges. To enable the detection algorithm to learn from past experience, we simulated a setting where EEG data of both good and false detections was used online to update the classifier. Also this resulted in improved seizure detection performance in general. However, in cases when periodic discharges and seizures were too similar, the end effect was either detecting all periodic discharges and seizures or nothing at all.

The topic of the last chapter is the Wada test, another field where epilepsy and quantitative EEG are combined. The Wada test is commonly used to evaluate language and memory lateralisation in epilepsy surgery candidates. EEG can be used to assist in determining the duration of hemispheric deactivation after Amobarbital injection. We develop a quantitative EEG measure that optimally matches the duration of hemispheric deactivation as indicated by a clinical neurophysiologist. This resulted in the combination of a measure of spatial asymmetry in the frontal cerebral regions with a measure of temporal changes in the activity in the central regions.



## Samenvatting

## Samenvatting

### **Samenvatting**

Schade aan het brein kan resulteren in verschillende soorten van dysfunctioneren zoals een verslechtering van cognitieve functies, het verliezen van bewustzijn en het hebben van epileptische aanvallen. Ondanks dat continue EEG registratie het mogelijk maakt om het functioneren van het brein in real-time te monitoren, is het nog steeds erg arbeids intensief en vaak retrospectief. Het ontwikkelen van automatische EEG analyse methoden is daarom gegrond. Met name het automatisch detecteren van epileptische aanvallen zou een waardevol hulpmiddel zijn om een EEG expert te ondersteunen.

In dit proefschrift hebben we gebruik gemaakt van signaal analyse en machine learning technieken om algoritme voor automatisch detectie van epileptische aanvallen te verbeteren. Gebruikmakend van een database met geannoteerde EEGs van verschillende patienten, leert een algoritme hoe aanvals van niet-aanvals epochen onderscheiden kunnen worden. In het tweede hoofdstuk introduceren we een 'feature baseline' correctie (FBC) methode die de leeropdracht voor het algoritme vereenvoudigd door een deel van de verschillen tussen patienten te elimineren. Dit resulteerde in een verbetering van aanvals detectie accuraatheid bij neonatale EEG registraties.

Vervolgens laten we in hoofdstuk 3 zien dat FBC het ook mogelijk maakt om aanvals detectie bij neonaten en volwassenen te combineren. Voorheen werden aanvals detectie bij neonaten en volwassenen gezien als twee aparte entiteiten wat maar gedeeltelijk zo blijkt te zijn. Aanvals detectie bij volwassenen kan succesvol gedaan worden met een algoritme dat getraind is op EEG van neonaten danwel volwassenen. Echter, voor aanvals detectie bij neonaten bleek dat een algoritme getraind met EEG van volwassenen significant slechter presteerde dan een algoritme getraind met neonataal EEG.

Tot nu was FBC statisch en aanvals detectie met FBC slechts geevalueerd met relatief korte (~20 minuten) EEG registraties waarvan kan worden aangenomen dat de EEG karakteristieken min of meer constant blijven. Dit is echter niet het geval bij EEG registraties die tot enkele dagen lang zijn. Daarom hebben we het aanvals detectie algoritme verbeterd door een methode, gebaseerd op 'novelty detectie', te introduceren. Met deze methode wordt het algoritme automatisch aanpast aan veranderingen in EEG eigenschappen. In het algemeen resulteerde dit in een reductie van valse alarmen. Echter, in het geval van periodieke ontladingen, die vaak fluctuerend in hevigheid voorkomen maar ook vaak uitgroeien tot een aanval, resulteerde het automatisch aanpassen van FBC erin dat er überhaupt niets meer gedetecteerd werd.

Het analyseren van het functioneren van de aanvals detectie bij langdurige EEG registraties bij comateuze patienten maakte duidelijk dat de periodieke ontladingen de grootste bron van valse alarmen waren. Om het mogelijk te maken dat een algoritme leert van de in het verleden opgedane ervaring hebben we een situatie gesimuleerd waarbij zowel goede als valse detecties gebruikt werden om het algoritme te updaten. Dit resulteerde ook in verbeterde prestaties, echter, net als bij de automatische FBC, resulteerde dit vaak juist in slechtere prestaties bij EEGs met zowel periodieke ontladingen en aanvallen. Concreet werden dan ofwel alle aanvallen en periodieke ontladingen gedetecteerd of helemaal niets.

Het onderwerp van het laatste hoofdstuk is de Wada test, een ander toepassing van EEG op het gebied van epilepsie. De wada test wordt gebruikt om bij epilepsie patienten die in aanmerking komen voor een operatie, te evalueren aan welke kant van het brein spraak en geheugen zijn gelokaliseerd. EEG kan worden gebruikt om te assisteren bij het bepalen van de duur van hemispherische deactivatie na het injecteren van Amobarbital. We hebben een kwantitatieve EEG maat ontwikkeld



## Samenvatting

die de duur van deactivatie, zoals aangegeven door een klinisch neurphysioloog, zo goed mogelijk reproduceert. Deze maat combineert spatiele asymmetry in de frontale regionen met temporele veranderingen in de centrale brein regionen.