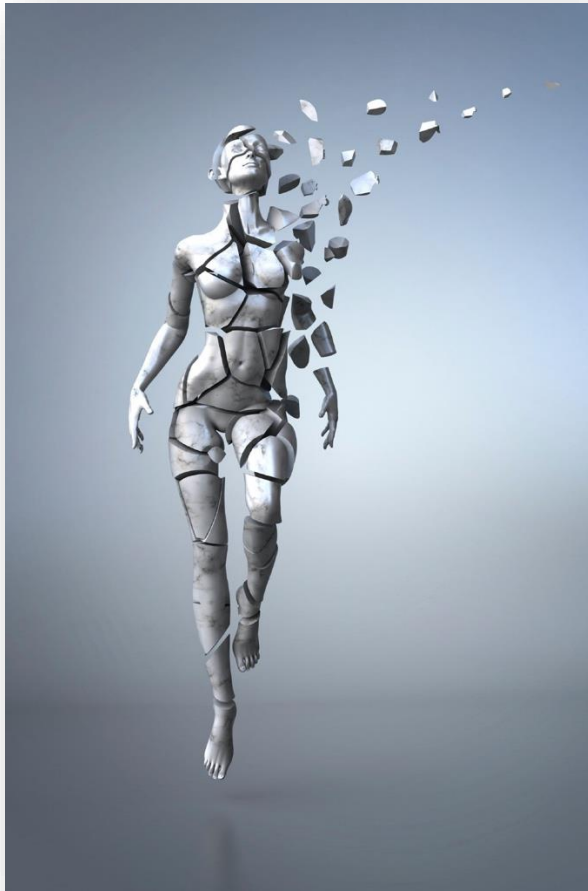




Jurjen Bosga & Anne E. Bosga



Motor Control

Flexibiliteit van het neuromotorisch systeem

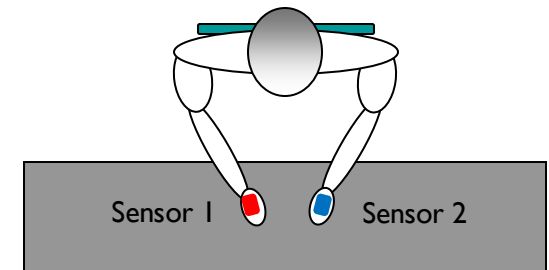
Thema: Monitoren Parkinsonian tremor

Tremor types en frekwentie bereik

Feedback	Ondergrens (Hz)	Bovengrens (Hz)	Feedback	Ondergrens (Hz)	Bovengrens (Hz)
Visuomotor	4	7	Suprasegmental stretch response	10	29
Posture	20	20	Deafferented Thalamus	3	7
			Olivocerebellar Oscillations	7	10
Hippocampal spatial memory	7	12	Pathological CNS Oscillations	16	16
Physiological tremor	10	10	Parkinson	4	9
Enhanced physiological tremor	5	12	Cerebellar tremor	3	6
Stress			Primary orthostatic tremor	16	16
Hypertheroidisme			Central oscillation	20	20
Ageing			Respiratory system	60	120
Fatigue			Eye movement tremor	8	12
Individual motor units	8	10	Monosynaptic	8	14
H-WAVE	29	36			
Synchronized motor units	8	12	Thalamo-cortical mechanism	4	6
Long latency reflex	7	7	Cerebellar dysfunction.	6	8
Segmental stretch response	50	50			

Parkinson tremor

- **Deelnemer:**
 - 56-jarige vrouw
- **Medicatie:**
 - Sinemet 125 mg (levodopa met carbidopa).
- **Opvallende observatie:**
 - Tremor **linker** hand > **rechter** hand.
- **Taak:**
 - Rechtop zittend op een stoel met haar handen rustend op een tafel voor haar.
- **Sensor locaties:**
 - Op de rug van haar rechter- (sensor 1) en linkerhand (sensor 2).
- **Opname datums:**
 - 10-24-2013 (baseline sensorruis);
 - 10-24-2013 (premedicatie);
 - 03-24-2014 (met medicatie)



Registratiesysteem en analyse

Opnamesysteem: Xsens

6-assige draadloze bewegingssensoren

Sampling rate = 100 Hz

Analyse: SoapSynergy

- *Translaties en Rotaties:*

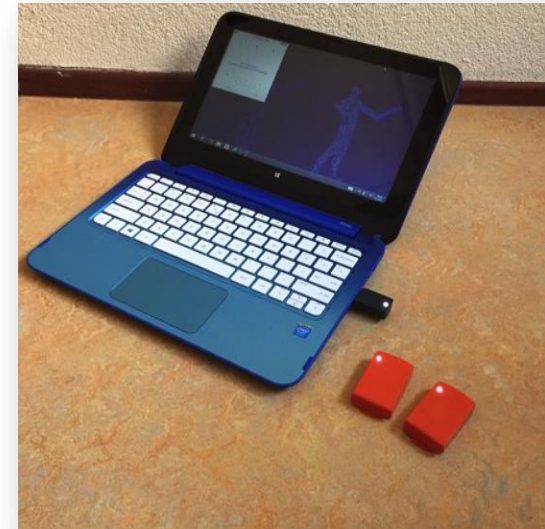
- Bewegingsuitslag (P2P);

- *Coördinatie:*

- Correlaties (r); ✓
- Relatieve fase (ϕ);
- SD relatieve fase ($SD\phi$).

- *Variabiliteit:*

- Signaal-ruisverhouding (SNR);
- Sample entropie (SEn); ✓
- Spectrale dichtheid (PSD);
- Spectrale helling (β); ✓



Raw angular velocity (deg/s)

Recording

Raw angular velocity data (deg/s)

Preprocessing

Third-order low-pass (20 Hz) and high-pass (0.5 Hz) Butterworth filter

Detrend raw angular velocity data

Power spectral analysis (pwelch method)

Variable

Sample entropy (SEn) and Spectral slope (β) of the pro-supination velocity of the right and left lower arms

Preprocessing

Integrated to rotation data (deg)

Third-order low-pass (20 Hz) and high-pass (0.5 Hz) Butterworth filter

Detrend angular rotation data

Normalization rotation data between -1 and +1

Variable

Pearson correlations (r) between the pro-supination rotations of the right and left lower arms

Preprocessing

Detrended angular rotation data

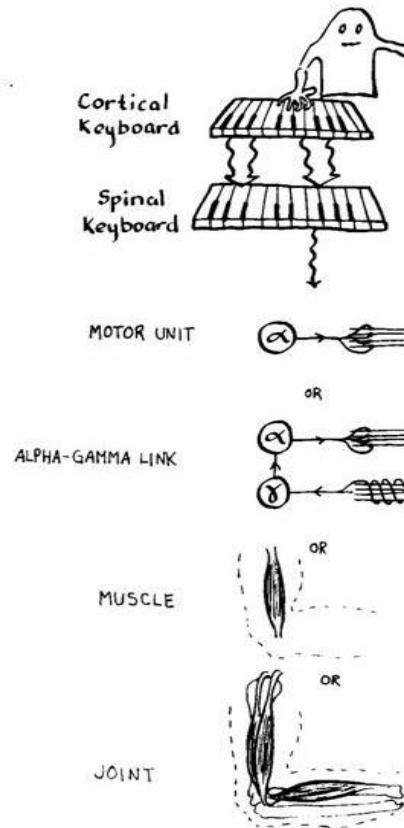
Third-order low-pass (5 Hz) and high-pass (0.5 Hz) Butterworth filter

Variable

Excursions (deg) of the pro-supination rotations of the right and left lower arms



Entropie (flexibiliteit)



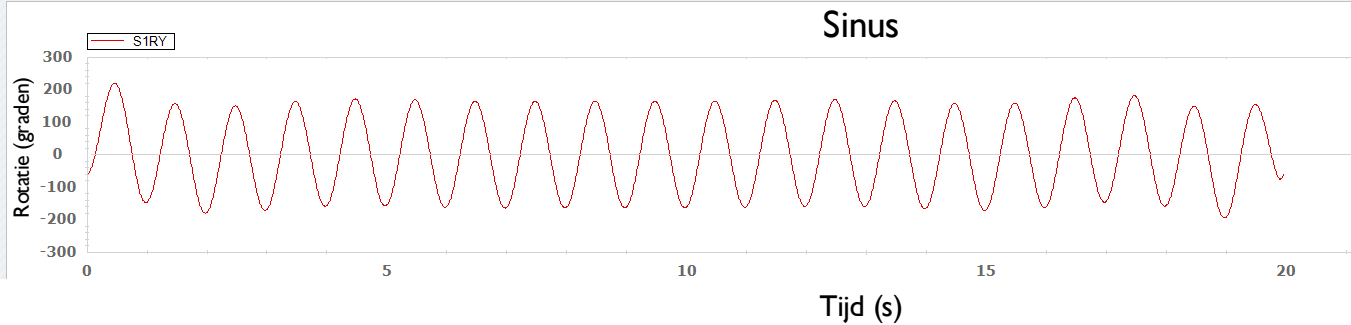
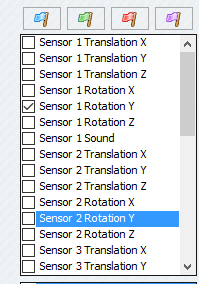
Claude Shannon (1948): Shannon definieert entropie in termen van gebeurtenissen. Hoe meer mogelijke uitkomsten (meer oplossingen), hoe hoger de entropiewaarde van het systeem is. Hoe minder mogelijke uitkomsten (minder oplossingen), hoe lager de entropiewaarde van het systeem is.

Een relatief **lage** of **hoge** entropiewaarde betekent dat:

- het neuromotorisch systeem **weinig** of **veel** oplossingen tot zijn beschikking heeft om een actie succesvol uit te voeren
- dus geeft aan hoe relatief **voorspelbare** of **onvoorspelbare** bewegingen worden uitgevoerd.

Sample entropie (SEn)

SoapSynergy - Review recorded data - SoapSynergy - Test - matlab_signal_white_noises.raw.txt



Waarde SEn = 0,16

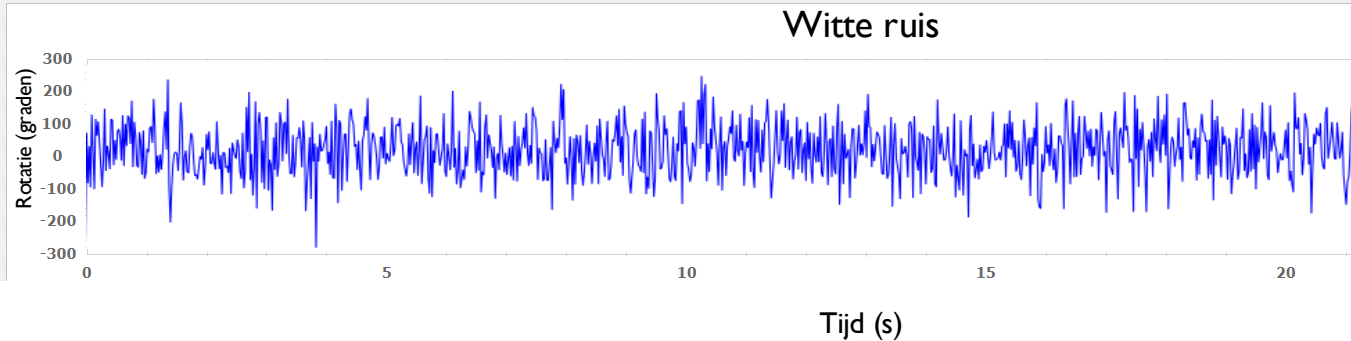
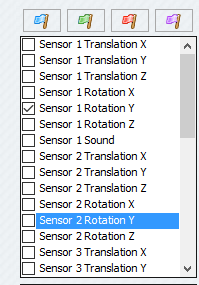
Gedragsskenmerken:

Regelmatig

Rigide

Voorspelbaar

SoapSynergy - Review recorded data - SoapSynergy - Test - matlab_signal_white_noises.raw.txt



Waarde SEn = 2,15

Gedragsskenmerken:

Onregelmatig

Veranderlijk

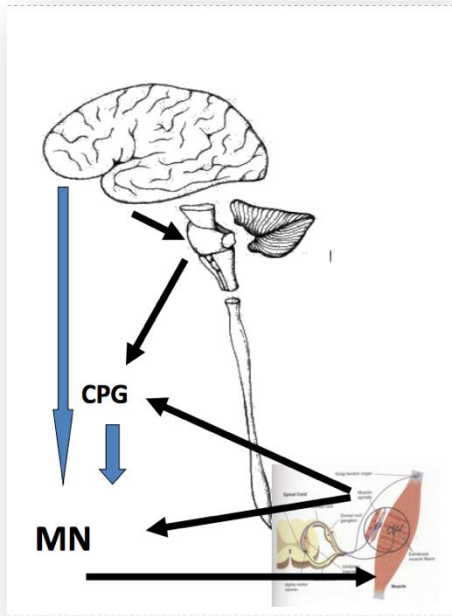
Onvoorspelbaar

Grafische weergave van een door de computer gegenereerde sinus signaal (boven) en een witte ruis signaal (onder). De verticale assen geven de heen en weer rotaties (graden) van de signalen weer en de horizontale assen geven de gegenereerde tijd in (seconden) weer.

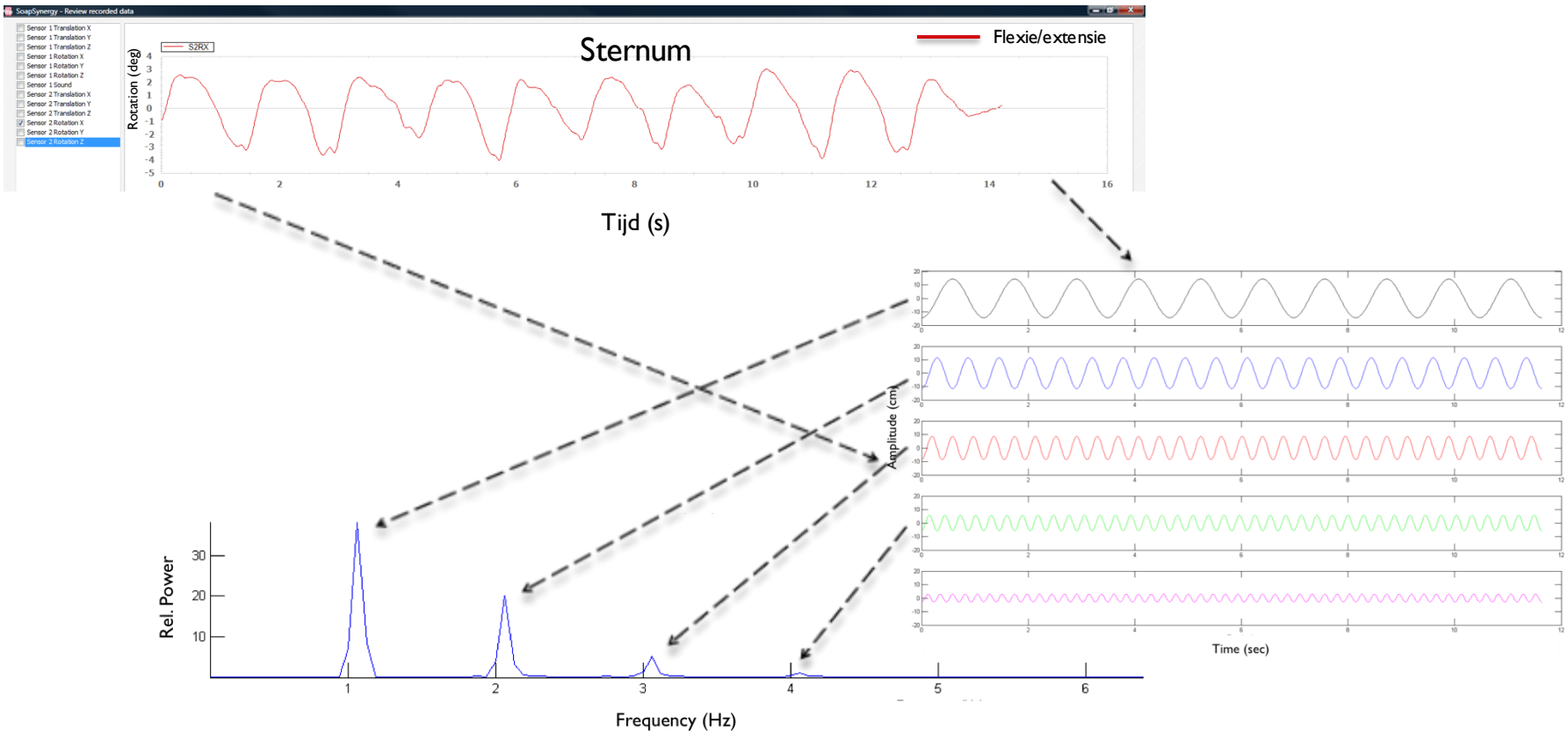
Spectrale Dichtheid (PSD)

De intrinsieke variabiliteit van bewegingen komt voort uit hoogfrequente processen op verschillende niveaus van het neuromotorische systeem.

Welke neuromotorische processen kunnen we identificeren?



Spectrale Dichtheid (PSD)

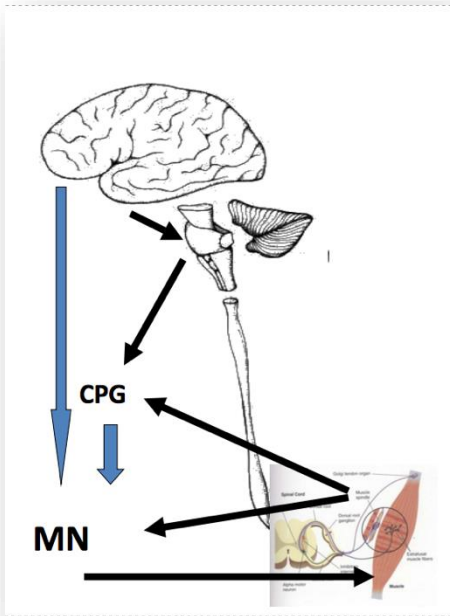


PSD helpt bij het identificeren van periodiciteiten die verband houden met bepaalde **neuromotorische processen**.

Spectrale Dichtheid (PSD)

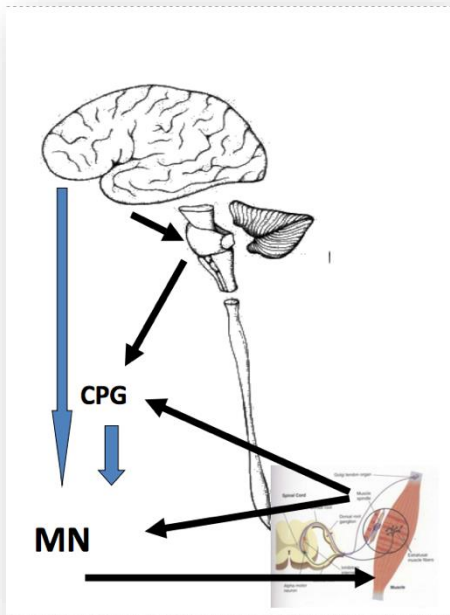
Bandbreedte Neuromotorische processen

1-8 Hz Langzaam Behoedzaam	• Feedback • Visuomotor • Kinesthetisch
9-12 Hz Snel adaptief	• Fysiologische tremor • Myotatische reflex
> 21 Hz	• Mechanische ruis van: • Motorunits • Ligamenten • Botten • Gewrichten



Spectral helling (β)

De spectrale helling maakt het mogelijk om de relatieve bijdragen van de verschillende regelprocessen in een bepaald motorisch patroon te kwantificeren



Voor $\beta = -2.0$
Bruine ruis

Sterkere bijdrage van de relatief langzamere controleprocessen (bijv. visuomotorische feedback) aan de productie van bewegingen.

Voor $-0.5 > \beta > -1.5$
Roze ruis

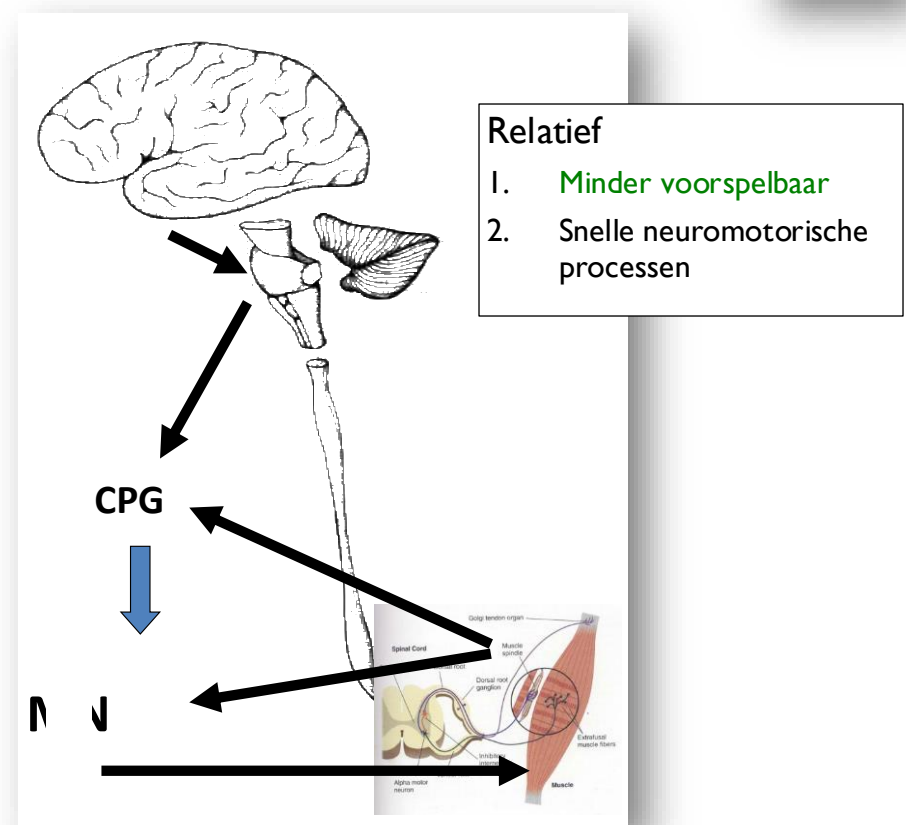
Optimale bewegingsvariabiliteit.

Voor $\beta = 0$
Witte ruis

Regelprocessen met een lagere en hogere frequentie hebben in gelijke mate bijgedragen aan de productie van bewegingen.



Impedance control

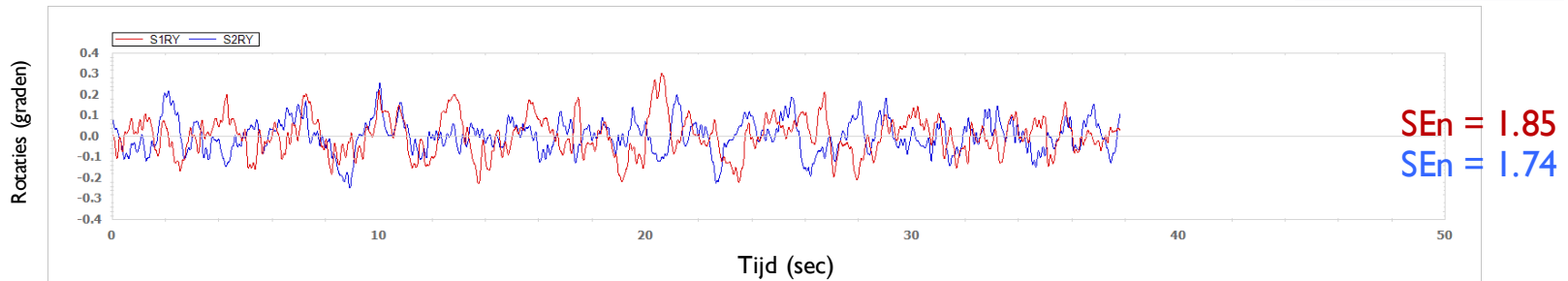


Baseline sensorruis (10-24-2013)

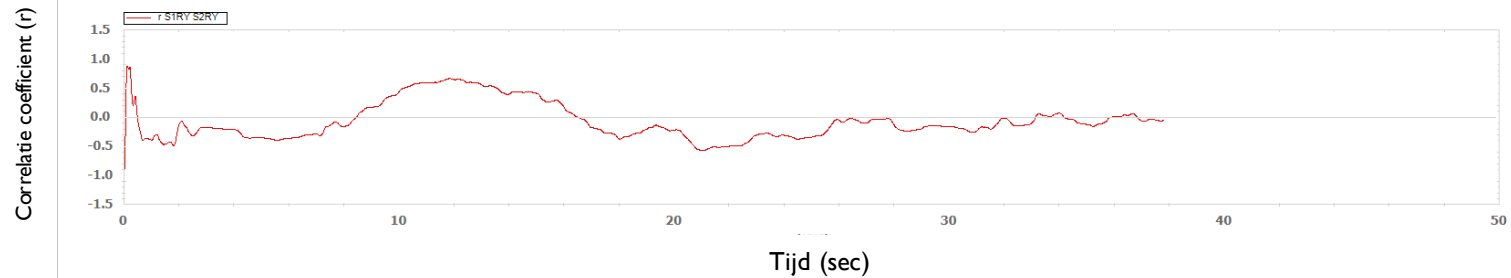
Rechter sensor (S1RY)

Linker sensor (S2RY)

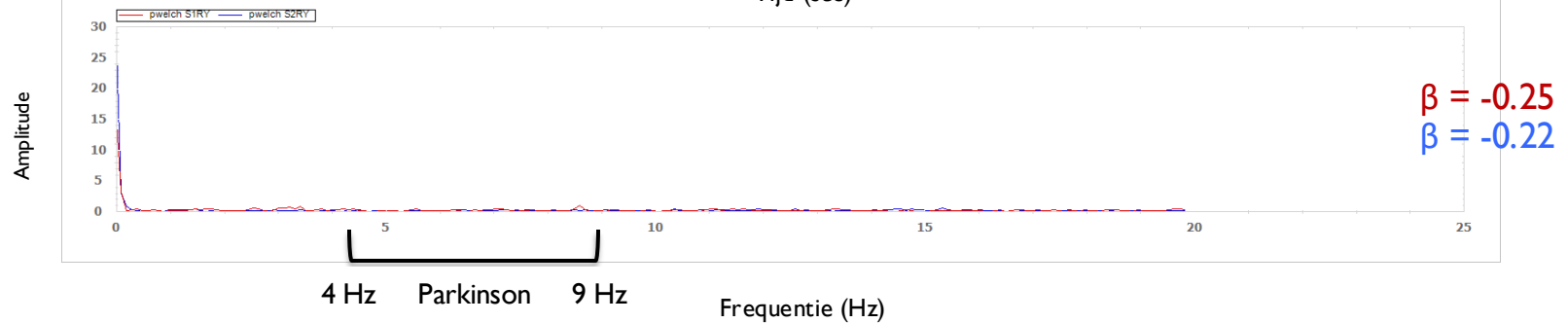
Kinematica



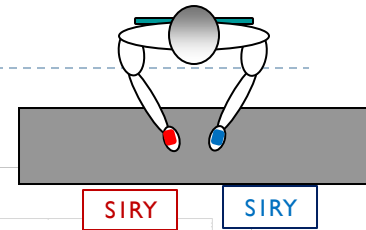
Coördinatie



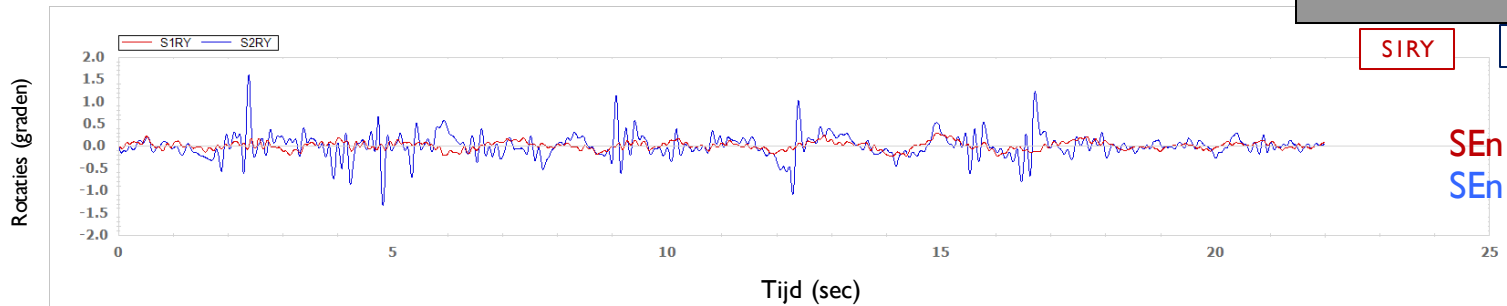
Spectrale
dichtheid



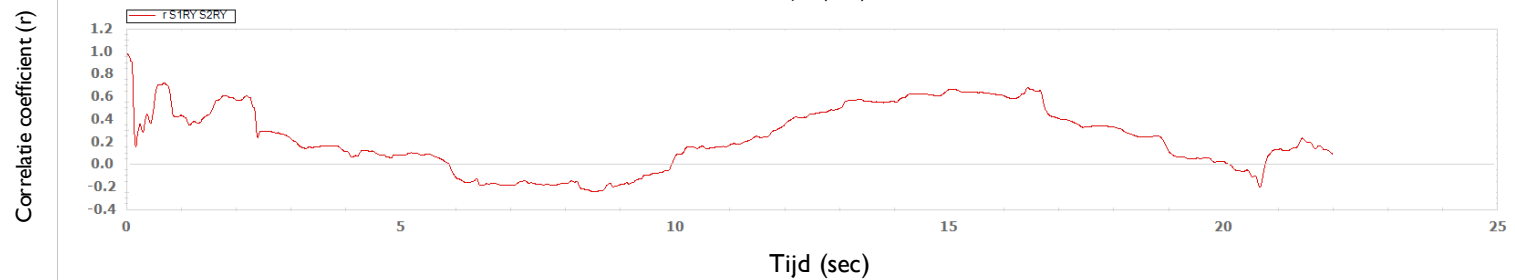
Premedicatie (10-24-2013)



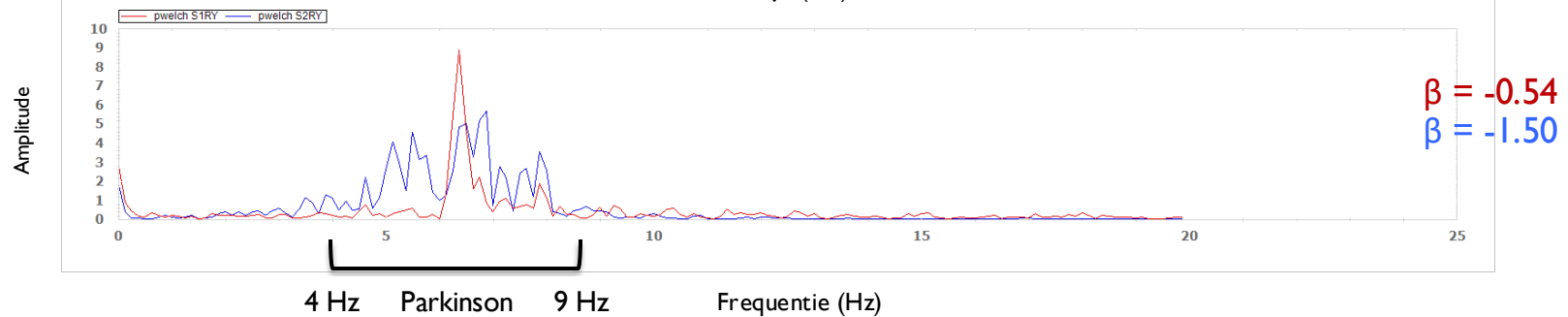
Kinematica



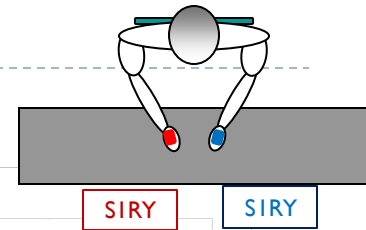
Coördinatie



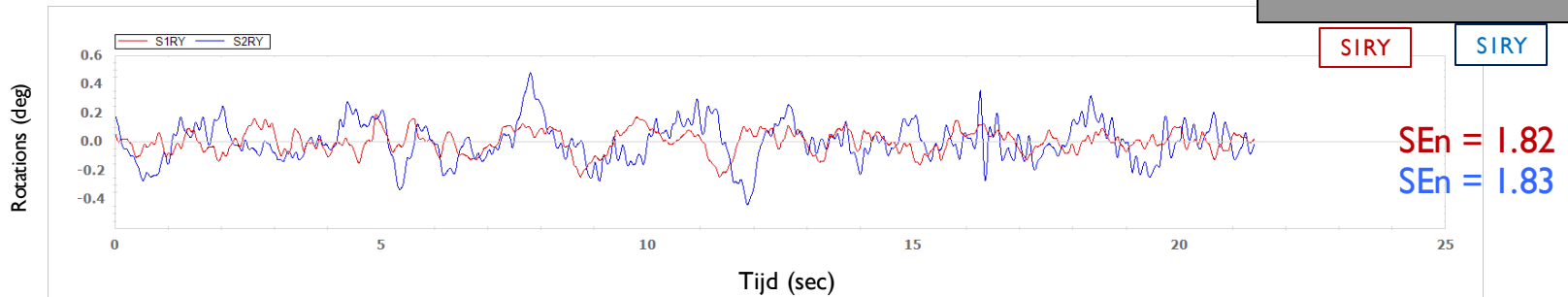
Spectrale
dichtheid



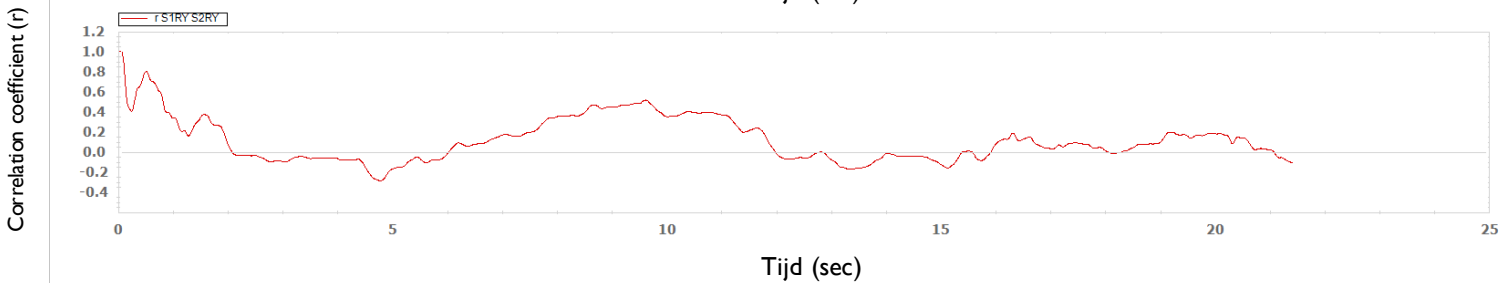
Met medicatie (03-24-2014)



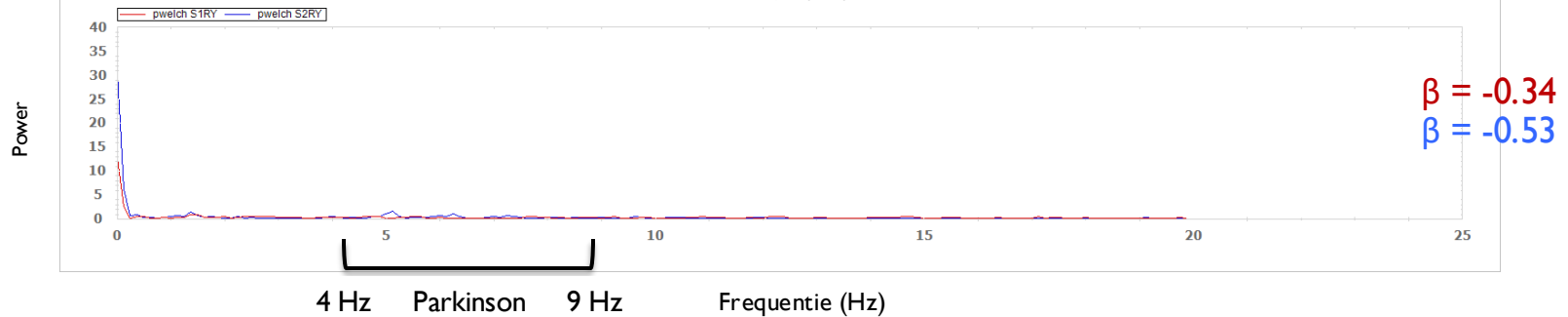
Kinematica

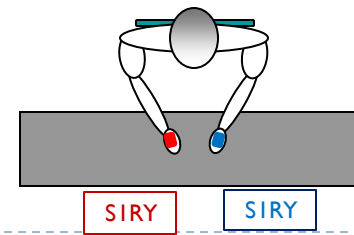


Coördinatie



Spectrale
dichtheid





Resultaten

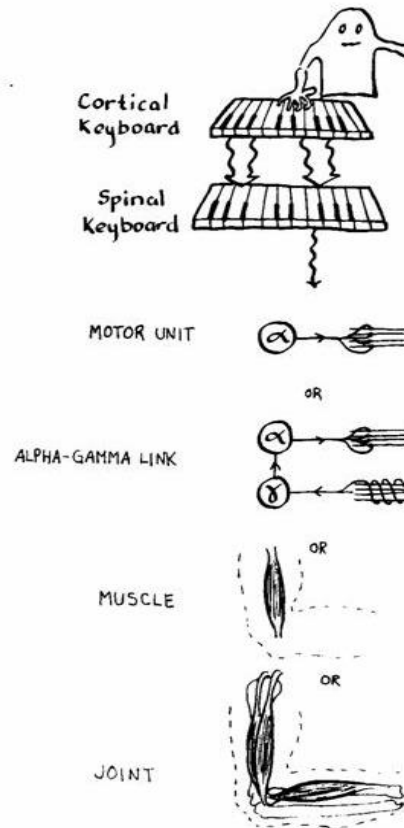
Wij hanteren een afkappunt van tien procent verschil tussen de verschillende metingen om de resultaten te beoordelen, omdat een tien procent verschil in traditionele uitkomstmaten als klinisch betekenisvol worden beschouwd.

		Baseline	Pre-med.	$\Delta\%$	Met med.	$\Delta\%$
SEn	Rechts	1.85	1.88	+2%	1.82	-3%
	Links	1.74	1.02	-71%	1.83	+44%
β	Rechts	-0.25	-0.54	-54%	-0.34	+59%
	Links	-0.22	-1.50	-85%	-0.53	+183%

De spectrale helling variabel is gevoeliger dan de sample entropie variabel voor het monitoren van het links/rechts verschil en het effect van medicatie op de *essentiële tremor*.



Implementatie



Deze studie laat zien dat de fysiotherapie op een eenvoudige wijze:

1. het links/rechts verschil en
2. het effect van medicatie op de *essentiële tremor* kan monitoren.

Take home message



Jurjen Bosga & Anne E. Bosga

THE LANCET

The Lancet, Volume 373, Issue 9666, Page 781, 7 March 2009

Editorial

What is health? The ability to adapt

Met dank aan:

Ruud G. J. Meulenbroek

Wim Hullegie

Mathieu Koppen

Rob P. Ariës

Elgun V.C.M. Zeegers

Jorne Kemper

Werner A.F. van de Ven

Ida M Bosga-Stork

▶ Jurjen Bosga at <http://www.researchgate.net>