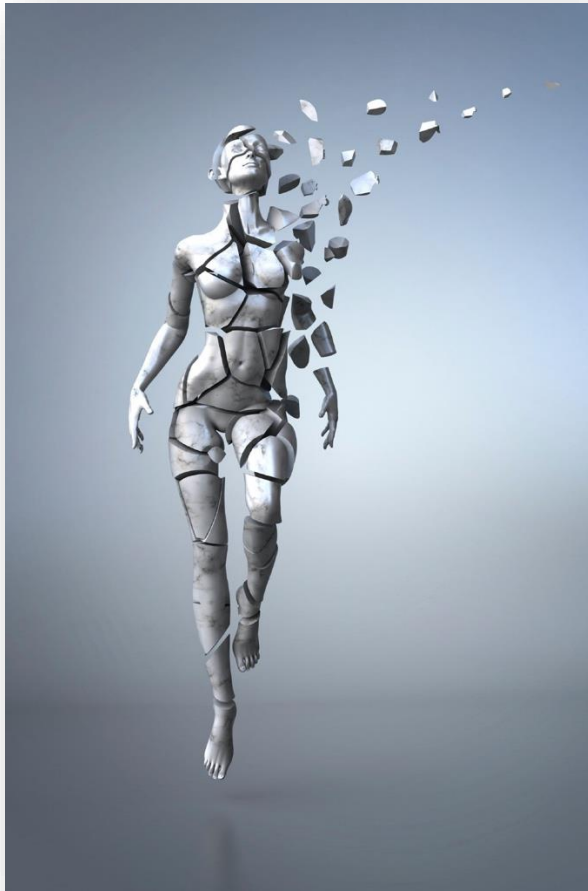




Jurjen Bosga & Anne E. Bosga



Action Science

Flexibiliteit van het neuromotorisch systeem

Thema: actieve motorische rompcontrole

Bewegingsrichting (DoP)



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

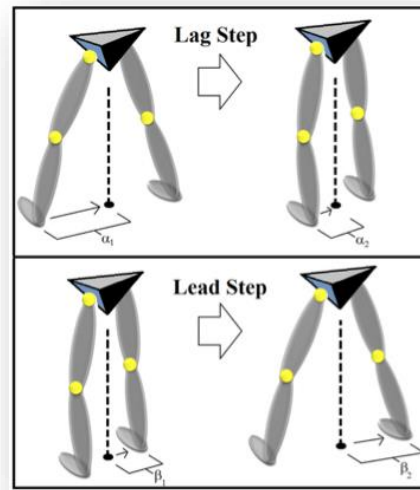
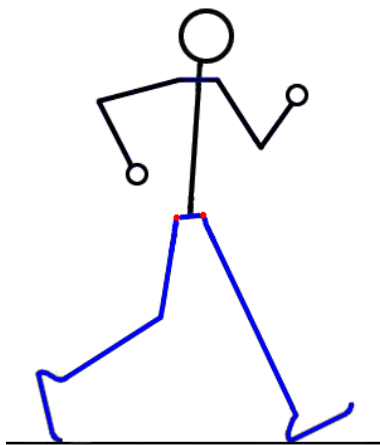
Journal of Biomechanics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jbiomech
www.JBiomech.com



Variability of gait is dependent on direction of progression: Implications for active control

Shane R. Wurdeman^{a,b}, Neil B. Huben^a, Nicholas Stergiou^{a,b,*}



Coëfficiënt van variantie (COV) is relatief laag in de staprichting. Dat betekent dat de variabiliteit in de richting waarin bewogen wordt (DoP) relatief lager is dan in de aanpalende bewegingsrichtingen

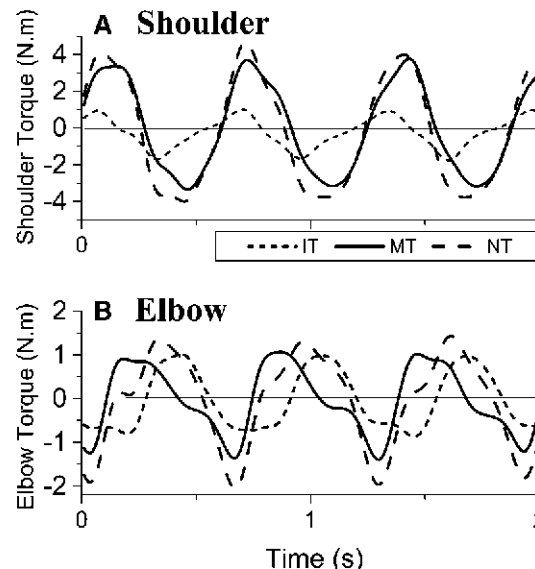
Leading joint hypothesis (LJH)

Exp Brain Res (2005) 166: 1–16
DOI 10.1007/s00221-005-2339-1

REVIEW

Natalia Dounskaia

The internal model and the leading joint hypothesis: implications for control of multi-joint movements



Dounskaia, N. (2005). The internal model and the leading joint hypothesis: implications for control of multi-joint movements. *Experimental Brain Research*, 166, 1–16.

Leading joint hypothesis (LJH)

Ballistische acties

Acties met een overwegend ballistisch kenmerk zijn vaak gooi, slaande of schoppende acties. Karakteristiek voor deze actietype is dat er altijd sprake is van een inzet vanuit een bepaald lichaamsdeel dat ervoor zorgt dat een ander deel van het lichaam wordt gelanceerd. Bijvoorbeeld door de inzet van de bovenarm wordt de onderarm en hand in een bepaalde richting gegooid. Deze actietype is bijzonder informatief voor de fysiotherapie omdat 'interactive torques' bij deze actietype een belangrijke rol spelen (Dounskaia, 2005).

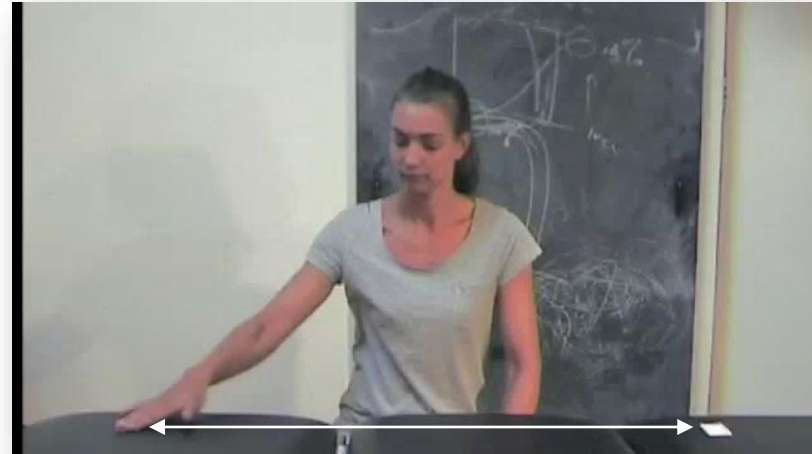
Romp controle

Taak:

Herhaalde doelgerichte romp rotaties;

Opname systeem:

Twee XSENS, 6-assige draadloze bewegingssensoren.

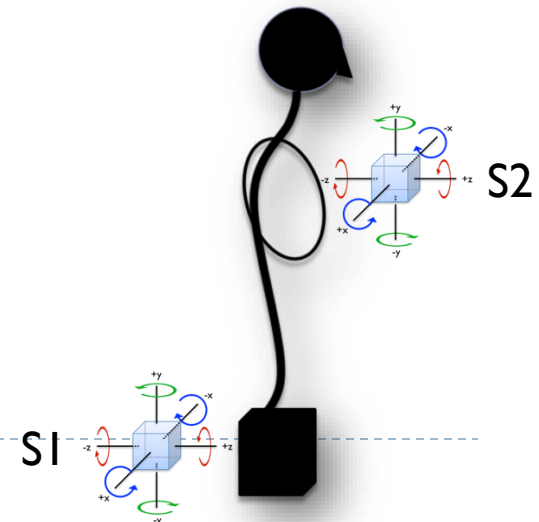


Sensor locaties:

- Sensor 1 (S1) op het Sacrum;
- Sensor 2 (S2) op het Sternum;

Analyse van de romprotaties in de x, y and z richtingen:

- Bewegingsuitslag (P2P);
- Correlaties (r);
- Sample Entropy (SEn).



Romp controle

Taak:

Herhaalde doelgerichte flexie/extensie rompbewegingen;

Opname systeem:

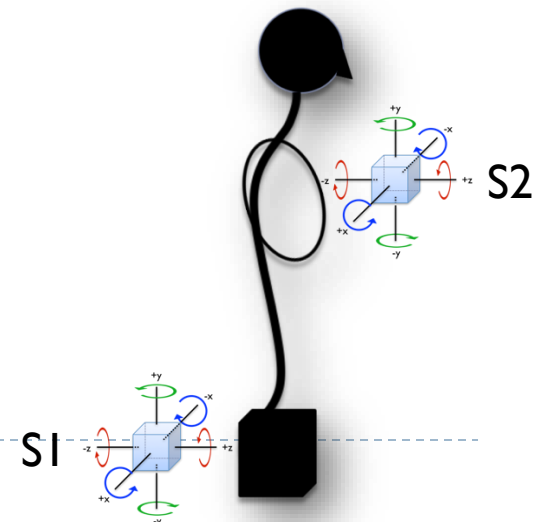
Twee XSENS, 6-assige draadloze bewegingssensoren.

Sensor locaties:

- Sensor 1 (S1) op het Sacrum;
- Sensor 2 (S2) op het Sternum;

Analyse van de romprotaties in de x, y and z richtingen:

- Bewegingsuitslag (P2P);
- Correlaties (r);
- Sample Entropy (SEn).



Registratiesysteem en analyse

Opnamesysteem: Xsens

6-assige draadloze bewegingssensoren

Sampling rate = 100 Hz

Analyse: SoapSynergy

- *Translaties en Rotaties:*

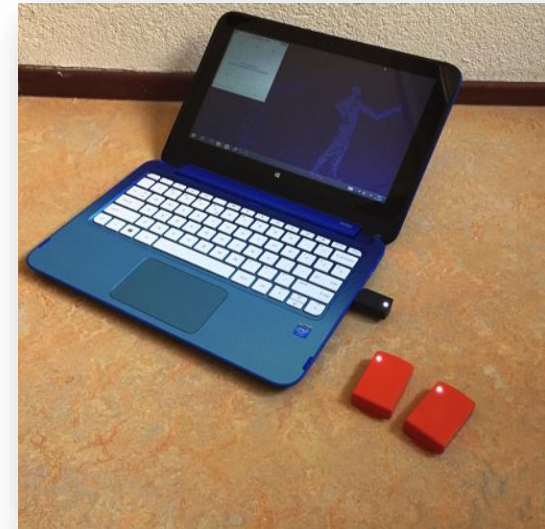
- Bewegingsuitslag (P2P); ✓

- *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

Variables

Sample entropy (SEn) of the velocity in the X (axial rotation), Y (flexion/extension) and Z (ab/adduction) of the Sacrum and Sternum

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

Variables

Pearson correlations (r) in the three dimensions between Sacrum and Sternum movements

Preprocessing

Detrended angular rotation data

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

Peak-to-peak detection

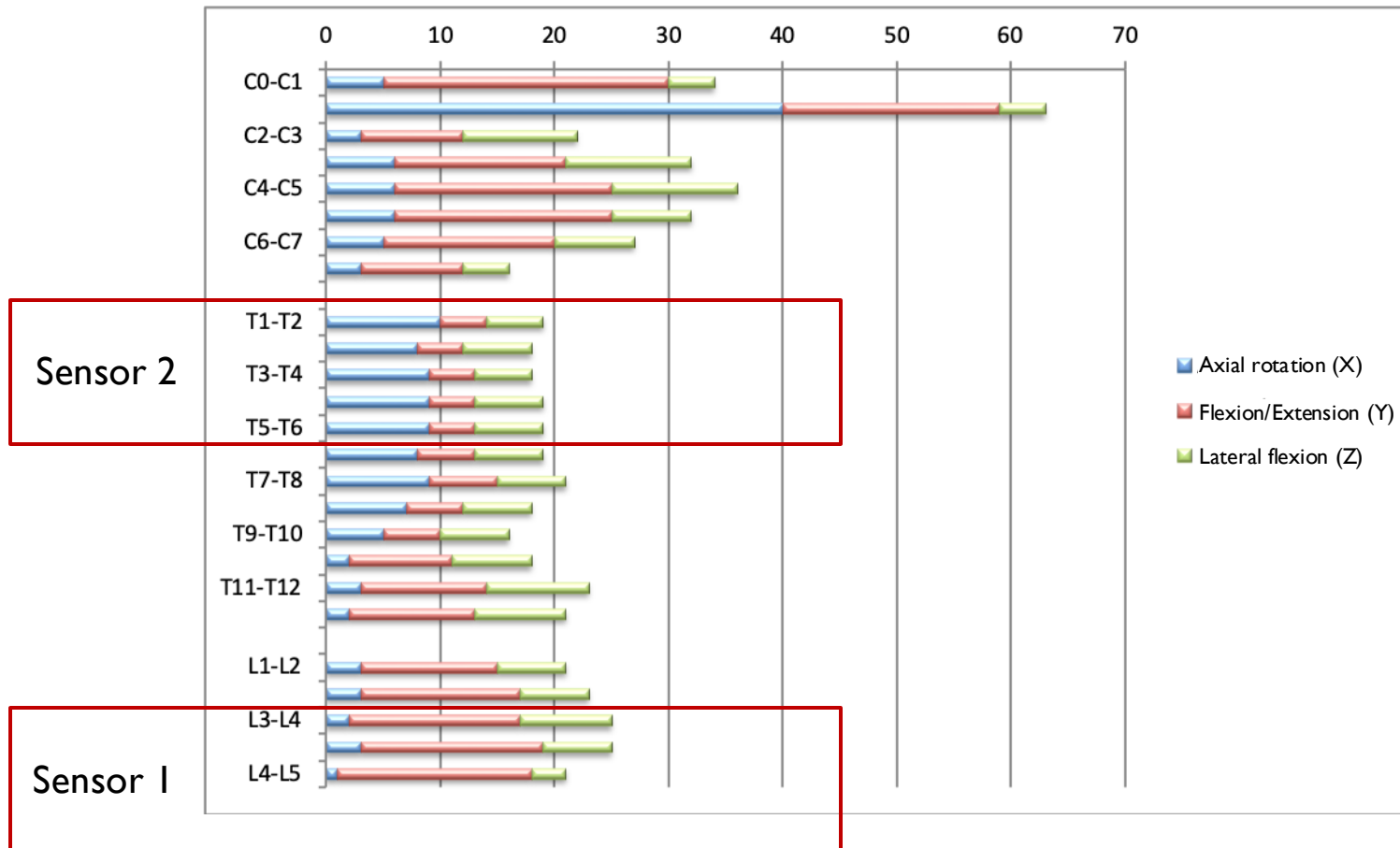
Variables

Mean amplitude detrended angular rotation data (p2p amp) of the three dimensions of Sacrum and Sternum movements



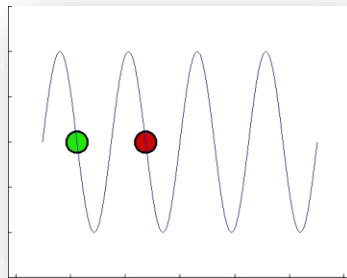
Bewegingsuitslag romp (P2P)

Genormaliseerde tussenwervelexcursies (graden)

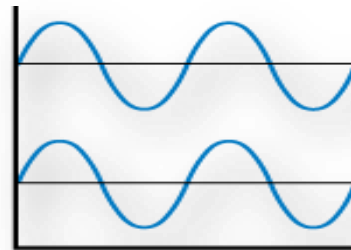


Coördinatie (r)

Bewegingen

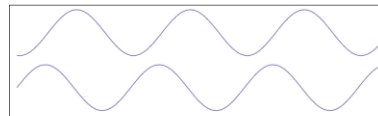
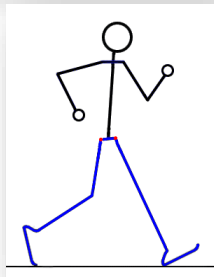


plotjes geregistreeerde
bewegingen

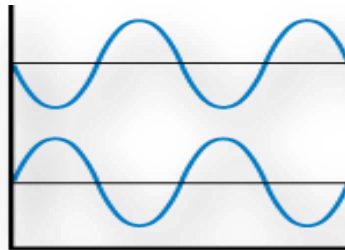
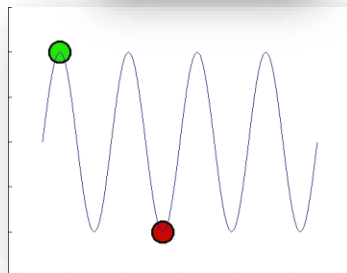


Variabel

- Positief gecorreleerd ($r = +1$)

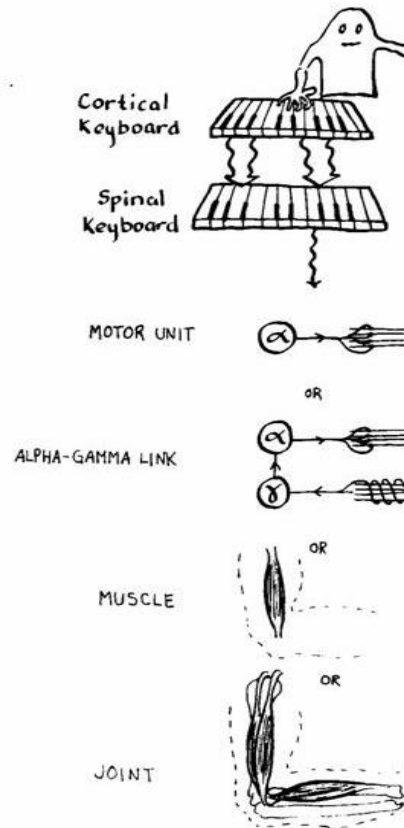


- ($r = +1 \rightarrow -1$)



- Negatief gecorreleerd ($r = -1$)

Entropie (flexibiliteit)



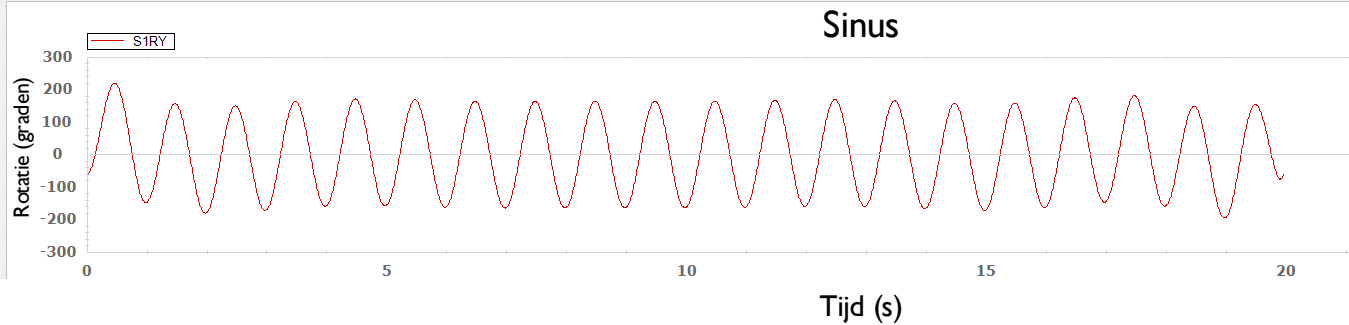
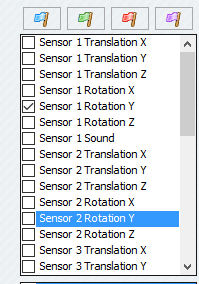
Claude Shannon (1948): Shannon definieert entropie in termen van gebeurtenissen. Hoe meer mogelijke uitkomsten (meer oplossingen), hoe hoger de entropiewaarde van het systeem is. Hoe minder mogelijke uitkomsten (minder oplossingen), hoe lager de entropiewaarde van het systeem is.

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

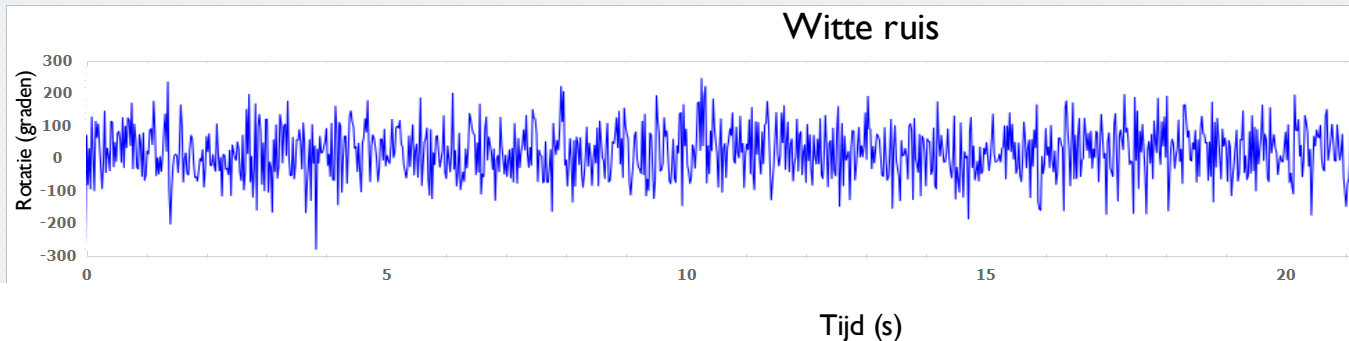
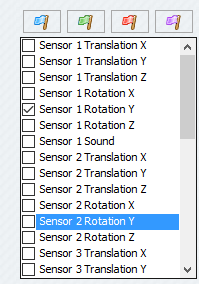
Gedragsskenmerken:

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.

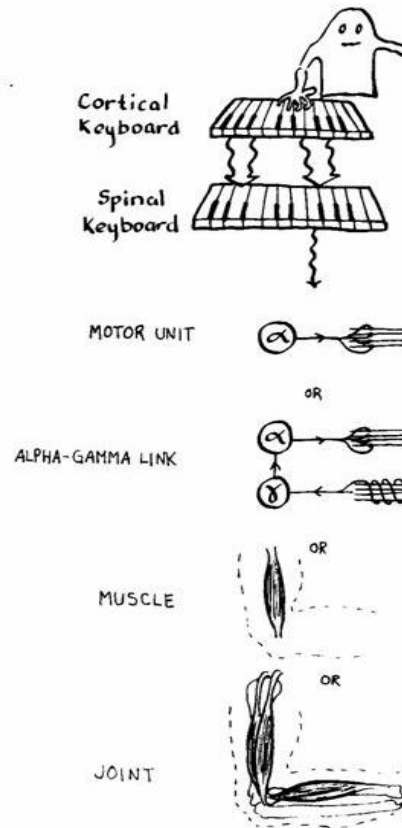
Resultaten: rotatie taak

Component	Bewegingsrichting (DoP)	P2P	SEn	
Sternum	Flexie/extensie	5°	0.94	voorspelbaar
	Axiale rotatie	31°	0.17	
	Laterale flexie	9°	0.33	
Sacrum	Flexie/extensie	1°	1.50	
	Axiale rotatie	3°	1.52	
	Laterale flexie	1°	1.56	
Interactie	Bewegingsrichting (DoP)	r		
Sacrum / Sternum	Flexie/extensie	0.00		voorspelbaar
	Axiale rotatie	+0.96		
	Laterale flexie	+0.65		

Resultaten: flexie/extensie taak

Component	Bewegingsrichting (DoP)	P2P	SEn	
Sternum	Flexie/extensie	36°	0.25	voorspelbaar
	Axiale rotatie	4°	0.97	
	Laterale flexie	5°	0.75	
Sacrum	Flexie/extensie	17°	0.31	voorspelbaar
	Axiale rotatie	6°	0.97	
	Laterale flexie	2°	1.37	
Interactie	Bewegingsrichting (DoP)	r		
Sacrum / Sternum	Flexie/extensie	+0.97		voorspelbaar
	Axiale rotatie	-0.48		
	Laterale flexie	-0.37		

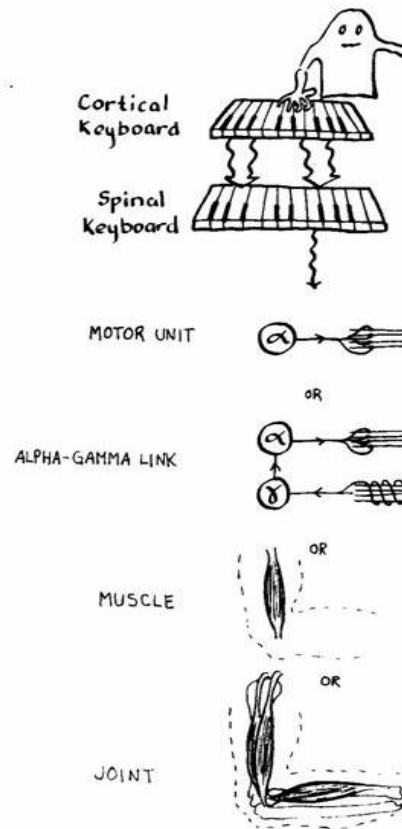
Discussie



Voor beide taakjes geldt, voor de richting (DoP) waarin bewogen wordt, dat:

1. De bewegingsuitslag (P2P) relatief het grootste is;
 2. De beweging relatief de laagste entropie (SEn) laat zien en dus het meest voorspelbaar is;
 3. De coördinatie (r) tussen het Sternum en Sacrum zijn relatief sterk positief gekoppeld.
- Deze observaties zijn in overeenstemming met de 'Leading Joint Hypothesis' (LJH) van Dounskaia (2005) dat voorspelde dat in dit onderzoek het Sternum in beide taakjes de bewegingen inzet voor het uitvoeren van de acties.
 - De aanpalende bewegingsrichtingen vertonen kleinere excursies, hogere entropie waarden en zijn relatief zwakker gekoppeld en staan ten dienste van de DoP beweging.
 - Dit onderzoek bevestigt dat DoP bewegingen een minder actieve controle modus vereist, terwijl de aangrenzende richtingen een actiever controle modus vragen (Wurdeman et al., 2012).

Implementatie



Deze observaties kunnen de fysiotherapie helpen bij een **gangbeeld analyse**.

- In de kliniek kan antwoord worden gekregen op de vraag of iemand, die pre- en postoperatief na een totale heup prothese (THP) of een totale knie prothese (TKP), nog een compensatoir looppatroon vertoont. In het algemeen kan geanalyseerd worden of iemand zijn aangedane been nog ontziet tijdens het lopen.
- Als de sample entropie (SEn) van de sensor op het Sternum in de zijwaartse romp bewegingen (zwaaien van links naar rechts) relatief lager is dan in de andere richtingen, dan is dat indicatief voor een compensatoir looppatroon.
- Als de sample entropie (SEn) van de sensor op het Sternum daarentegen in de axiale romp rotatie (draaien om de centrale as) relatief lager is dan de aanpalende richtingen, dan is dat indicatief voor een genormaliseerde looppatroon.

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

Dit betekent dat motorische revalidatie aandacht moet besteden aan gezonde bewegingsvariabiliteit van het neuromotorisch systeem.

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>