



ASPETTI EMERGENTI
IN NEURORIABILITAZIONE
MALNUTRIZIONE,
DOLORE E MODELLI
ORGANIZZATIVI

XVIII CONGRESSO NAZIONALE
SIRN

STAZIONE MARITTIMA

5-6-7 APRILE 2018
TRIESTE

TEACHING COURSE
SIAMOC - SIRN

**Analisi posturale e del cammino con
sistemi indossabili nei disturbi
dell'equilibrio**

Mariano Serrao

Università di Roma , Sapienza
Movement Analysis LAB, Policlinico Italia,
Roma

Manifestazioni cliniche

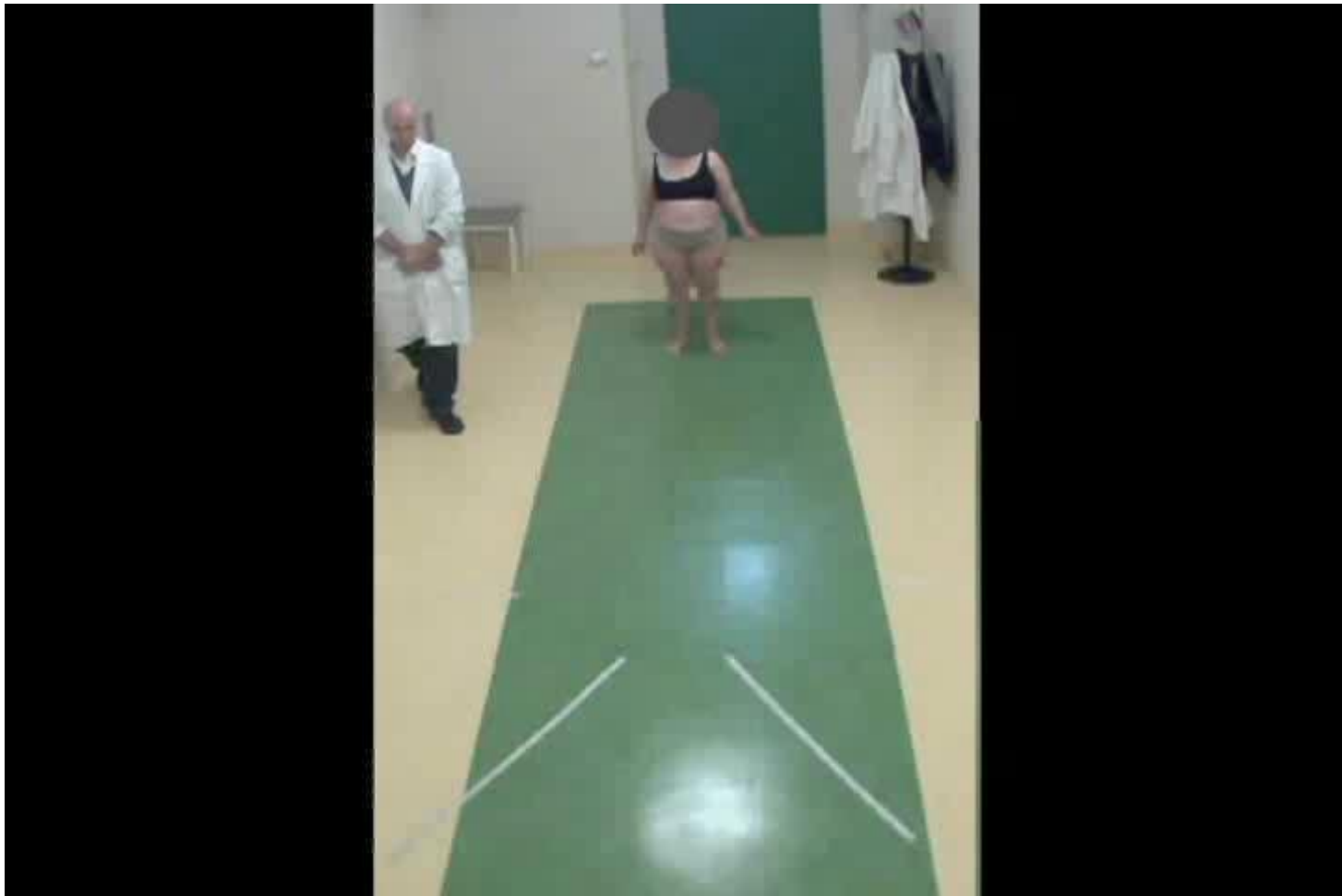
✓ La lista dei sintomi e dei segni secondari a lesioni del cervelletto è aumentata negli ultimi decenni:

- Dismetria, asinergia or dissinergia
- Adiadocociinesia,
- Tremore cinetico
- Disartria
- Ipotonia
- **Atassia della marcia**
- Anomalie oculomotorie
- Deficit sensoriali
- Deficit cognitivi
- Disturbi affettivi



Bodranghien et al. Consensus Paper: Revisiting the Symptoms and Signs of Cerebellar Symptoms *Cerebellum* 2015

Atassia della marcia



Atassia della marcia

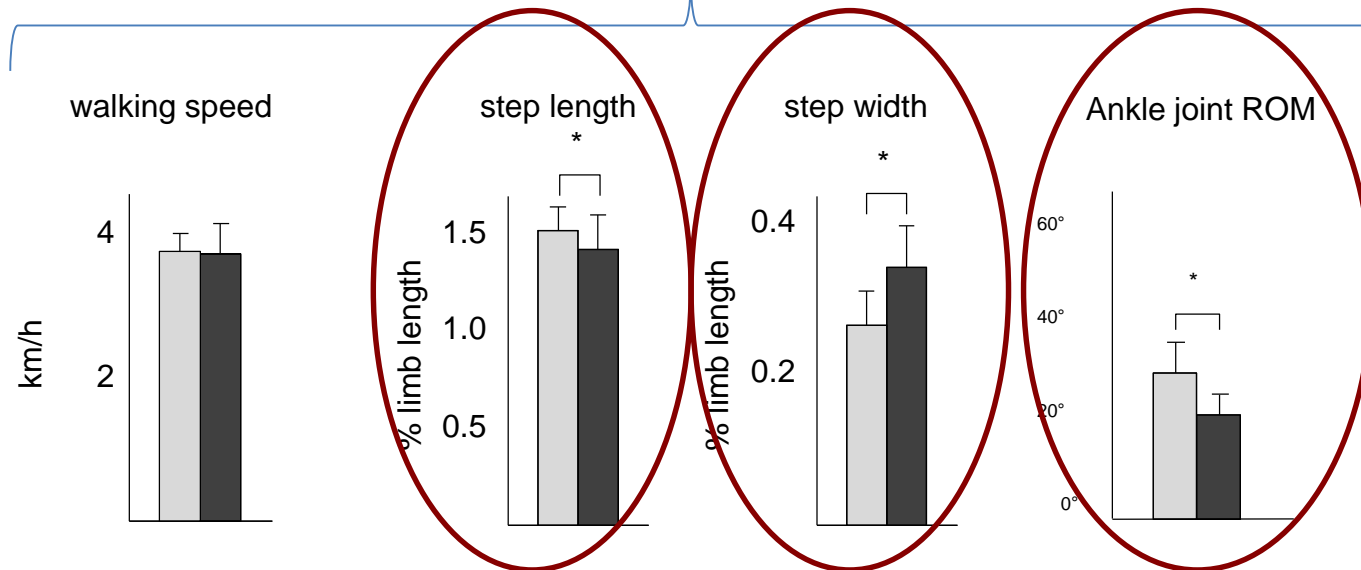


- ✓ *increased step width*
- ✓ *decreased step length*
- ✓ *low gait speed*
- ✓ *reduced cadence*
- ✓ *increased durations in stance phase*
- ✓ *Increased double support phase*
- ✓ *Increased gait variability*

✓ **Meccanismi di compenso**

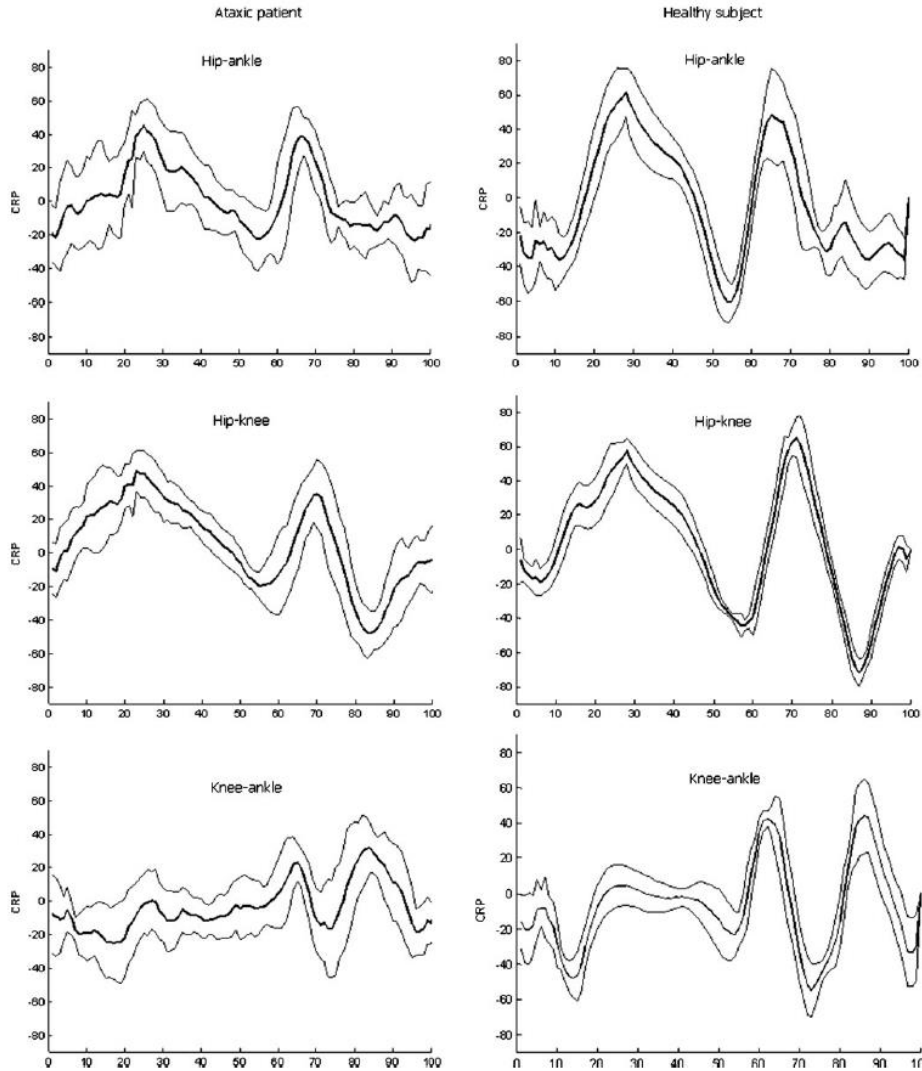


Matching the speed...



Serrao M, et al., *Cerebellum* 2012

Serrao M et al. *Cerebellum* 2017, 2018

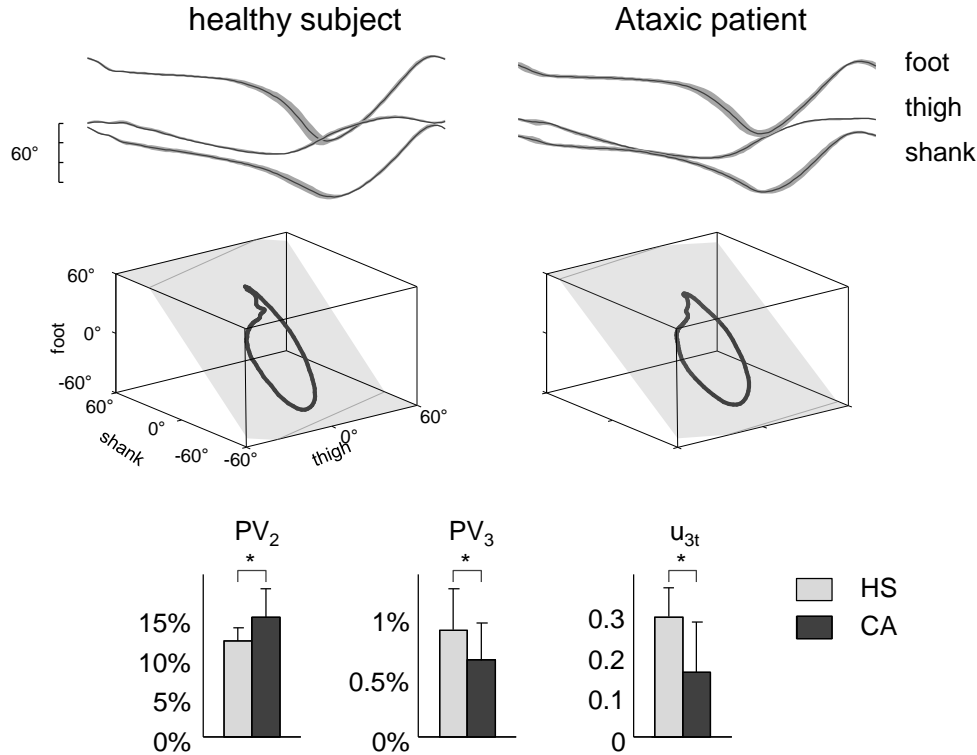


Deficit primario

- ❑ Incapacità a coordinare nello spazio e nel tempo due articolazioni dello stesso arto durante il cammino

Atassia della marcia

Multi-joint kinematics



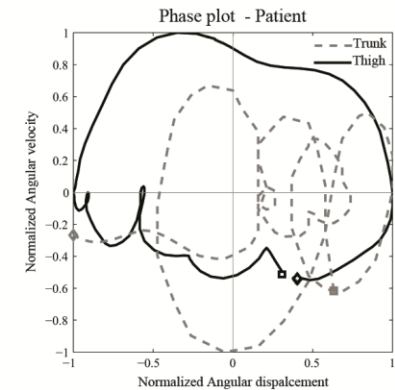
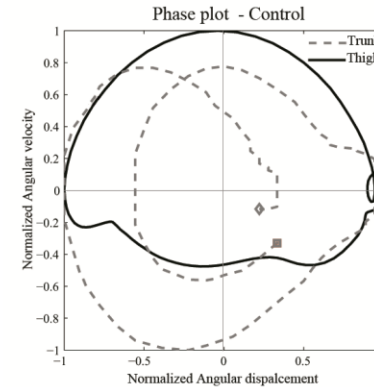
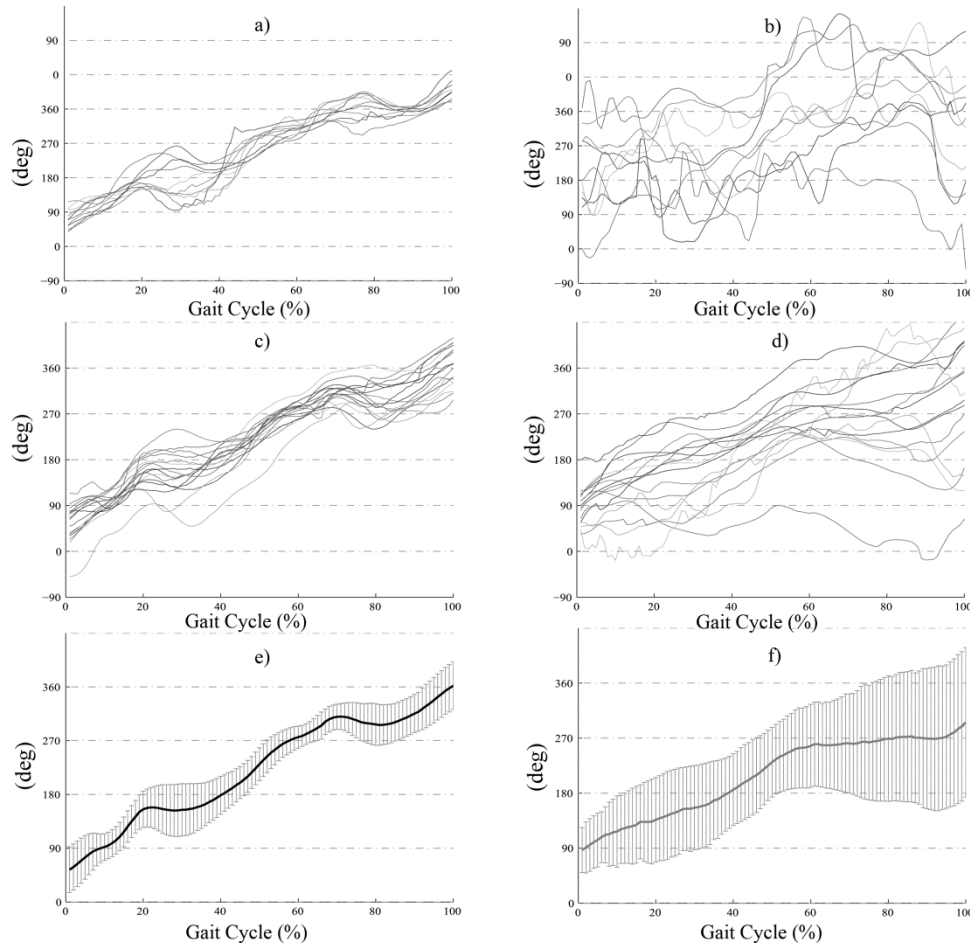
Deficit primario

- Incapacità a coordinare nello spazio e nel tempo più articolazioni dello stesso arto

Atassia della marcia



Thigh-Trunk Continuous Relative Phase



✓ **Deficit primario**

- **Incapacità a coordinare nello spazio e nel tempo la parte superiore del corpo con quella inferiore durante il cammino**



□ **Confronto tra diversi indici di stabilità nel rilevare le differenza tra pazienti con atassia cerebellare e controlli**

- ✓ Per valutare ciò che è possibile misurare con i sistemi indossabili
- ✓ Individuare gli indici di stabilità più sensibili
- ✓ Valutare il significato specifico di ogni indice

- ❑ 17 pazienti con atassia primaria degenerativa
- ❑ 16 controlli omogenei per sesso, età, altezza, peso e “matchati” per velocità

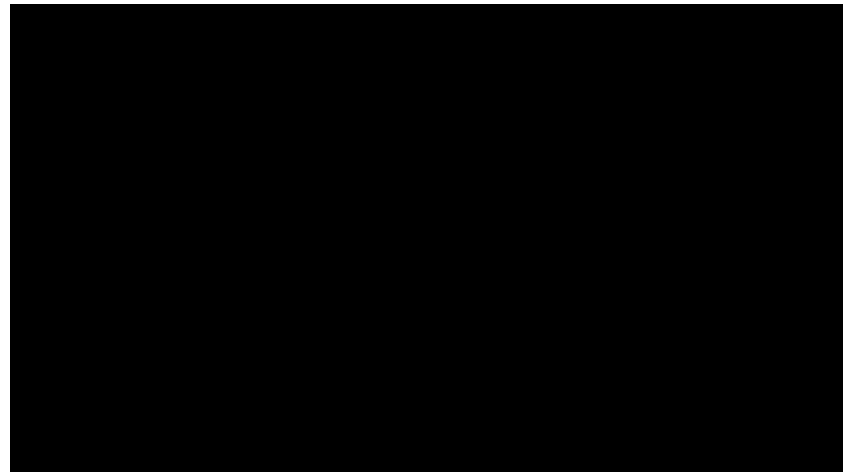


Tabella 1. Caratteristiche cliniche e antropometriche pazienti.

ID paziente	Genere	Età (anni)	Aaltezza (m)	Peso (kg)	ICARS	SARA	durata malattia (anni)	diagnosi
1	F	60	1.48	50.7	42	14	10	SAOA
2	M	59	1.68	75.8	12	7	12	SAOA
3	M	49	1.67	66	26	14	18	SAOA
4	F	67	1.56	70	20	12	17	SAOA
5	M	38	1.71	65	49	20	8	SCA2
6	M	50	1.78	72.6	18	11	9	SCA1
7	F	37	1.65	94	25	14	18	SCAR8
8	M	47	1.7	91.4	36	16	17	SAOA
9	F	73	1.62	63	11	6	13	SAOA
10	F	73	1.58	60	25	12	4.27	FRDA
11	F	49	1.69	62	24	8	19	SCA3
12	M	33	1.76	65	18	10	7	SCA1
13	M	44	1.72	86	18	10	14	SCA2
14	M	66	1.64	87	33	17	10	SAOA
15	F	49	1.53	56	24	13	14	SCA2
16	M	59	1.77	80	9	5	7	SAOA
17	F	57	1.48	63	30	18	8	SAOA
MEDIA		53.53	1.65	71.03	24.69	12.19	12.56	
DEV.ST		12.12	0.09	12.74	11.16	4.39	4.27	

2. Materiali e metodi

G-walker (BTS, Milano)





1. Coefficiente di variazione (CV)



$$CV = 100 \cdot \frac{\text{std}(x)}{\text{mean}(x)}$$

Ci da informazioni sul grado di dispersione intorno ad un valore di centralità

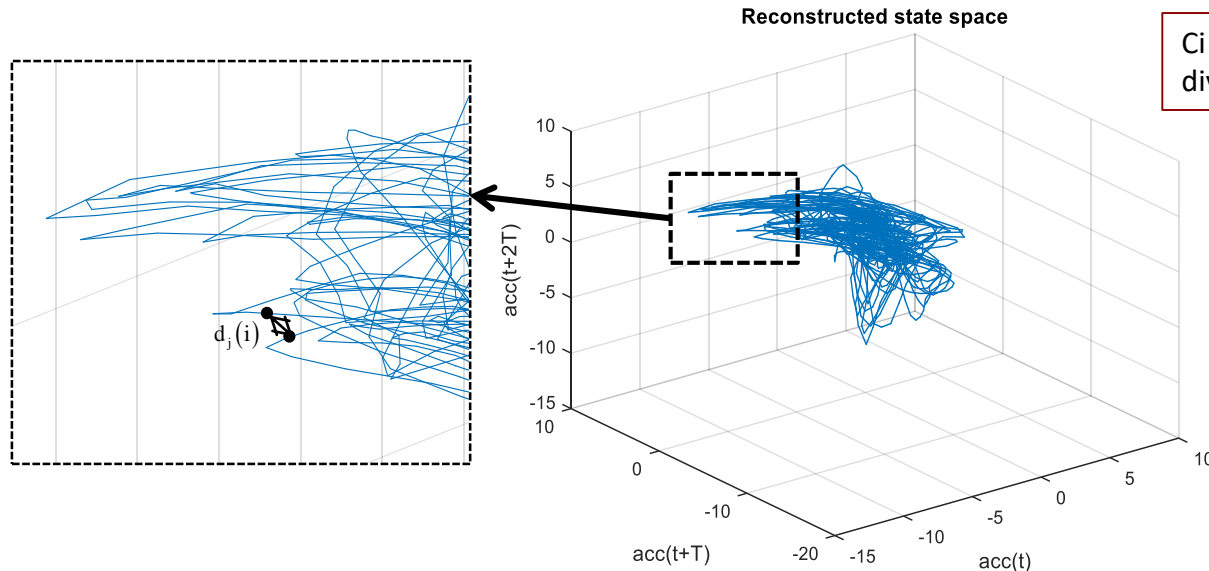
2. Coefficiente di Lyapunov (λ_{\max})



$$y(i) = \frac{1}{\Delta t} \langle \ln [d_j(i)] \rangle$$

$d_j(i)$ = distanza euclidea tra la j-esima coppia di vicini dopo i campioni.

$\langle . \rangle$ = media su tutti i valori di j.



Ci da informazioni sul grado di divergenza delle traiettorie



3. Recurrence quantitative analysis (RQA)



$$\% \text{rec} = 100 \cdot \frac{n^{\circ} \text{rp}}{N}$$

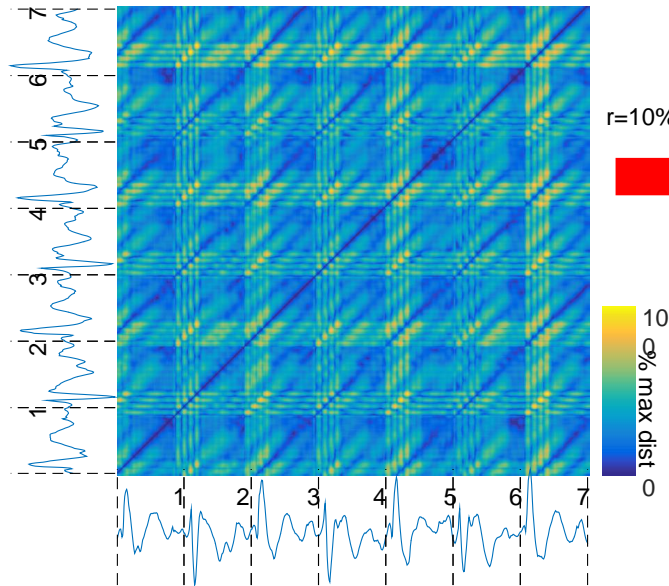
n° rp=numero dei punti ricorrenti
n° tot= numero totale dei punti presenti

Ci da informazioni sul grado di ricorrenza delle traiettorie

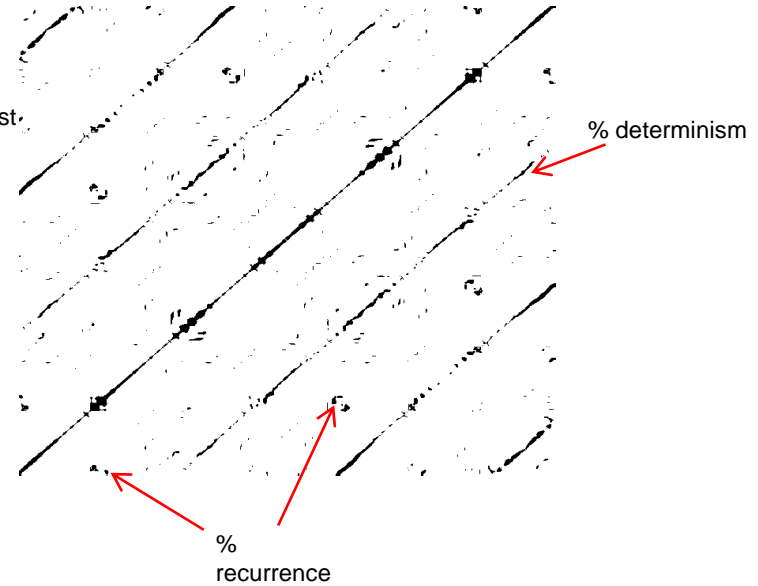
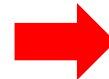


$$\% \text{det} = 100 \cdot \frac{\sum_{l=1}^N \text{IP}(l)}{n^{\circ} \text{rp}}$$

n° rp=numero dei punti ricorrenti; -l=lunghezza della sequenza di punti ricorrenti consecutivi; - P(l)=distribuzione in frequenza delle sequenze di punti ricorrenti di lunghezza l.



r=10% max dist.





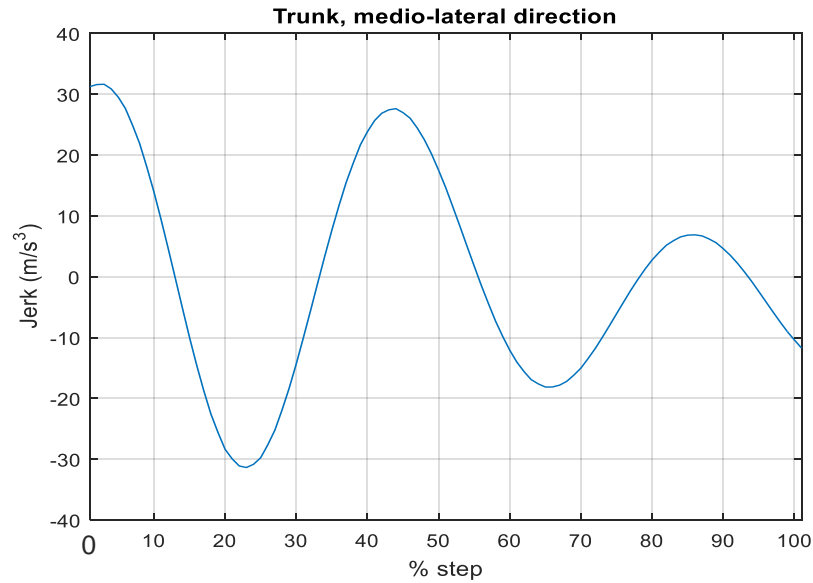
4. Normalized Jerk Score



$$NJS = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \frac{T^5}{D^2} \cdot \int J^2 dt}$$

J=jerk;
T= durata dello step o dello stride;
D= ampiezza del movimento

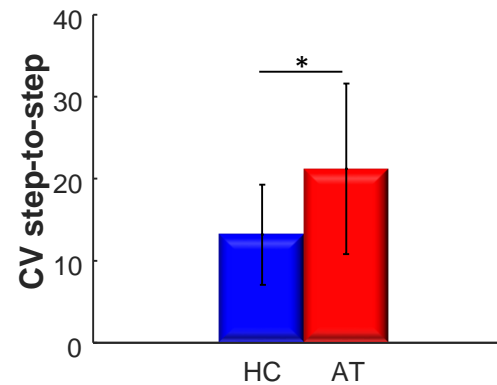
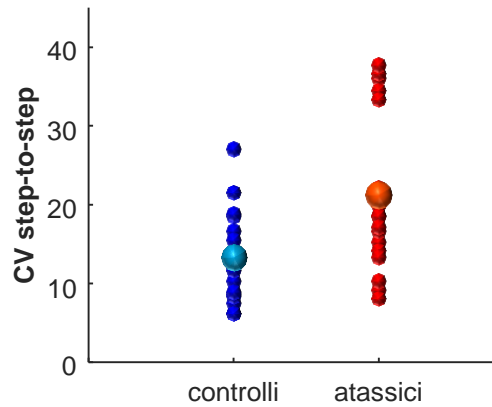
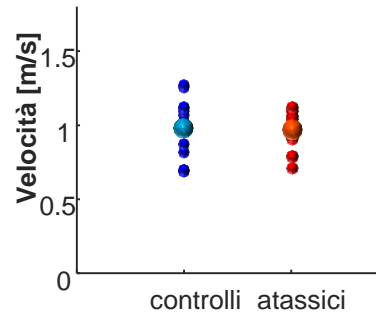
Ci da informazioni sul grado di "smoothness" del movimento



4. Results



1. Coefficiente di variazione

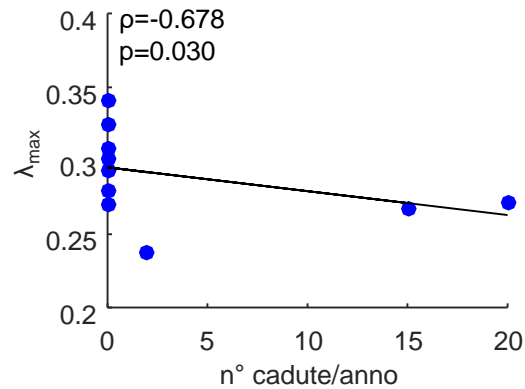
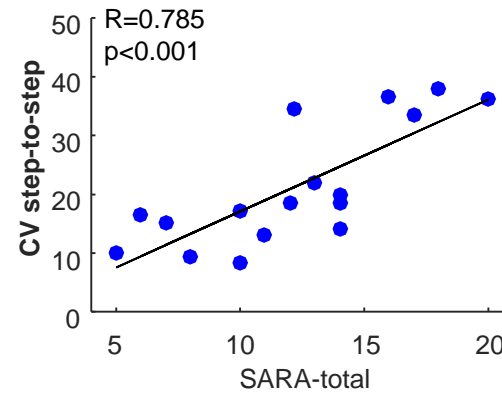
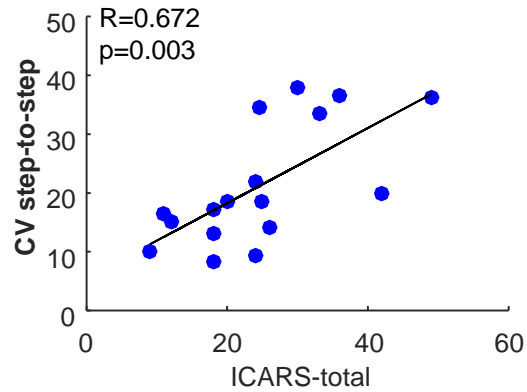


$p > 0.006$
Cohen's-d=1.027

4. Results



1. Coefficiente di variazione

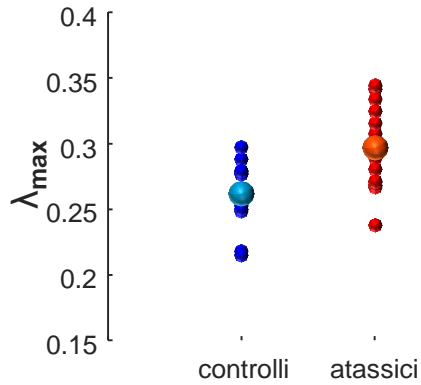


4. Results

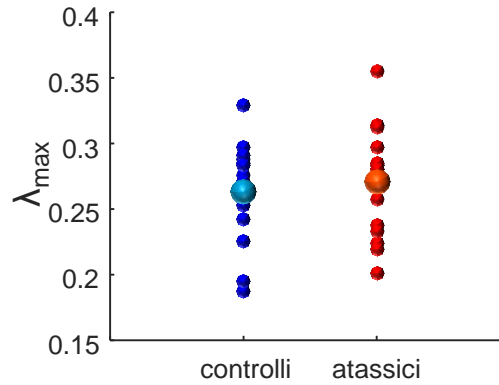


2. Coefficiente di Lyapunov

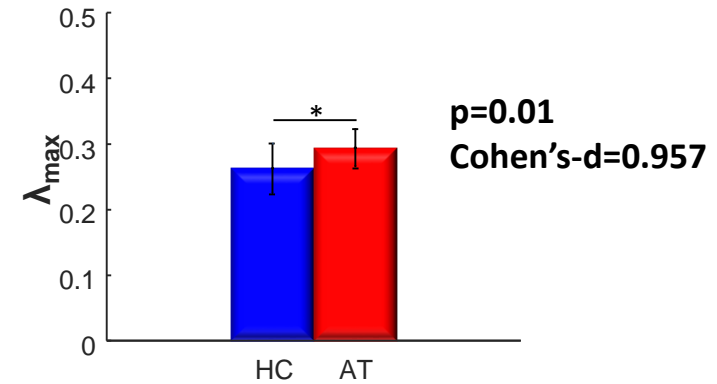
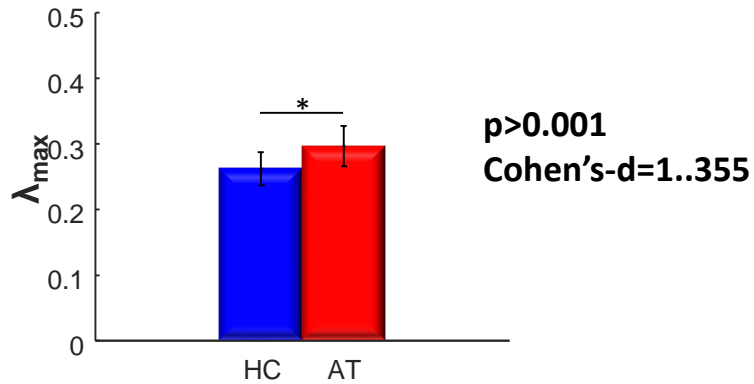
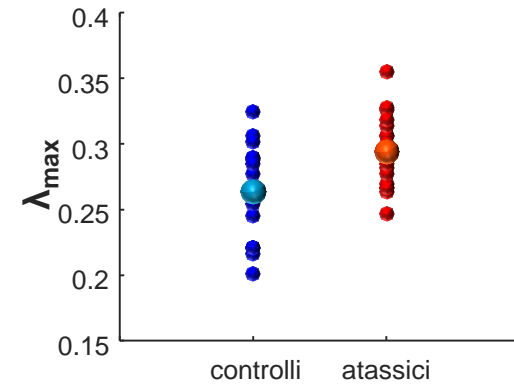
Direzione A-P



Direzione M-L



Direzione V

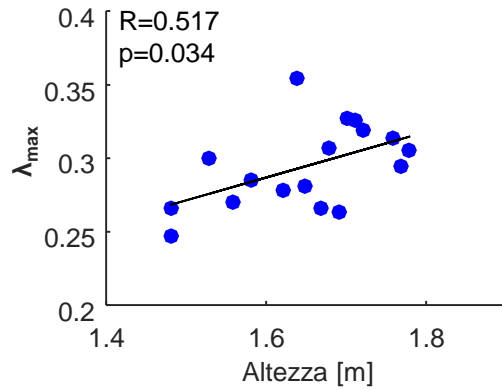


4. Results

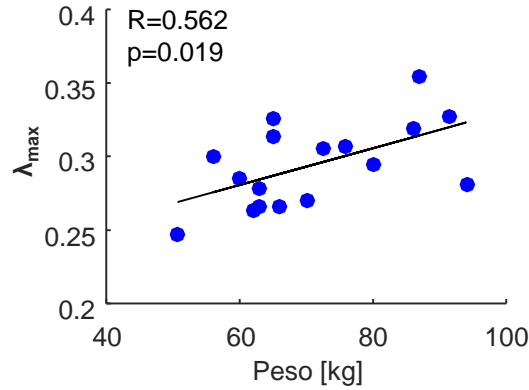


2. Coefficiente di Lyapunov

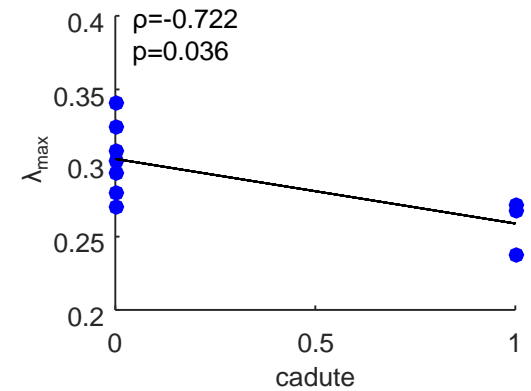
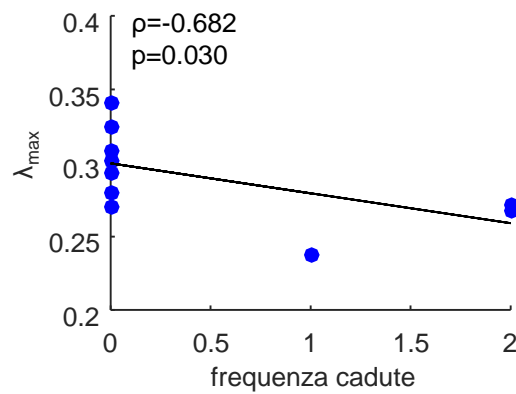
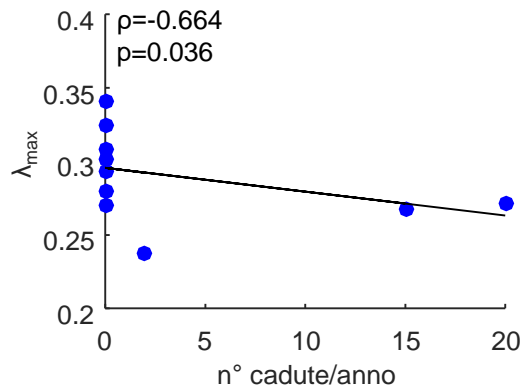
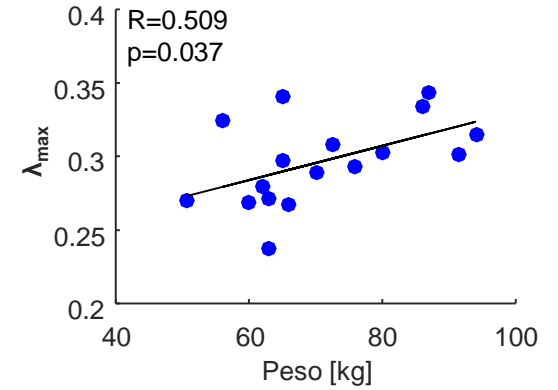
Direzione V



Direzione V



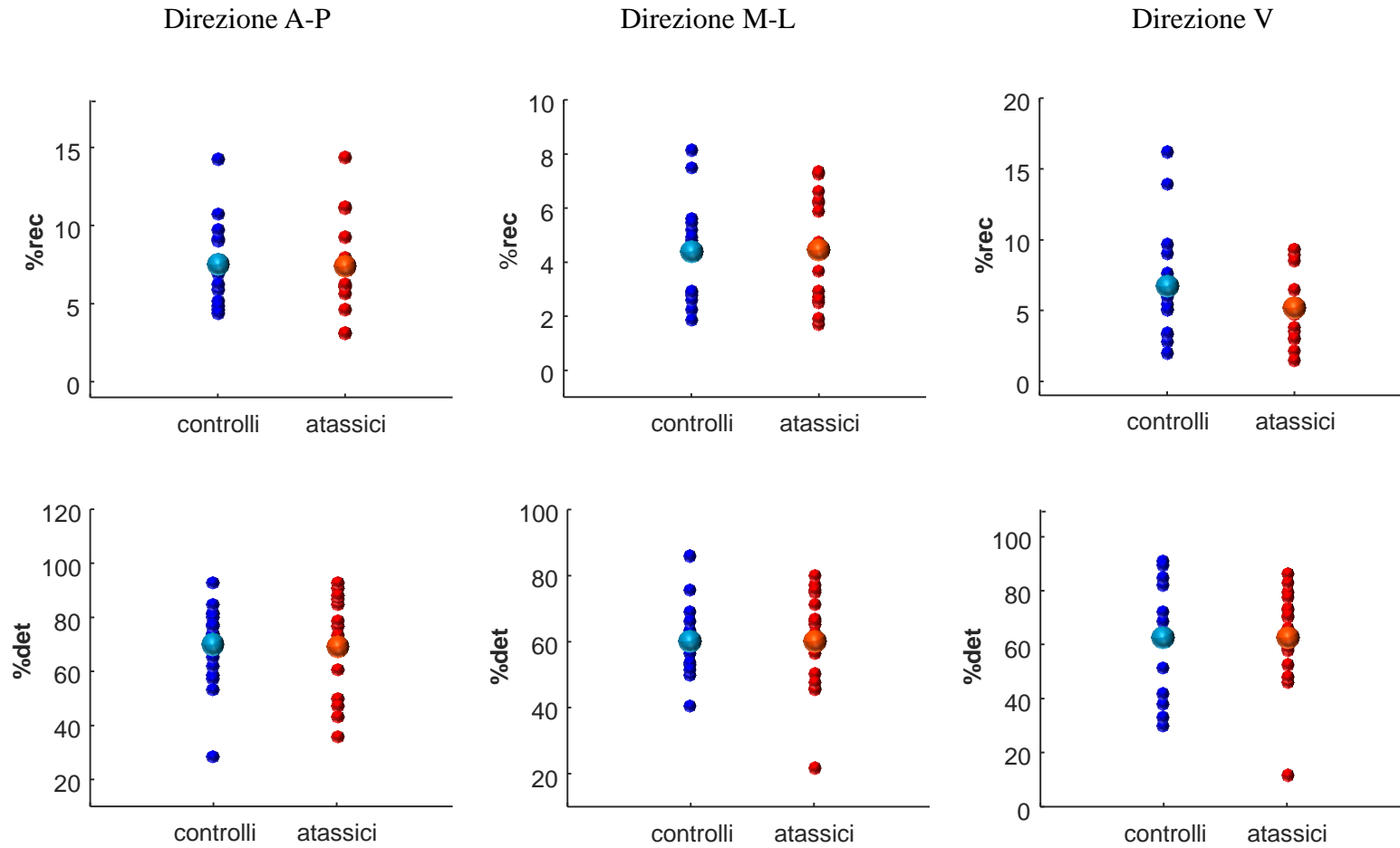
Direzione A-P



4. Results



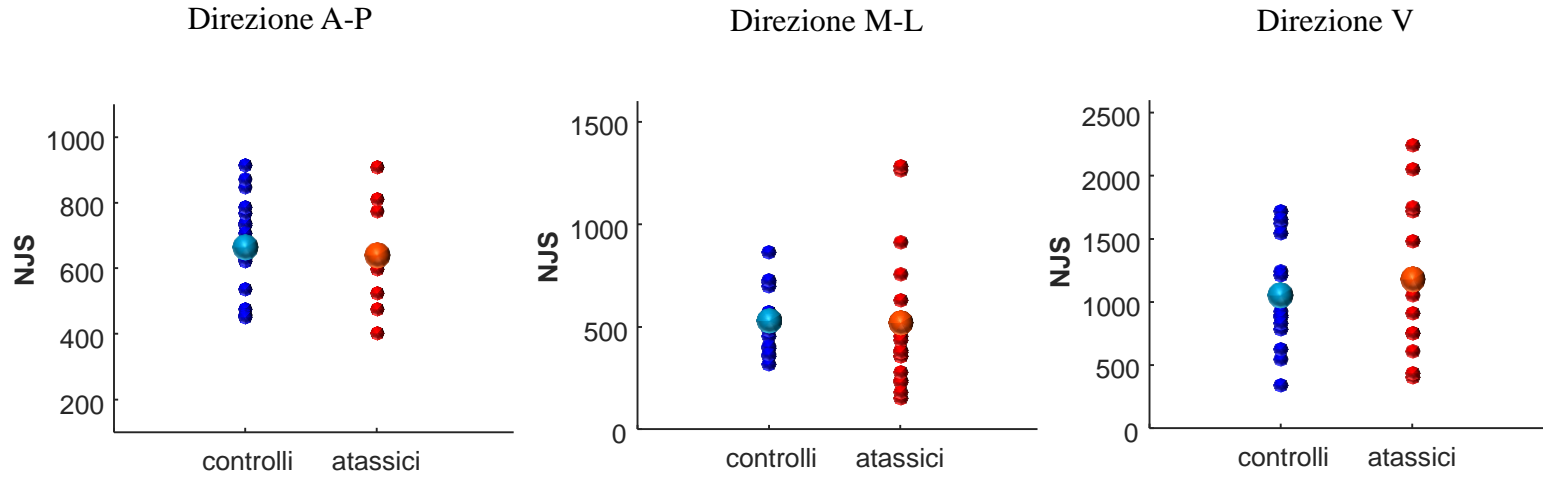
3. Recurrence quantitative analysis (RQA)



4. Results



4. Normalized Jerk Score



4. Conclusioni



- ❑ Il CV e il coefficiente di Lyapunov sono gli indici più sensibili per studiare la stabilità dinamica nei pazienti con AC
- ❑ Sembrano esplorare aspetti diversi della stabilità dinamica

Grazie per l'attenzione

Ringraziamenti:

Prof. F. Pierelli, Prof C. Casali, Dott. C. Marcotulli

Ing. G. Chini, Ing. C. Conte, Ing. T. Tavecchia, Ing. M. Rinaldi, Ing. A. Ranavolo