



# Marcatori EEG in stato di riposo nello spazio

Relatori:

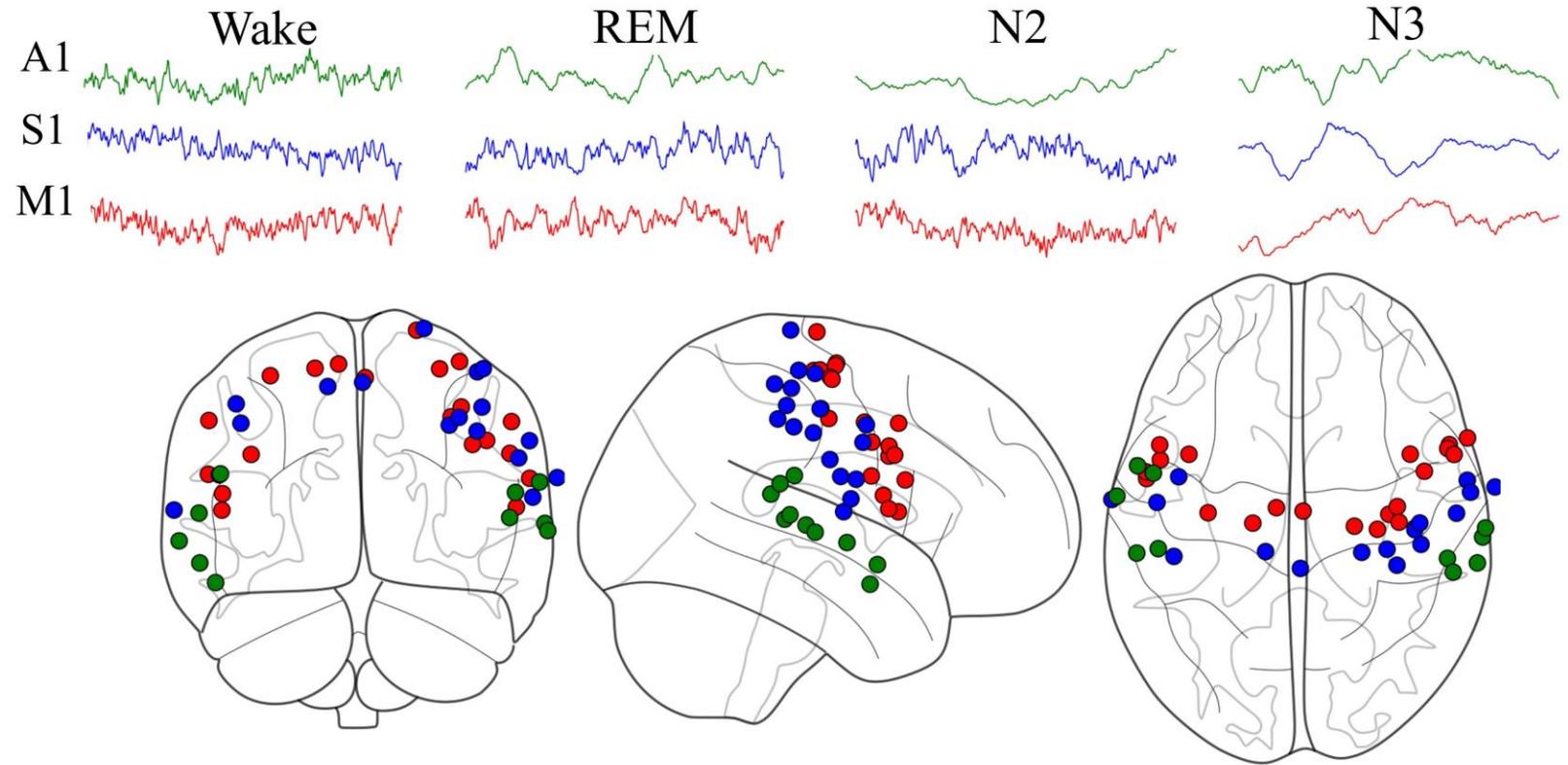
**Dr.ssa Karolina Armonaite**, Università Uninettuno, [karolina.armonaite@uninettunouniversity.net](mailto:karolina.armonaite@uninettunouniversity.net)

**Prof. Livio Conti**, Università Uninettuno & INFN Sezione Tor Vergata, [livio.conti@uninettunouniversity.net](mailto:livio.conti@uninettunouniversity.net)

**Prof.ssa Franca Tecchio**, LET'S - ISTC (CNR) & Università Uninettuno, [franca.tecchio@cnr.it](mailto:franca.tecchio@cnr.it)

# La neurodinamica a riposo esprime comportamenti caratteristici

- Gli ensemble neuronali, di decine di migliaia di neuroni, connessi a molteplici aree, esprimono una **attività elettrica con caratteristiche di complessità**.
- La neurodinamica locale mostra comportamenti tipici:
  - nei diversi stati d'attivazione
  - nelle varie aree cerebrali.
- La comunità neuroscientifica è attiva per identificare metodi computazionali robusti per:
  - estrarre la neurodinamica da segnali EEG;
  - caratterizzare la neurodinamica;
  - caratterizzare la sincronizzazione tra nodi della rete.

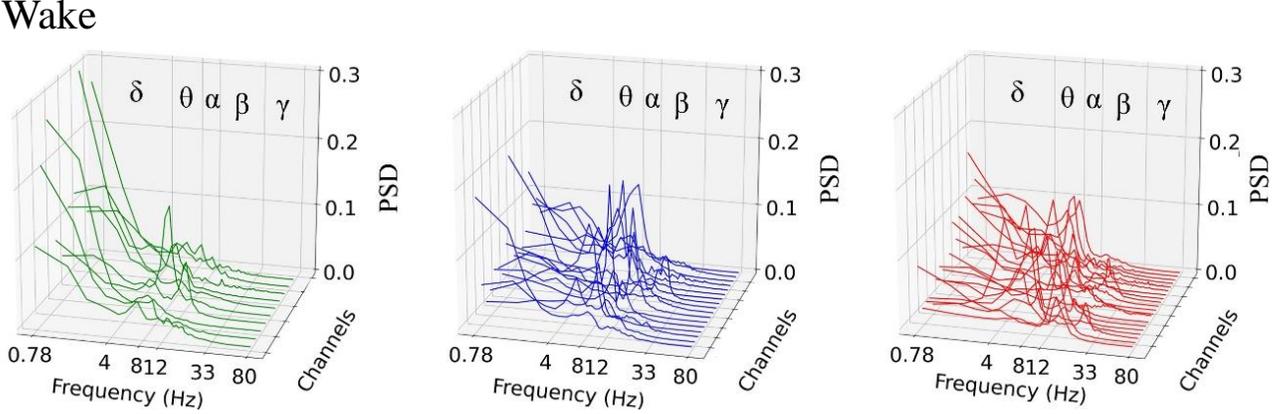


Armonaitė et al., *Cerebral Cortex*, 2022, <https://doi.org/10.1093/cercor/bhac274>

# Misure lineari della neurodinamica locale

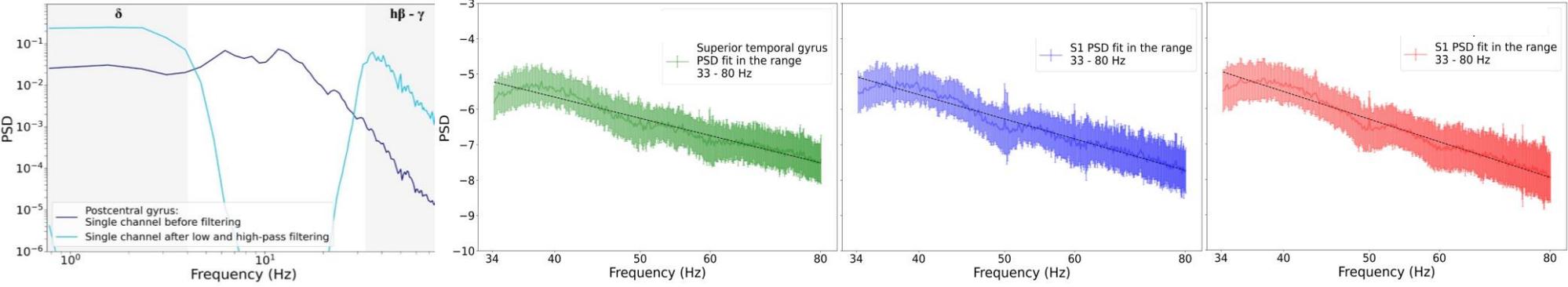
## Studio Power Spectrum Density (PSD)

- Aree studiate:
  - uditiva (A1)
  - somatosensoriale (S1)
  - motoria (M1)
- Stati: veglia / sonno



Nello stato di sonno le ampiezze maggiori della PSD si trovano a bande di frequenza inferiori rispetto allo stato di veglia.

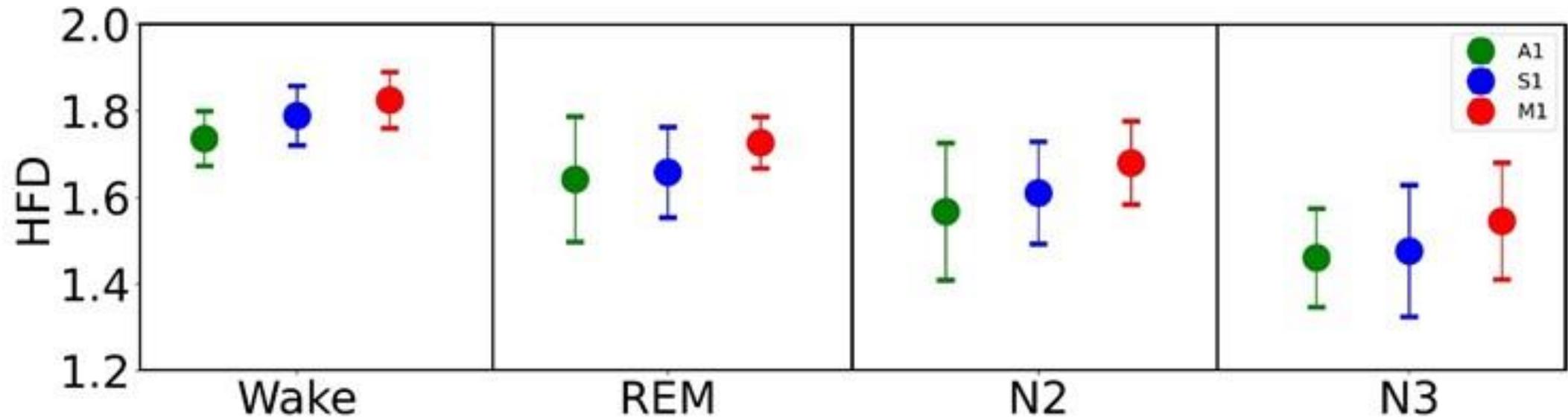
## Studio invarianza di scala della PSD (power law): $f^{-\beta}$



- La power law è più evidente nelle bande high- $\beta$  e  $\gamma$  (33 ÷ 80 Hz)
- Il power law exponent  $\beta$  è diverso nelle aree A1, S1, M1

# Misure non-lineari della neurodinamica locale

## Higuchi Fractal Dimension (HFD)

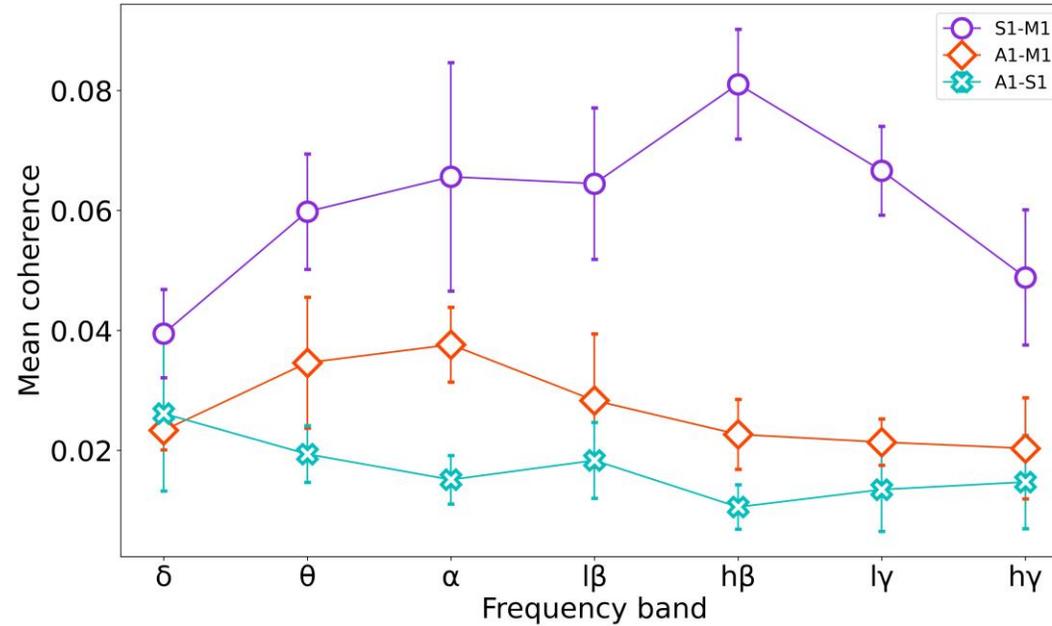


Armonaitė et al., *Cerebral Cortex*, 2022, <https://doi.org/10.1093/cercor/bhac274>

- Calcolo HFD per A1, S1 ed M1 sulla popolazione in stati di veglia / sonno (REM, N2 e N3).
- **HFD è diversa nelle diverse aree corticali in ciascun soggetto** (dati non mostrati qui).
- Le differenze non sono evidenti a livello di popolazione.
- Tuttavia HFD è diversa nei diversi stati di veglia / sonno.

# Misure lineari di connettività funzionale

## Coerenza spettrale (correlazione in frequenza)



$$C_{xy}(f) = \frac{|G_{xy}(f)|^2}{G_{xx}(f) G_{yy}(f)}$$

- Numeratore: spettro del prodotto dei segnali
- Denominatore: prodotto degli spettri dei due segnali.

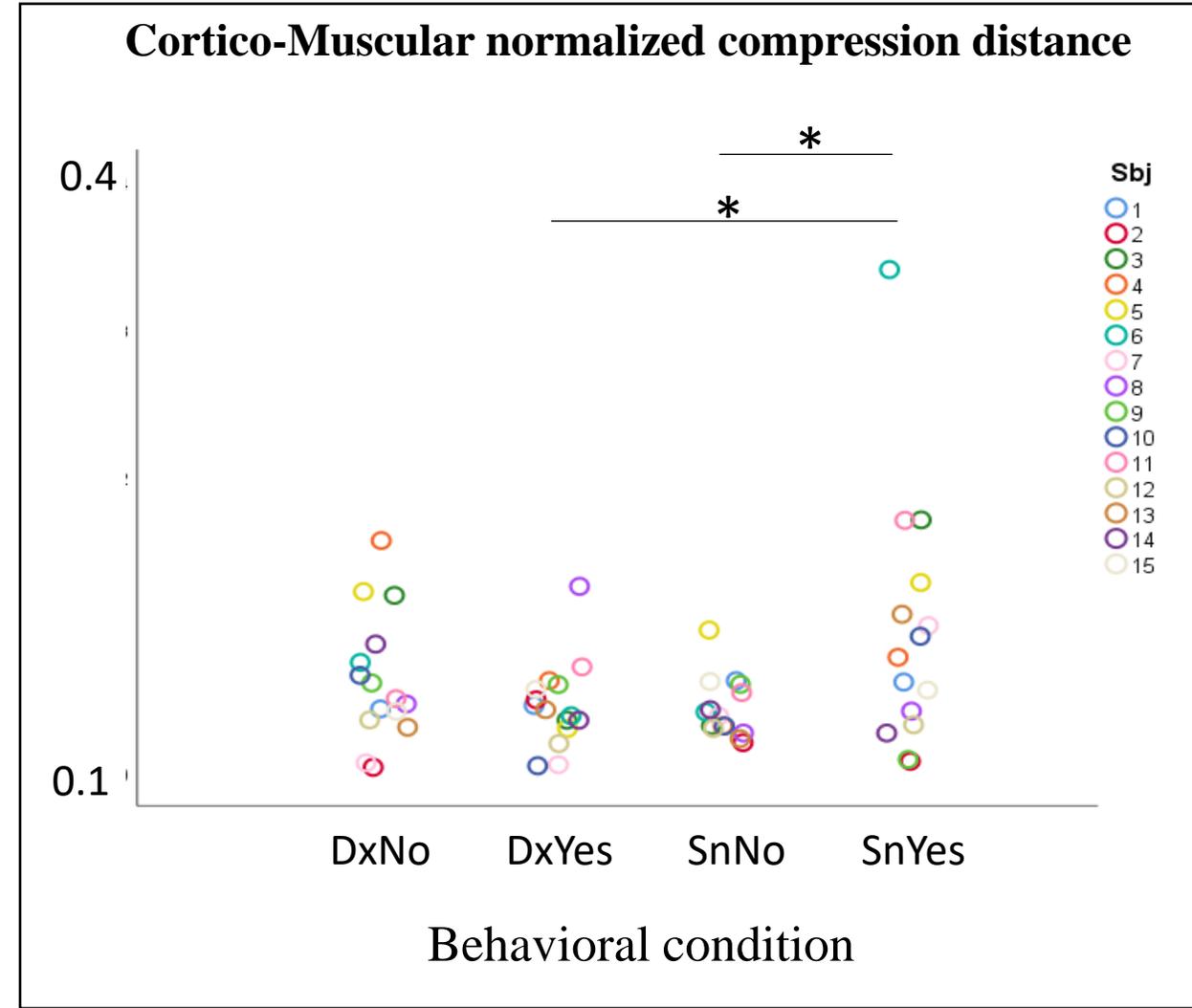
- In tutti gli stati la coerenza spettrale tra S1 ed M1 è maggiore di quella tra altre regioni.

# Misure non-lineari di connettività funzionale

## Normalized Compression Distance (NCD)

$$NCD(x, y) = \frac{C(xy) - \min(C(x), C(y))}{\max(C(x), C(y))}$$

- $C(x)$  è la dimensione compressa del segnale  $x$
- $C(y)$  è la dimensione compressa del segnale  $y$
- $C(xy)$  è la dimensione compressa (lunghezza della sequenza ottenuta applicando il compressore  $C$ ) della concatenazione di  $x$  e  $y$
- NCD assume valori tra 0 and 1: 0 indica massima similarità e 1 minima.



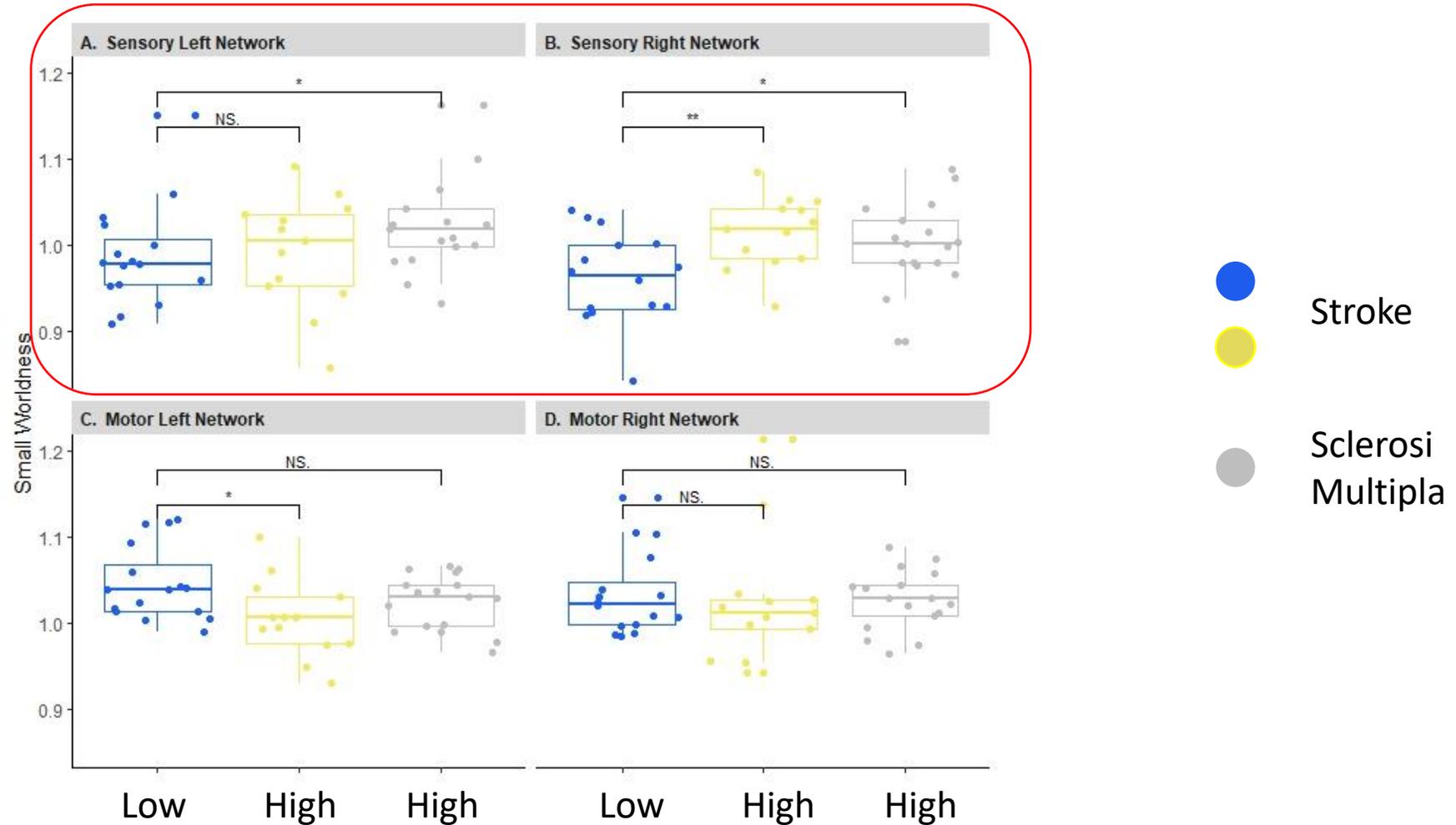
# La neurodinamica cambia nello spazio ?

## I nostri obiettivi:

- Utilizzare metodi che permettono di studiare le caratteristiche distintive della neurodinamica a riposo in specifiche aree corticali, focalizzandoci su:
  - **indagine del bilanciamento:**
    - tra attività neuronali sensori-motorie
    - tra aree omologhe destra/sinistra
  - **analisi delle caratteristiche della neurodinamica locale**, come espressione dei bilanciamenti tra un'area ed il resto della rete cerebrale cui è connessa.
- Lo studio verrà condotto su:
  - dati a terra forniti dal laboratorio LET'S (ISTC – CNR)
  - dati nello spazio raccolti dalla missione ALTEA

# Connettività funzionale intra-corticale

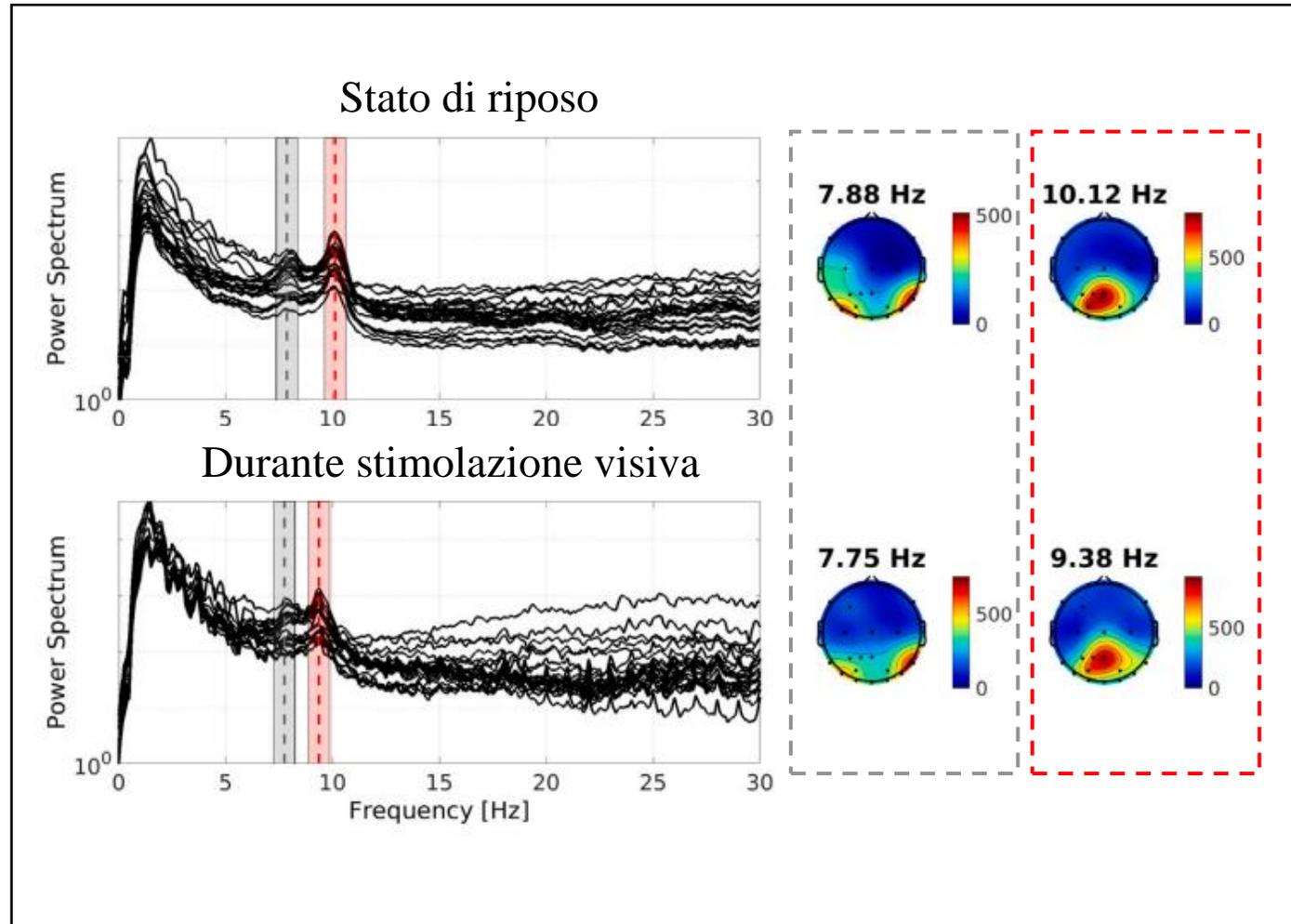
Connettività funzionale maggiormente alterata nelle regioni **somatosensoriali parietali** nella **fatica** da Sclerosi Multipla e Stroke (indipendente dalla condizione generante)



# Cosa è stato fatto fino ad oggi ?

## Analisi Missione ALTEA, 2006

- Dati EEG:
  - 7 astronauti sulla ISS;
  - in stato di riposo;
  - in stato di stimolazione visiva.
- Nel grafico è mostrata [per un soggetto rappresentativo]
  - Sinistra: PSD di tutti canali EEG
  - Destra: distribuzione spaziale della PSD alle due frequenze di picco d'ampiezza tratteggiate in grigio e rosso nei grafici a sinistra



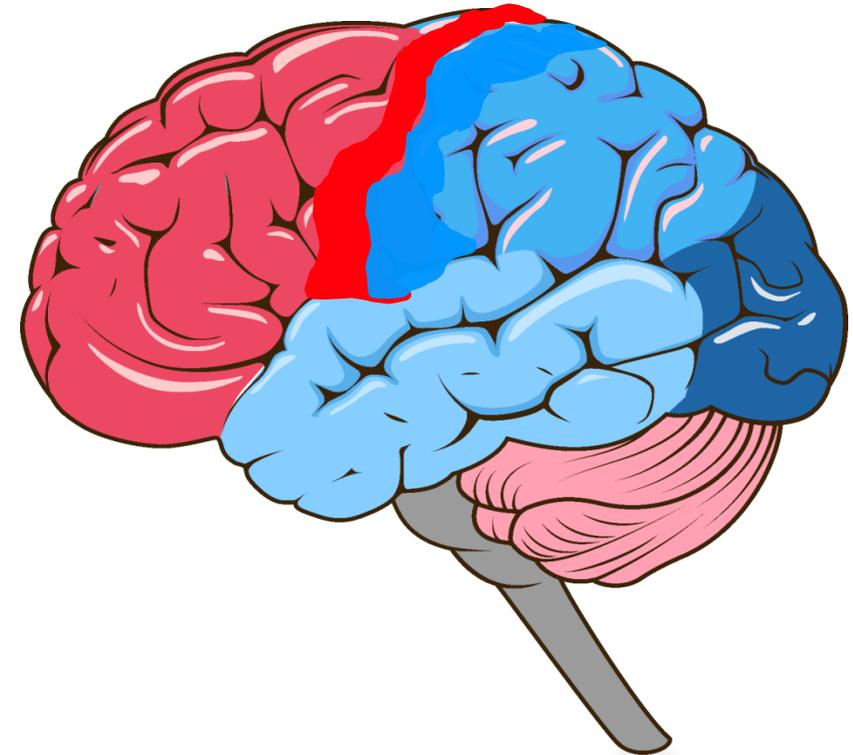
# Nostra proposta di avanzamento

**Corteccie primarie sensoriale (S1) e motoria (M1), ultima stazione per interazione con l'ambiente**

L'attività neuronale si sviluppa attraverso equilibri che determinano il benessere dell'individuo consentendo il corretto orientamento verso obiettivi adeguati, e determinando il buon funzionamento dell'intero sistema.

Due equilibri critici sono:

- tra il sistema sensoriale e quello motorio;
- tra gli omologhi destri e sinistri delle regioni corticali.

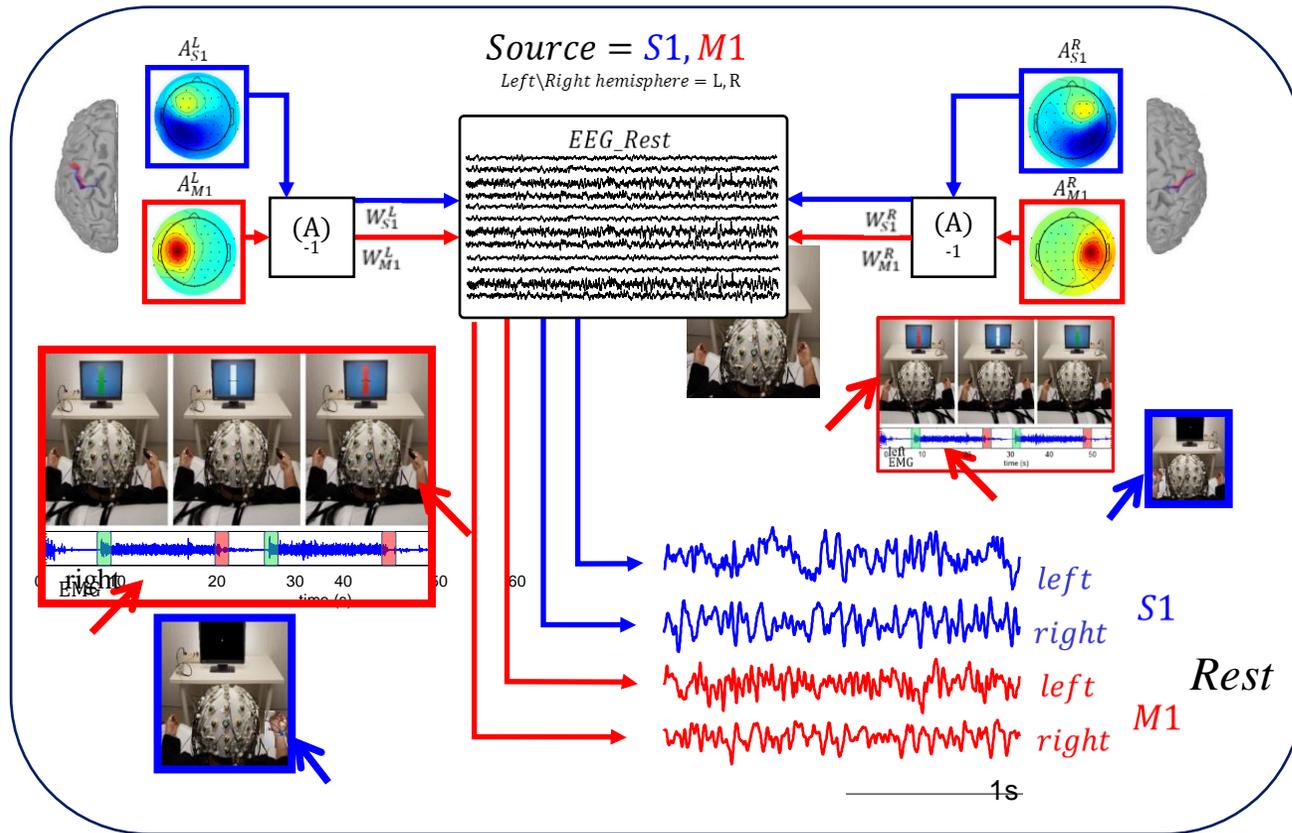


## **Obiettivi:**

indagare gli aspetti dell'attività neuronale a riposo che possono essere modificati nelle condizioni di microgravità, alterazioni del sonno e stati di stress presenti in varia misura nel volo e nella permanenza nello spazio.

# Identificazione delle regioni S1 e M1 dai segnali EEG

## Identificare S1 e M1 con un algoritmo Functional Source Separation (FSS)



- FSS: modello Independent Component Analysis (ICA) con vincolo funzionale “impronta digitale funzionale” dell’area corticale d’interesse
- FSS consente di identificare in modo affidabile S1 e M1 nei due emisferi.

$$\mathbf{F} = \mathbf{J} + \lambda \mathbf{H}$$

Dove:  $\mathbf{J}$  = curiosità,  
 $\mathbf{H}$  = informazioni a priori dai sorgenti,  
 $\lambda$  = peso.

Recenti pubblicazioni del Team: *Tecchio et al Jphysiol* 2007

*Tecchio et al Neuroimage* 2006

*Pittaccio et al HBM* 2011

*Tecchio et al Brain* 2009

*Tecchio et al Neuroimage* 2008

*Melgari et al Neurosci* 2013

*Betti et al JNeurosci* 2009

*Porcaro et al HBM* 2009

*Cottone et al JNeurosci* 2018

# Team

	<b>Affiliazione</b>	<b>Ruolo</b>
<b>Karolina Armonaite</b>	Facoltà di Ingegneria, Università Uninettuno e LET'S (ISTC-CNR)	Responsabile analisi dati
<b>Marco Balsi</b>	DIET, Università La Sapienza	Responsabile data conditioning & processing
<b>Annalisa Pascarella</b>	IAC-CNR	Responsabile integrazione algoritmica con software neuroscientifici
<b>Camillo Porcaro</b>	Università di Padova	Responsabile innovazione FSS per la presente applicazione
<b>Livio Narici</b>	Università Tor Vergata e INFN Sezione Tor Vergata	Responsabile missione ALTEA
<b>Luca Paulon</b>	Laboratorio LET'S (ISTC-CNR)	Responsabile database
<b>Franca Tecchio</b>	ISTC-CNR, LET'S, Facoltà di Psicologia Uninettuno	Direttore laboratorio LET'S Responsabile studi di neuroscienze
<b>Livio Conti</b>	Facoltà di Ingegneria, Università Uninettuno e INFN - Sezione Tor Vergata	Responsabile progetto