



Marcatori EEG in stato di riposo nello spazio

Relatori:

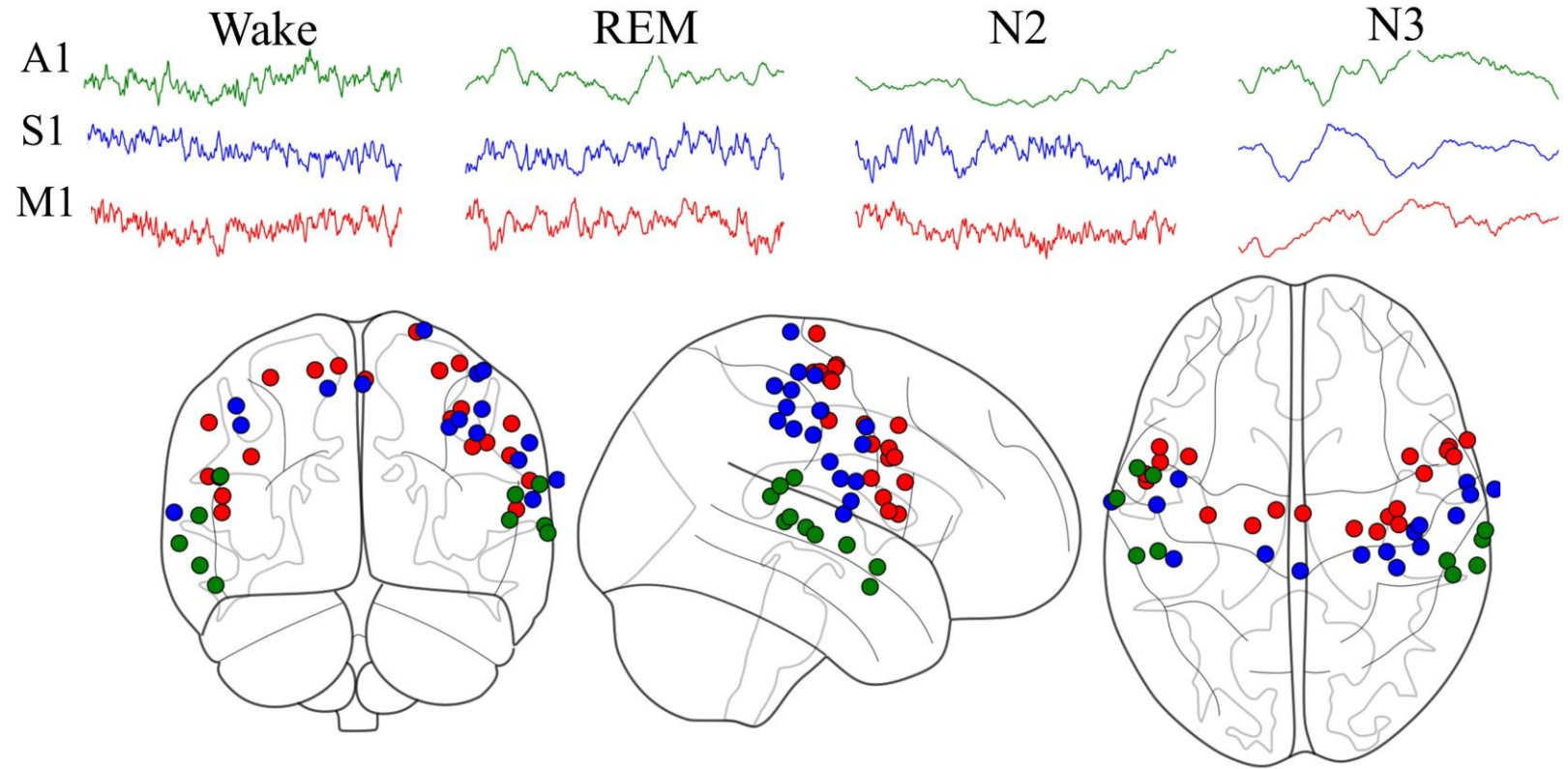
Dr.ssa Karolina Armonaite, Università Uninettuno, karolina.armonaite@uninettunouniversity.net

Prof. Livio Conti, Università Uninettuno & INFN Sezione Tor Vergata, livio.conti@uninettunouniversity.net

Prof.ssa Franca Tecchio, LET'S - ISTC (CNR) & Università Uninettuno, 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.

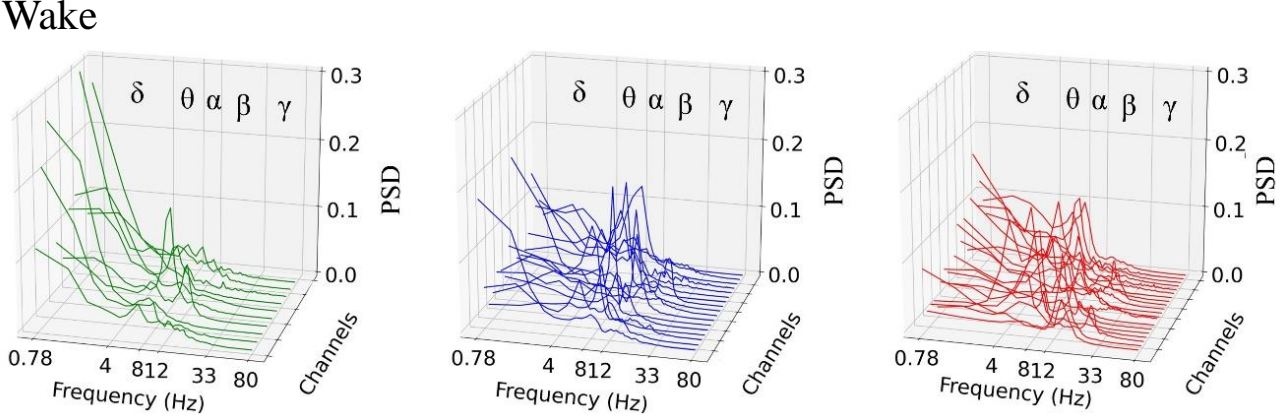


Armonaitė et al., *Cerebral Cortex*, 2022, <https://doi.org/10.1093/cercor/bhac274>

Misure lineari della neurodinamica locale

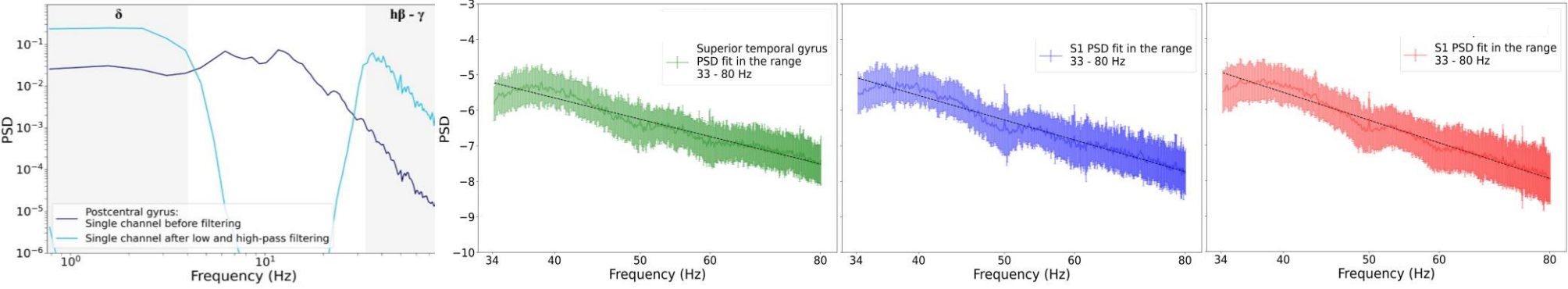
Studio Power Spectrum Density (PSD)

- 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.

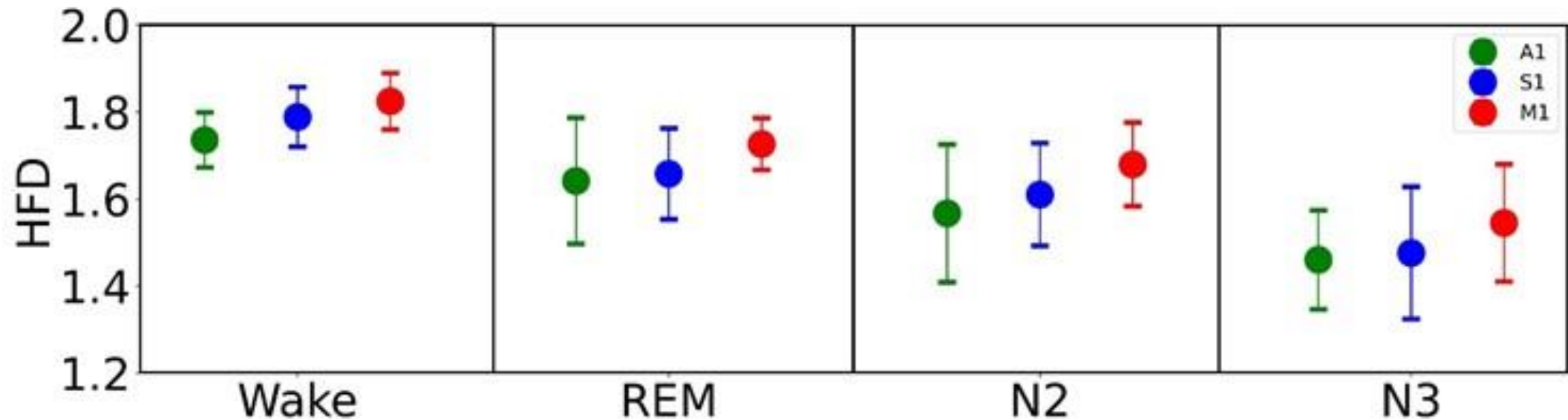
Studio invarianza di scala della PSD (power law): $f^{-\beta}$



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

Misure non-lineari della neurodinamica locale

Higuchi Fractal Dimension (HFD)

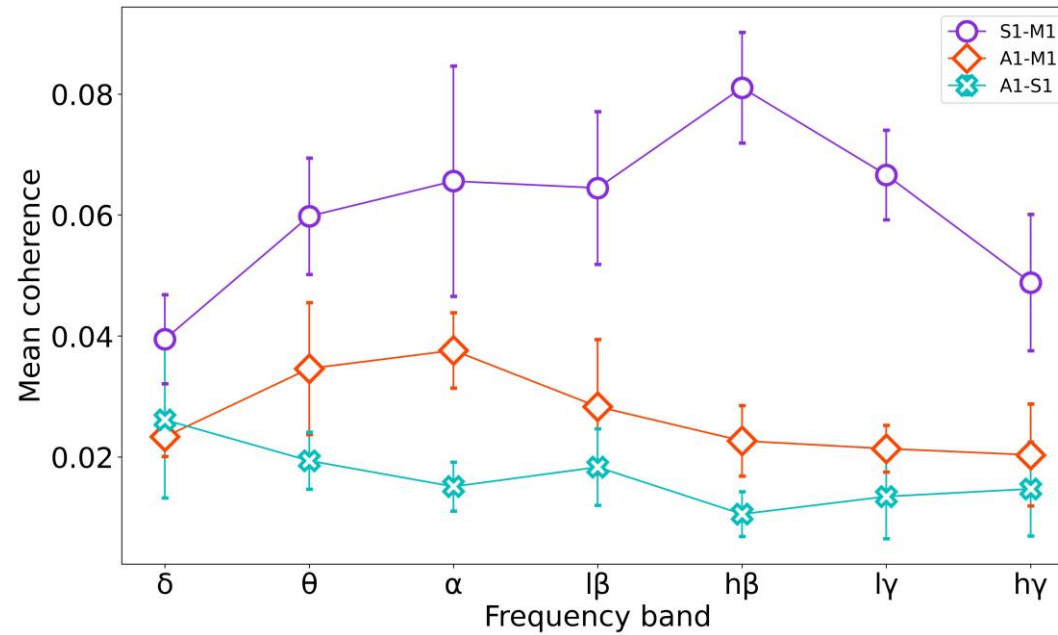


Armonaitė et al., *Cerebral Cortex*, 2022, <https://doi.org/10.1093/cercor/bhac274>

- 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.

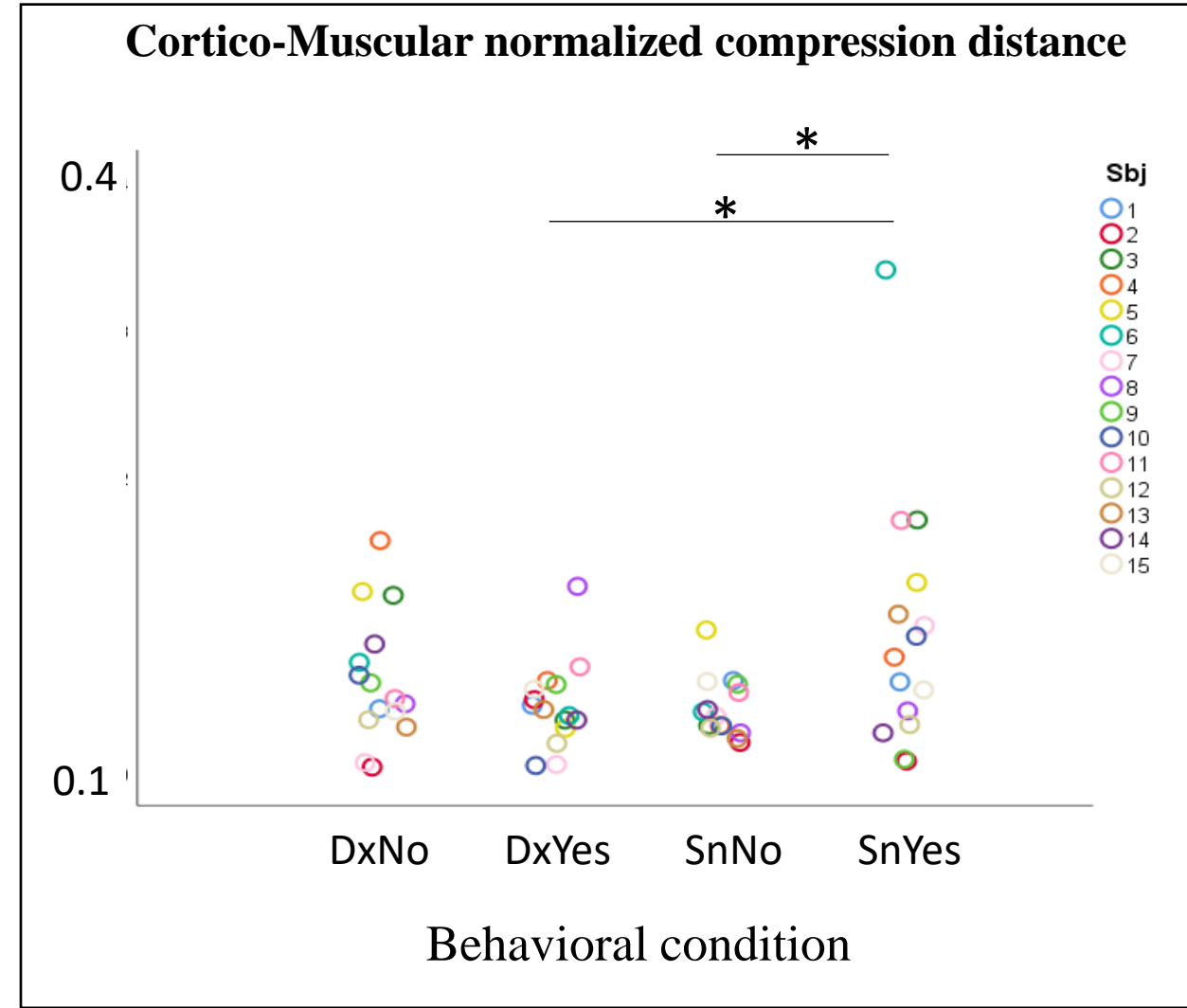
- In tutti gli stati la coerenza spettrale tra S1 ed M1 è maggiore di quella tra altre regioni.

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.



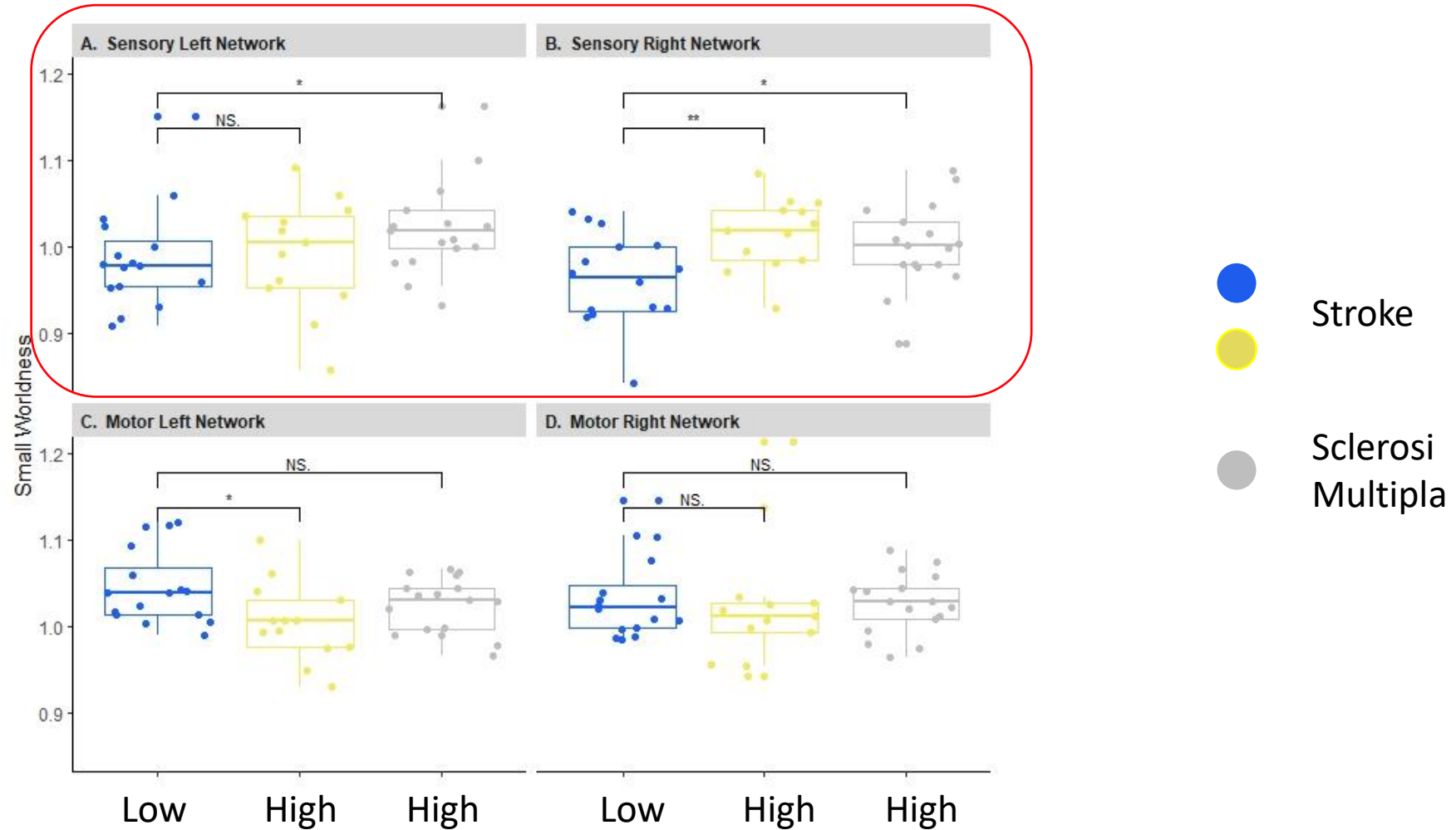
La neurodinamica cambia nello spazio ?

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

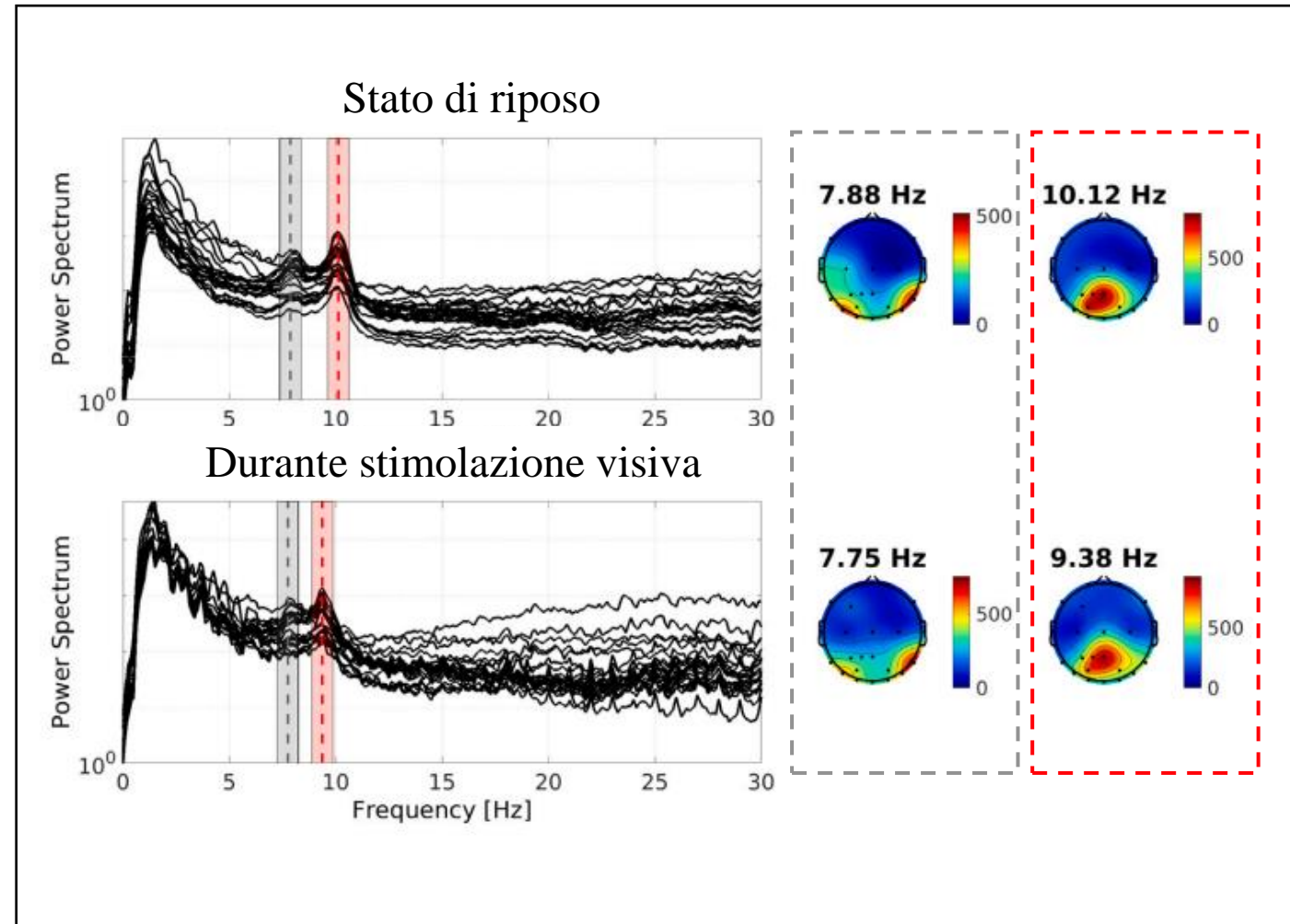
Connettività funzionale maggiormente alterata nelle regioni **somatosensoriali parietali** nella **fatica** da Sclerosi Multipla e Stroke (indipendente dalla condizione generante)



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



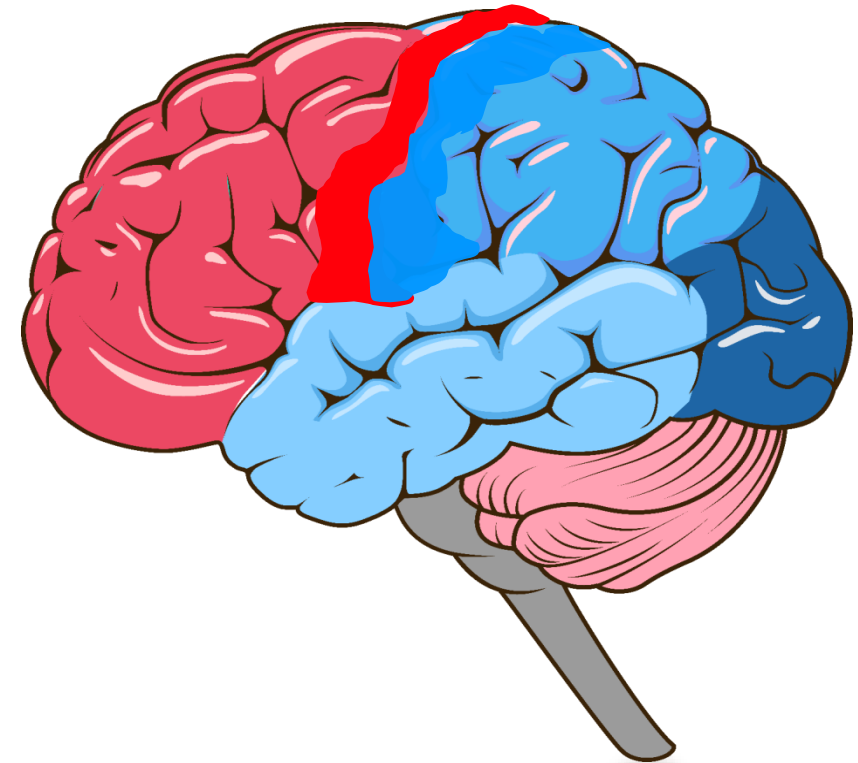
Nostra proposta di avanzamento

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.

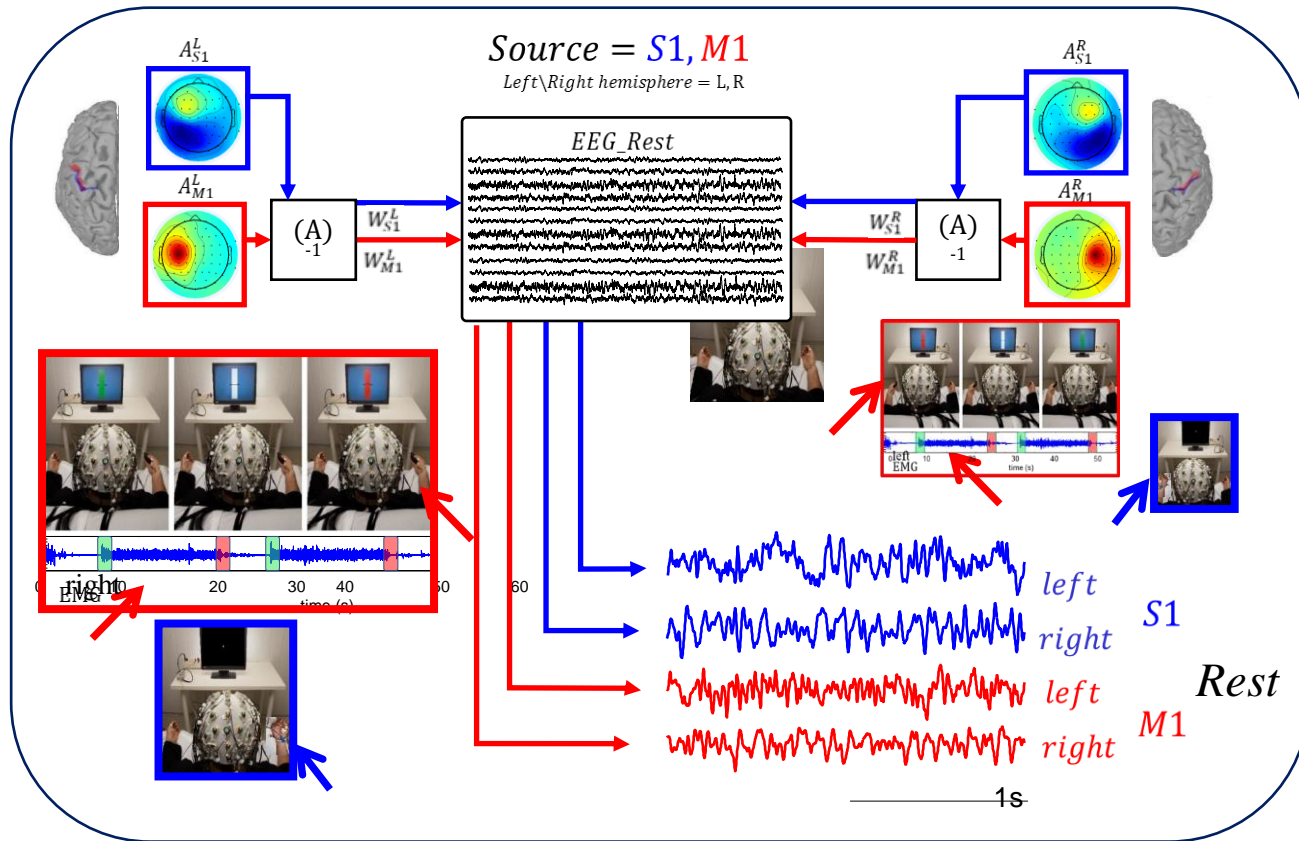


Obiettivi:

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: J = curiosità,
H = informazioni a priori dai sorgenti,
 λ = 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

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