Università degli Studi di Milano Bicocca
Scuola di Scienze
Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Comunicazione
Corso di laurea in Informatica

ANALISI DI SEGNALI EMG NEL CONTESTO DI UN ATTRAVERSAMENTO PEDONALE

Relatore: *Francesca Gasparini*
Co-relatore: *Aurora Saibene*

Andrea Monzani

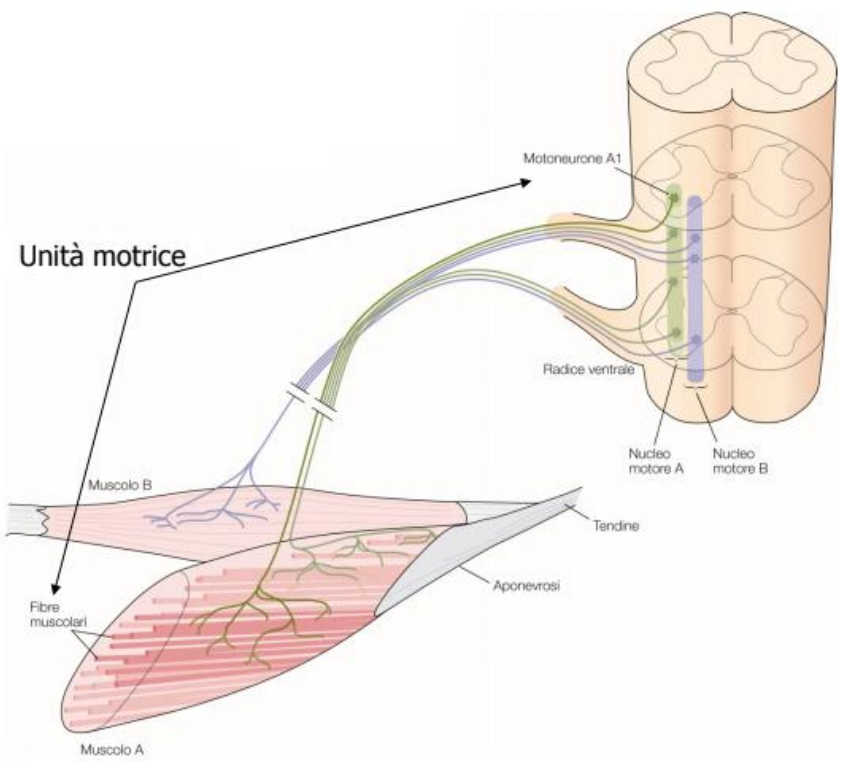
OUTLINE

- Progetto: analizzare la risposta fisiologica di un soggetto anziano in un attraversamento nel momento in cui sopraggiunge una macchina a guida autonoma

- In questa prima fase, mi sono occupato di una indagine preliminare su strada con un campione di persone giovani con questi obiettivi:
  - Registrare ed individuare strategie per analizzare segnali EMG
  - Generare una base dati di segnali
  - Stabilire una eventuale correlazione tra segnali registrati e movimento di un soggetto umano durante un attraversamento stradale

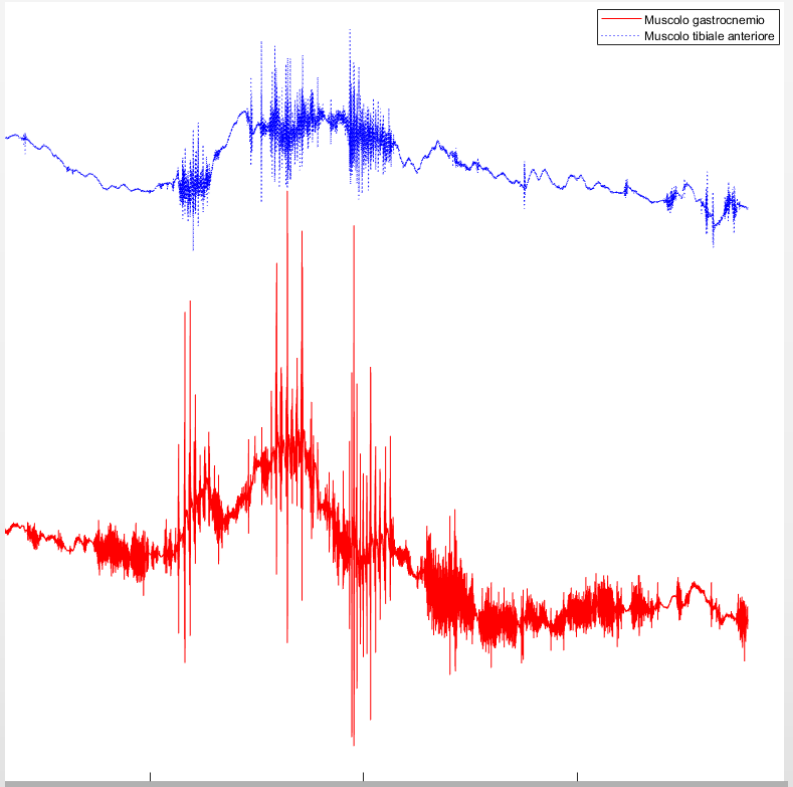
Fotogramma di un attraversamento durante l'esperimento

SEGNALE EMG



Unità base del movimento

Sensore EMG



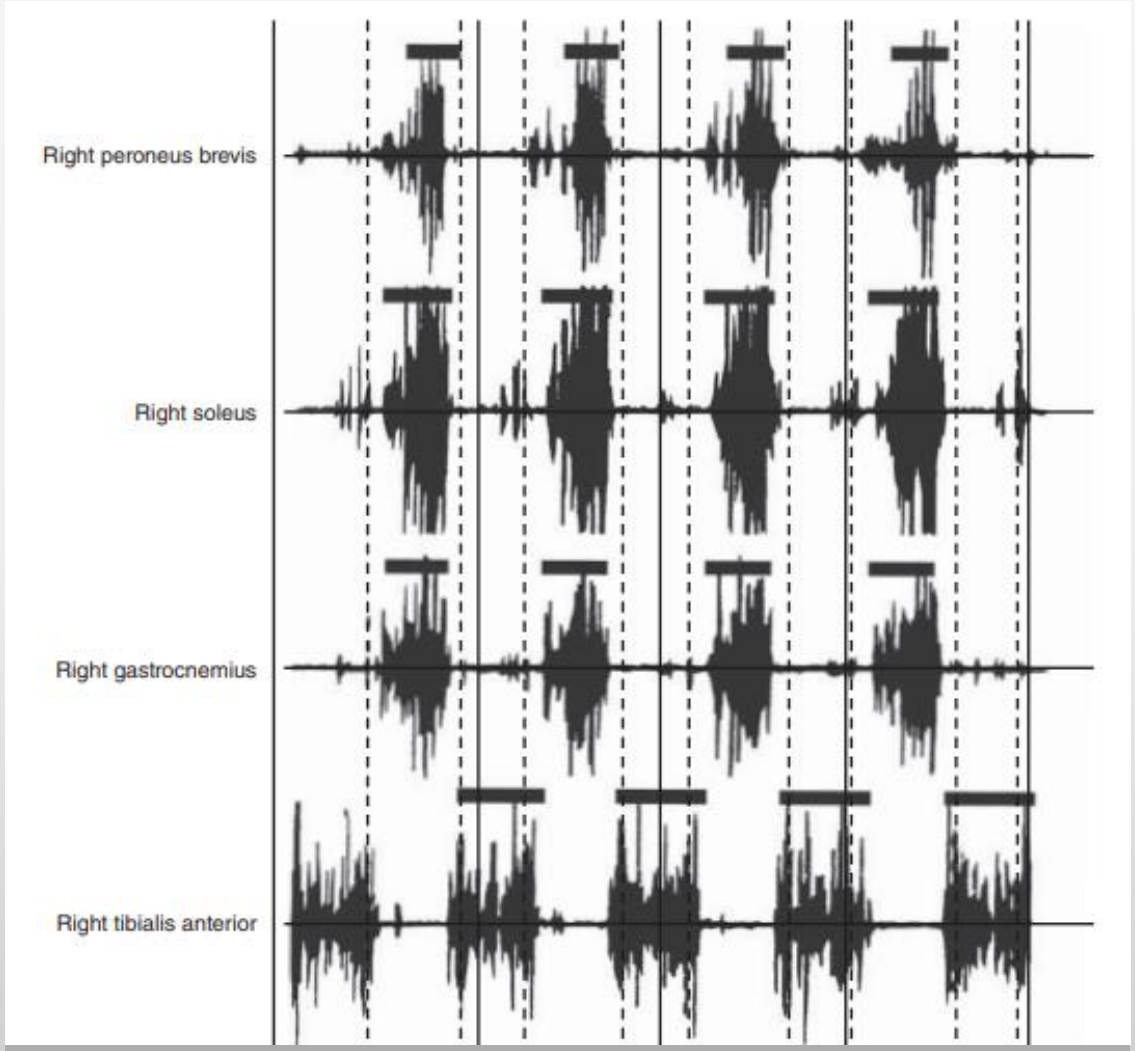
Segnale EMG registrato

CARATTERISTICHE DEL SEGNALE

- Ampiezza normalmente da -1 a 1 Volt
  Range di frequenze dai 10 ai 400 Hz

- Fortemente dipendente dalle caratteristiche del muscolo dal quale viene registrato
  - Lunghezza, posizione delle fibre
  - Temperatura
  - Tessuti che separano gli elettrodi

- Intrinsecamente rumoroso:
  - Artefatti del movimento
  - Power Line Interference
  - Crosstalk
  - Rumore interno



Segnali EMG di diversi muscoli durante la camminata

ESPERIMENTO

TRIAL TASK 1

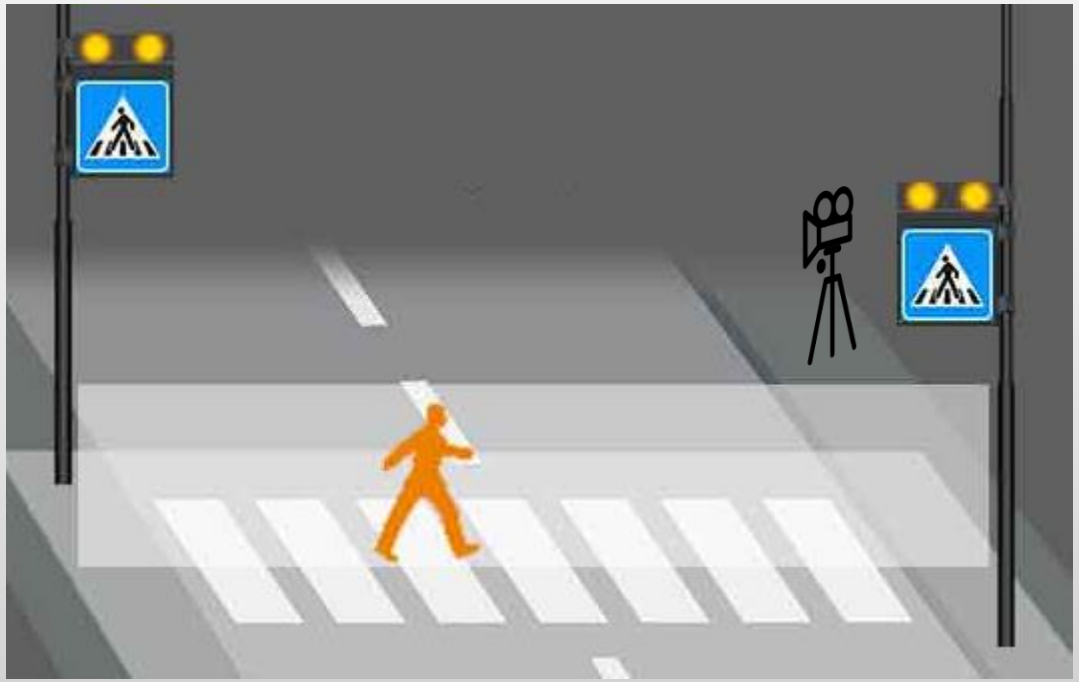
BASELINE
1 min

CAMMINATA
15m + 15m (avanti e indietro)

RIPOSO

BASELINE
1 min

TRIAL TASK 2



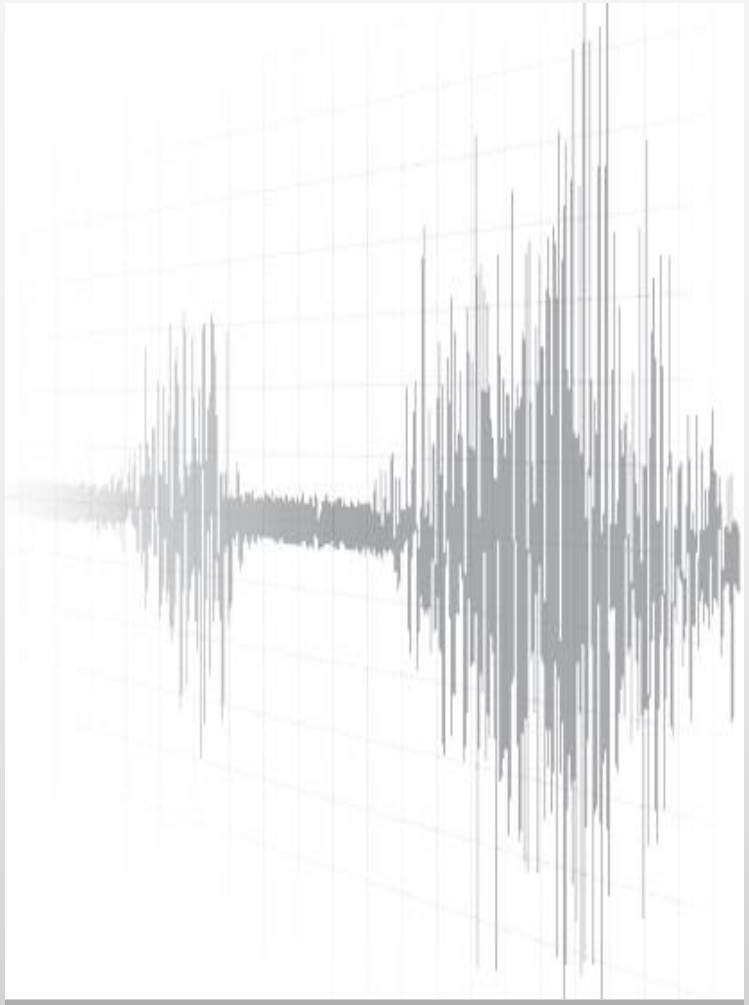
RIPOSO

BASELINE
1 min

- 13 soggetti
- Questionario alla fine di ogni attraversamento per rilevare il livello di stress
- Solo 3 attraversamenti indicati come stressanti
- Traffico assente per la maggior parte degli attraversamenti
- Registrazione EMG per il Gastrocnemio Mediale (GM) e Tibiale Anteriore (TA)

RIPETUTO 4 VOLTE

PIPELINE



Segnale EMG

PROCESSING

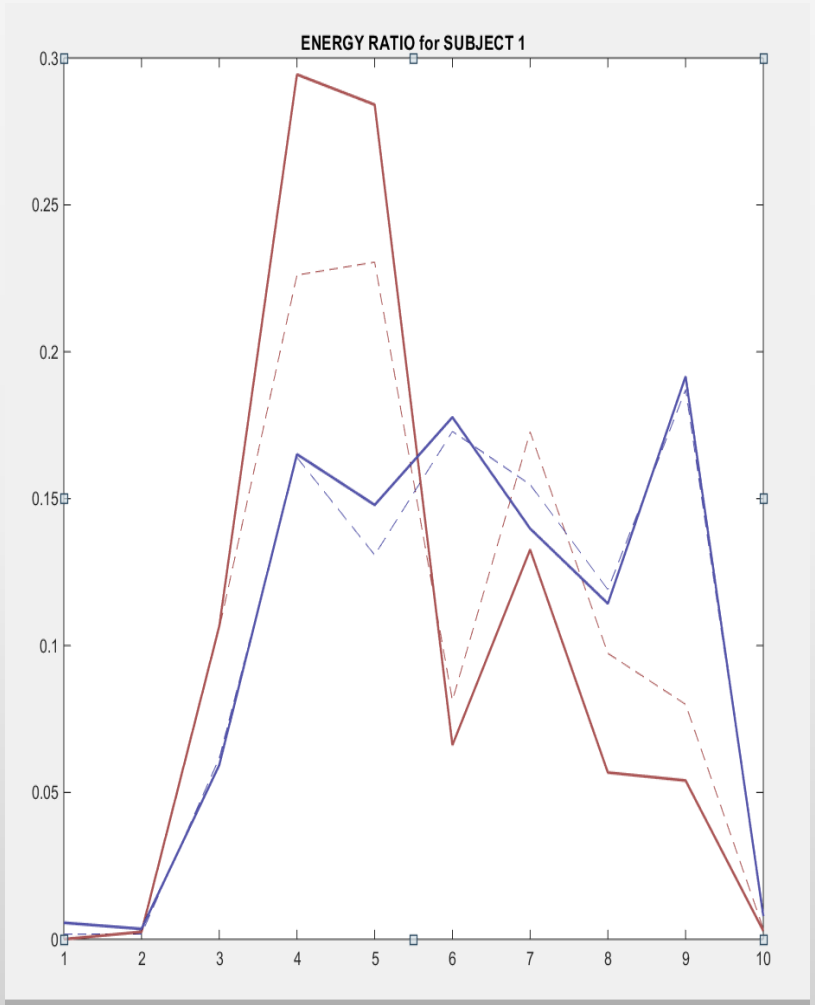
FILTRAGGIO PASSA BANDA

MARCATURE TEMPORALI

ESTRAZIONE FEATURE

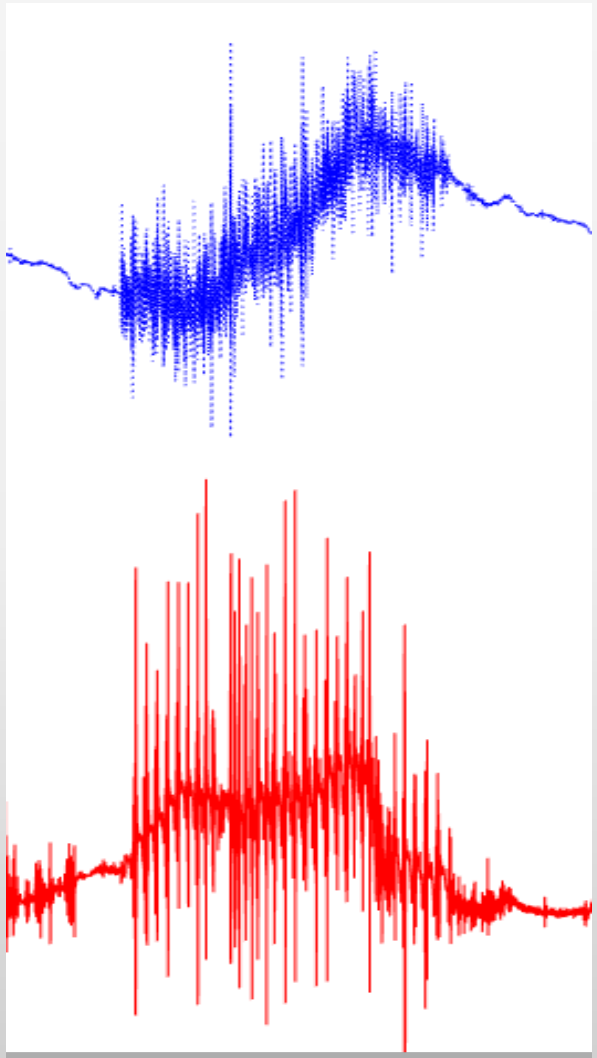
RMS, MAV, SSI VAR, MNF, MDP, FV

WAVELET ENERGY RATIO



Rapporti energia delle sottobande

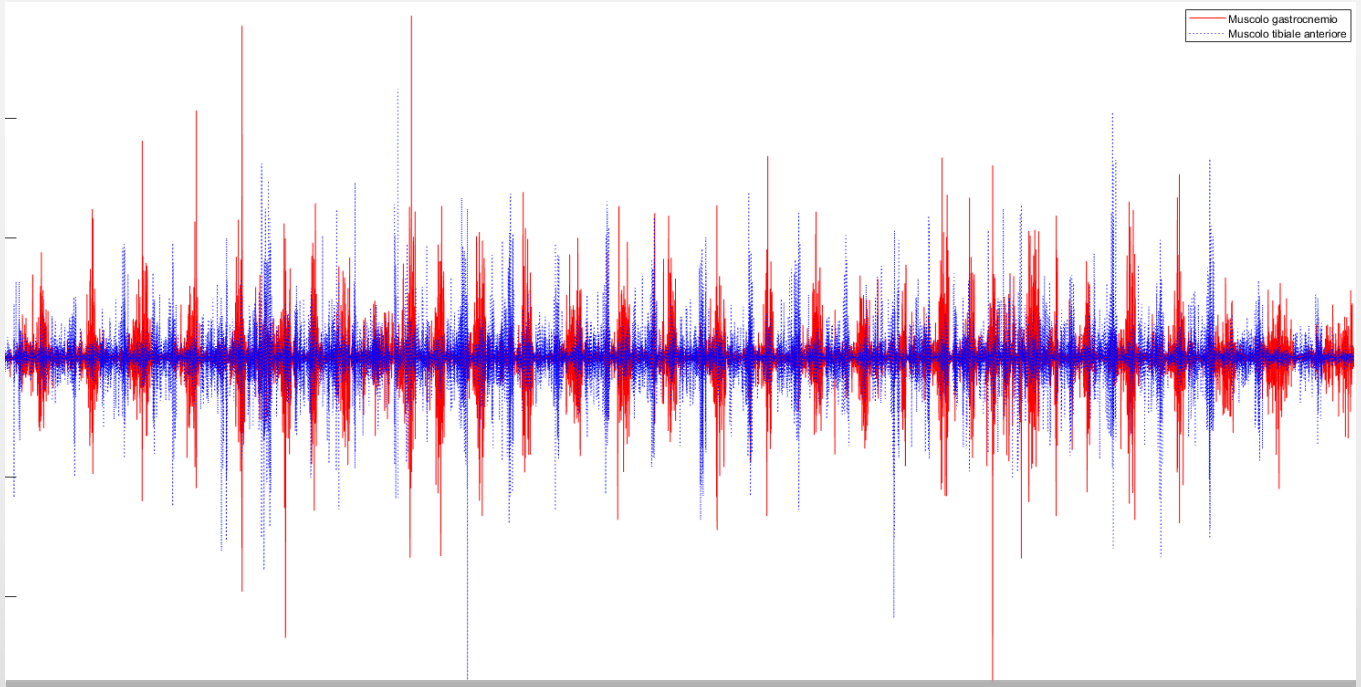
FILTRAGGIO SEGNALE



Pattern non filtrato della camminata

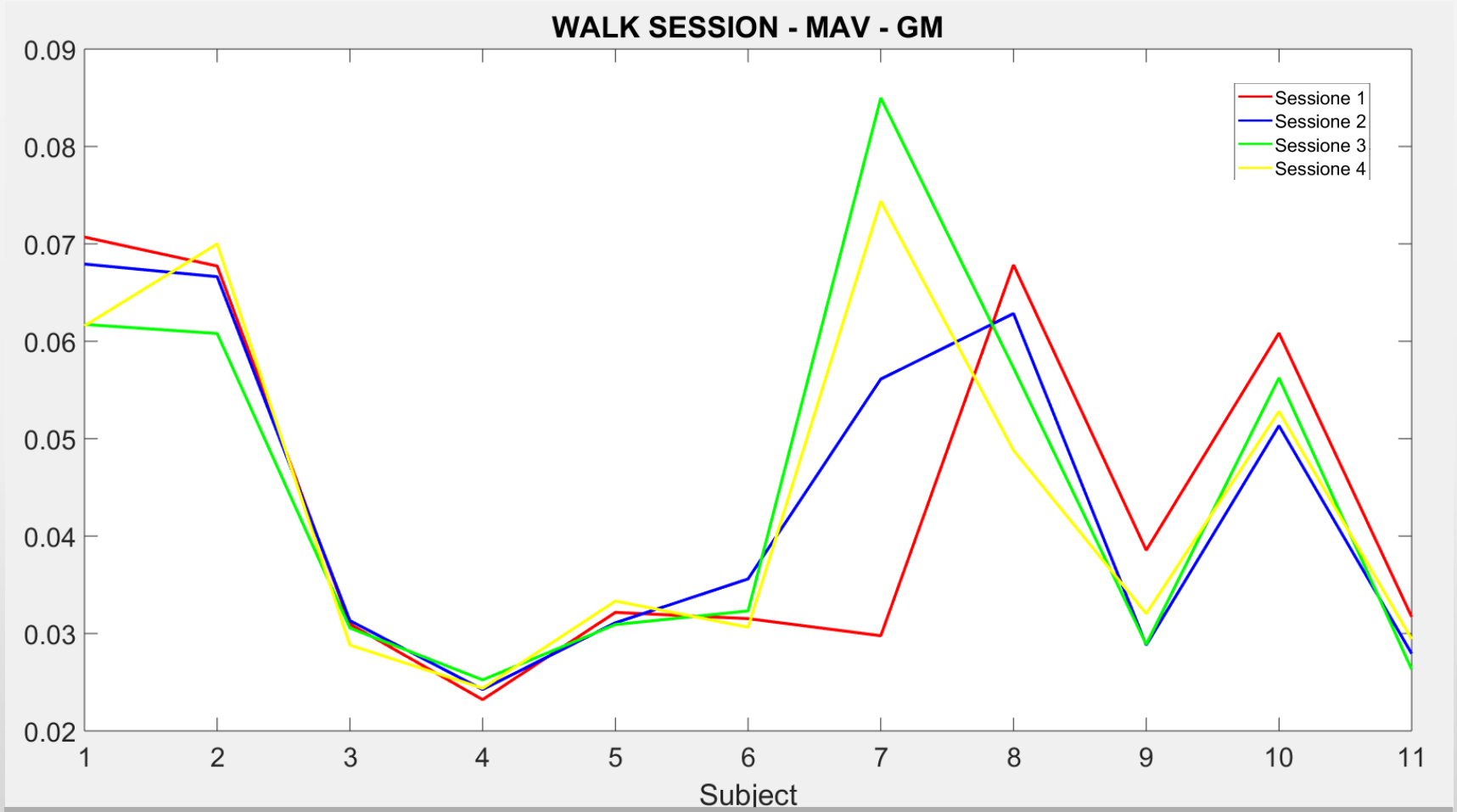
Filtraggio passa banda

20 – 250 Hz



Segnale dopo l'applicazione del filtro digitale

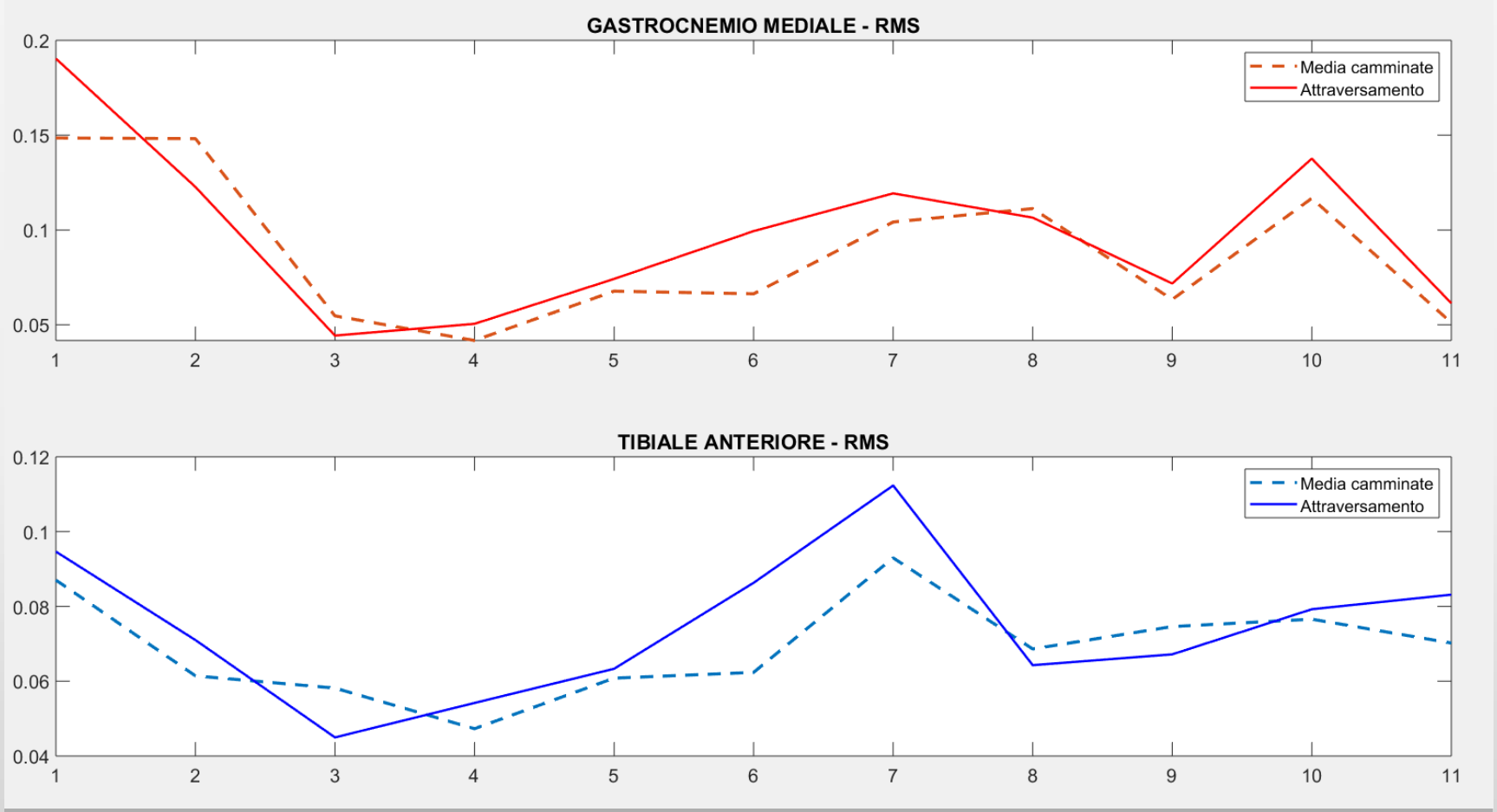
ANALISI FEATURE – MEAN ABSOLUTE VALUE



MAV calcolato sulle 4 sessioni per ciascuno degli 11 soggetti

- Valor medio assoluto molto simile se confrontiamo le sessioni di uno stesso soggetto
- Nessuna somiglianza se confrontiamo l'andamento tra diversi soggetti
- Il soggetto 7 presenta valori delle 4 sessioni totalmente diversi tra loro
- Le altre feature conservano un andamento simile
- Per il muscolo TA abbiamo invece valori più sparsi anche per il singolo soggetto

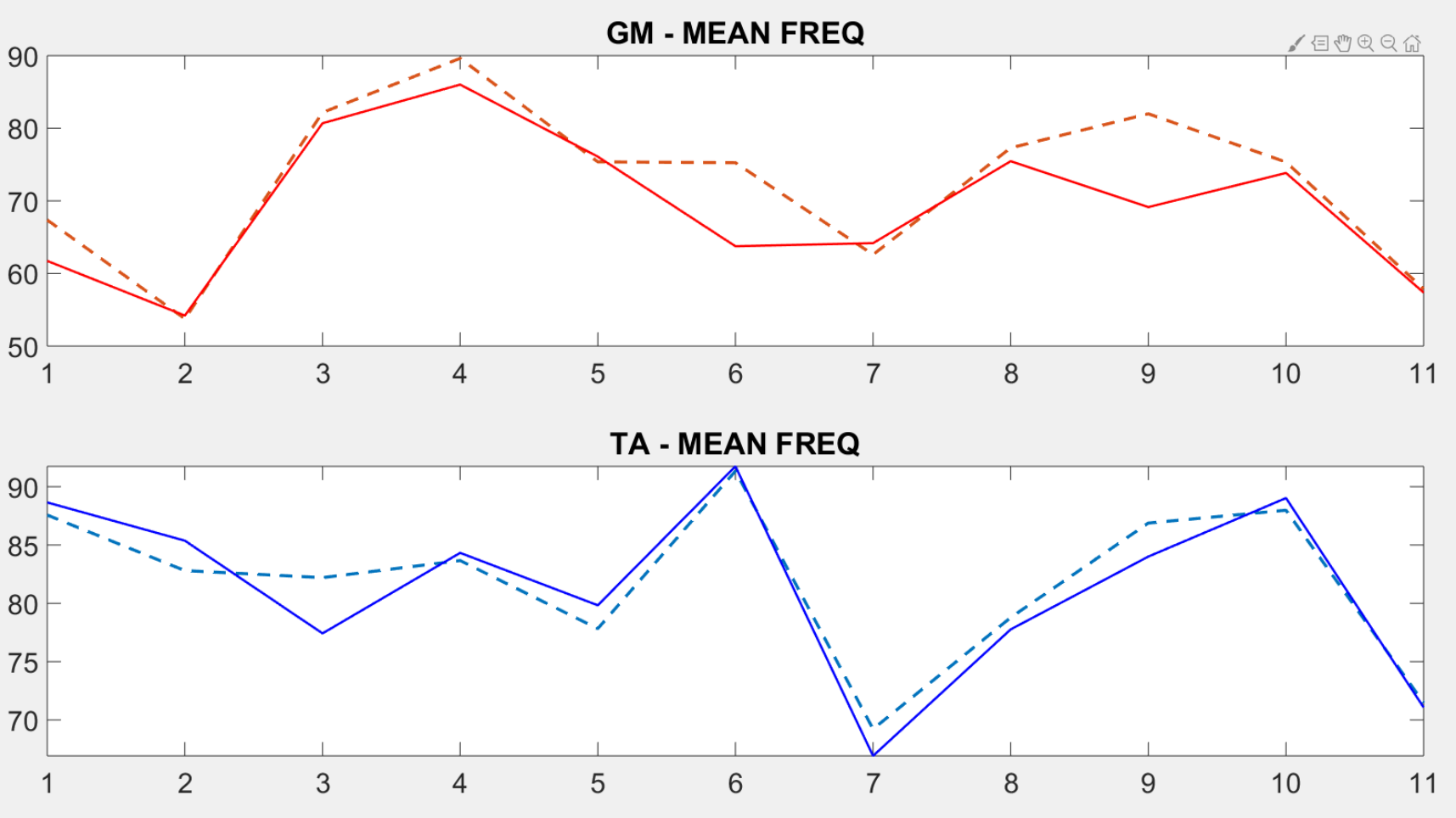
ANALISI FEATURE – ROOT MEAN SQUARE



Confronto sul RMS mediato tra le camminate e l'attraversamento degli 11 soggetti

- RMS dell'attraversamento tendenzialmente più altro se confrontato con il valore mediato ottenuto dalle 4 camminate (tratteggio)
- Nessuna somiglianza se confrontiamo il valore della feature tra soggetti

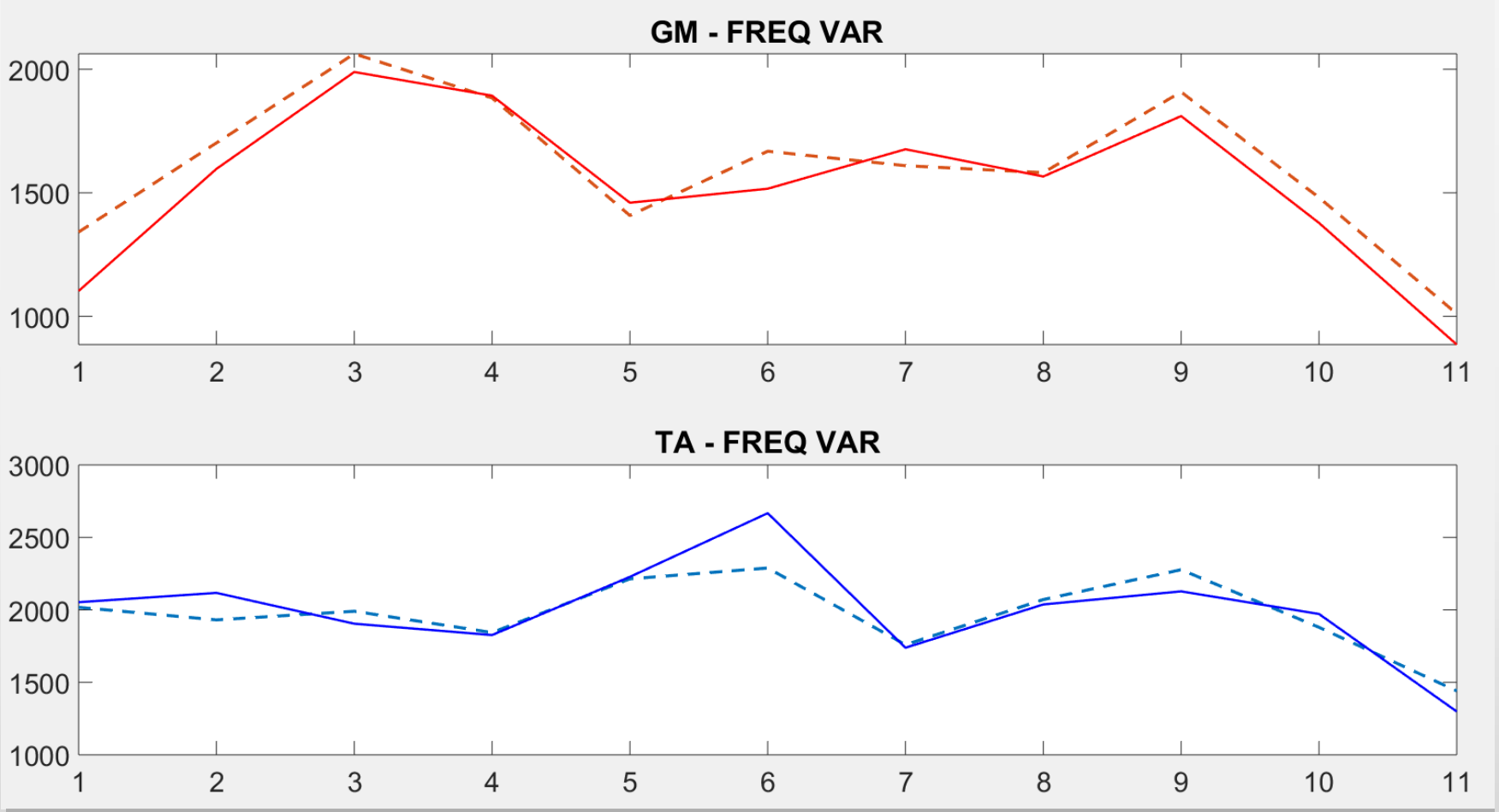
ANALISI FEATURE – MEAN FREQUENCY



Confronto della frequenza media tra le camminate e l'attraversamento degli 11 soggetti

- L' andamento della frequenza media dell'attraversamento tende a essere molto simile a quello rilevato dalle camminate (linea tratteggiata)
- Per 3 soggetti, la media per il muscolo GM è risultata più bassa rispetto a quella delle camminate
- La media più bassa non implica però un RMS più basso

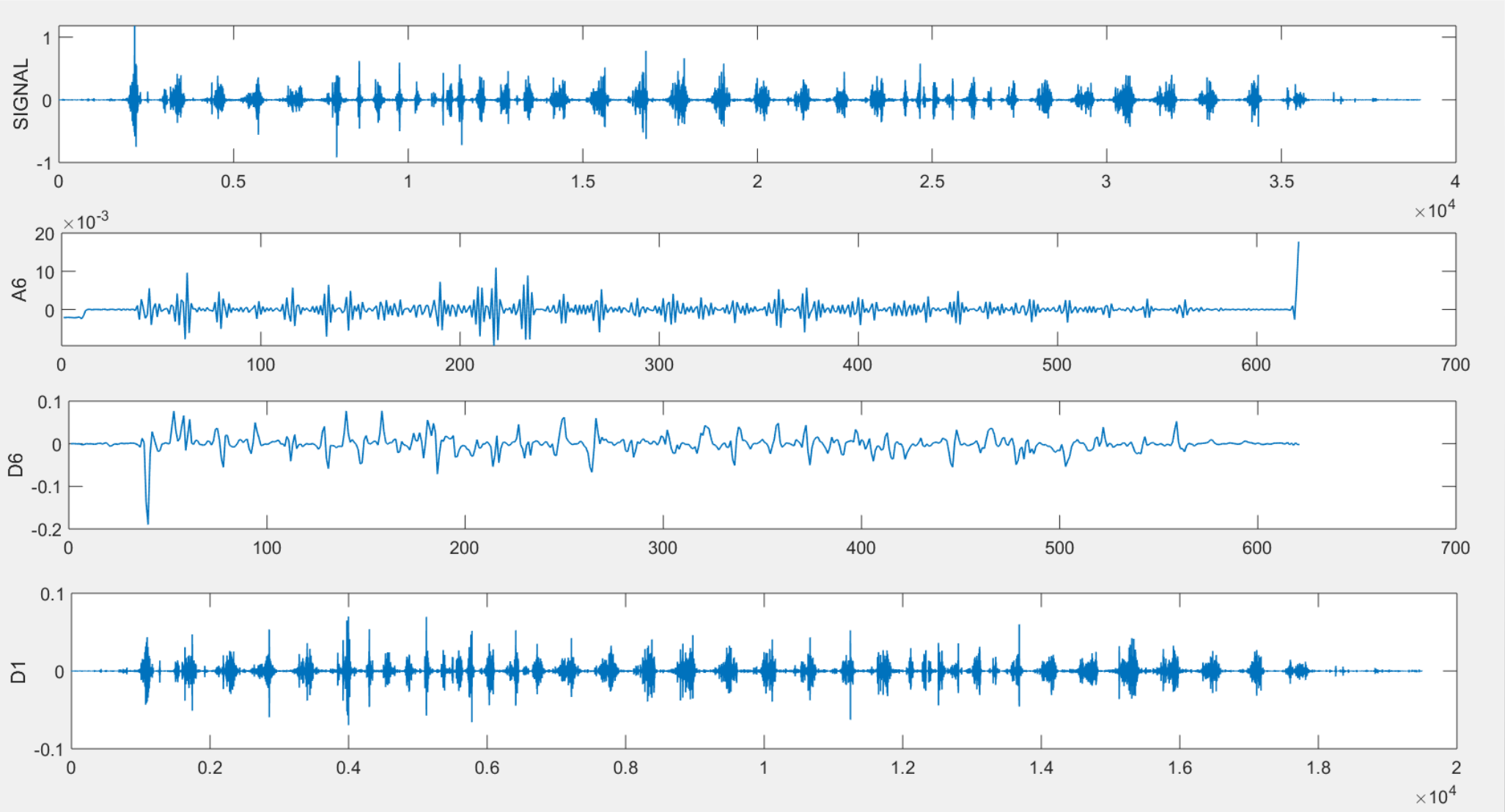
ANALISI FEATURE – FREQUENCY VARIANCE



Confronto della la varianza nello spettro di frequenza tra le camminate e l'attraversamento

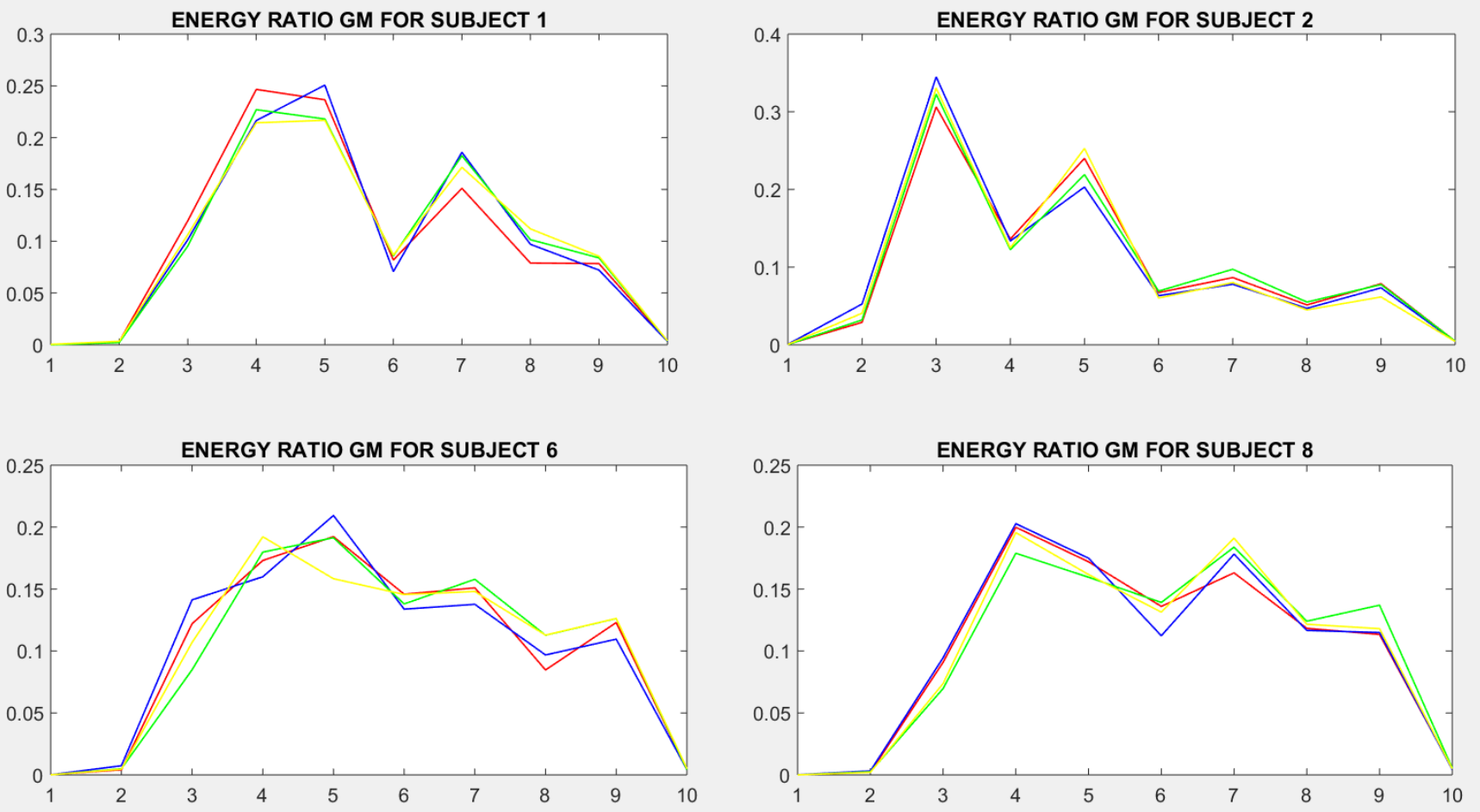
- Per il muscolo TA, la varianza rispetto alla media della frequenza ha mantenuto lo stesso andamento di quella riferita alla camminata (linea tratteggiata), eccetto per il soggetto numero 6
- Per il muscolo GM, la varianza dell' attraversamento ha mantenuto in questo caso lo stesso andamento ma con valori molto diversi tra soggetti

ANALISI TRAMITE WAVELET (1)



Plot di alcuni sottolivelli estratti tramite wavelet

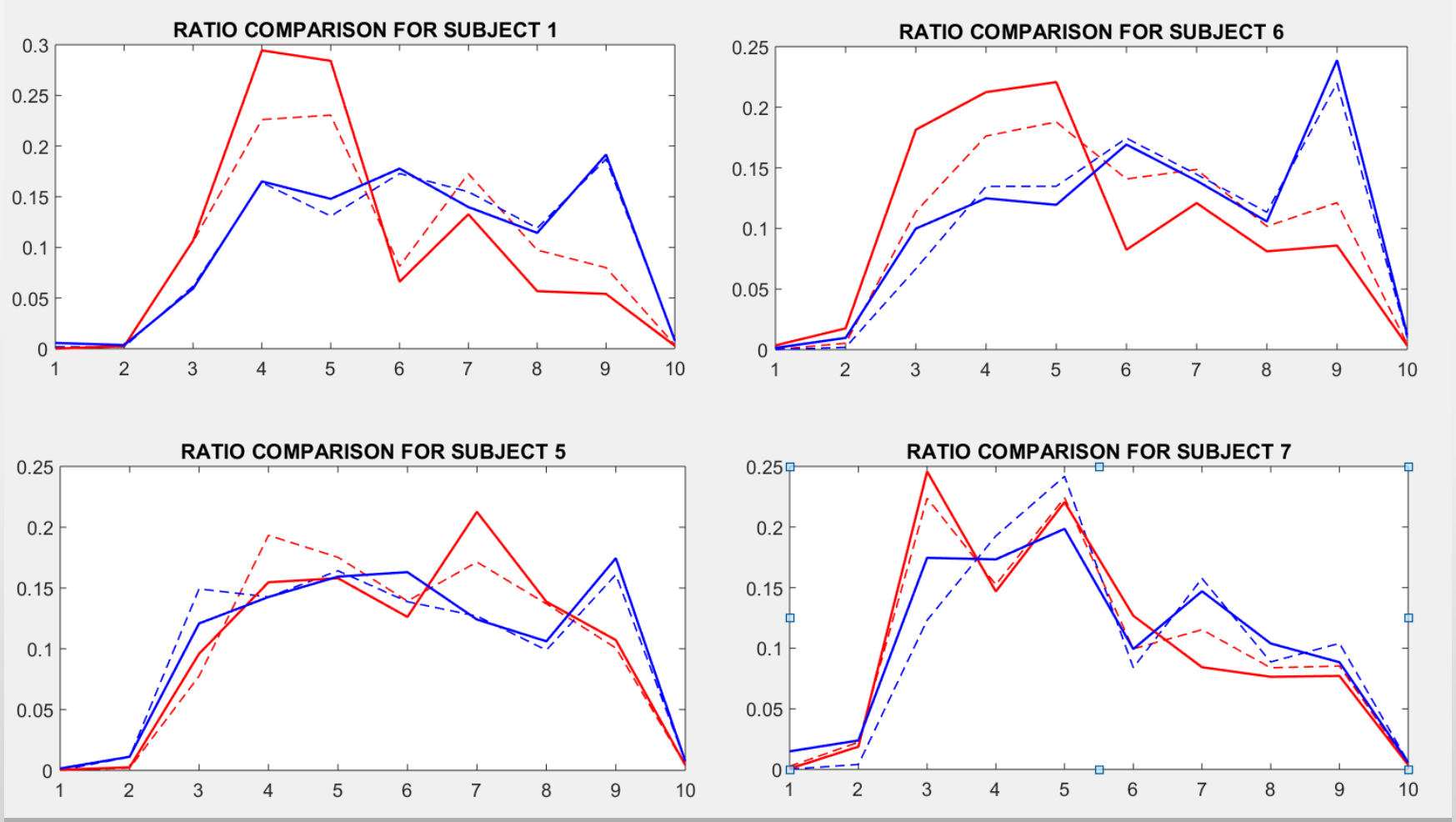
ANALISI TRAMITE WAVELET (2)



Curve dei rapporti di energia calcolate dalle sottobande ottenute tramite Wavelet

- I rapporti di energia sono molto simili se osservati nelle 4 sessioni di una stessa persona
- Non sembrano esserci grosse similitudini nella distribuzione dell' energia rispetto a diversi soggetti
- Sulla prima, seconda e ultima banda si può notare l'effetto del filtro

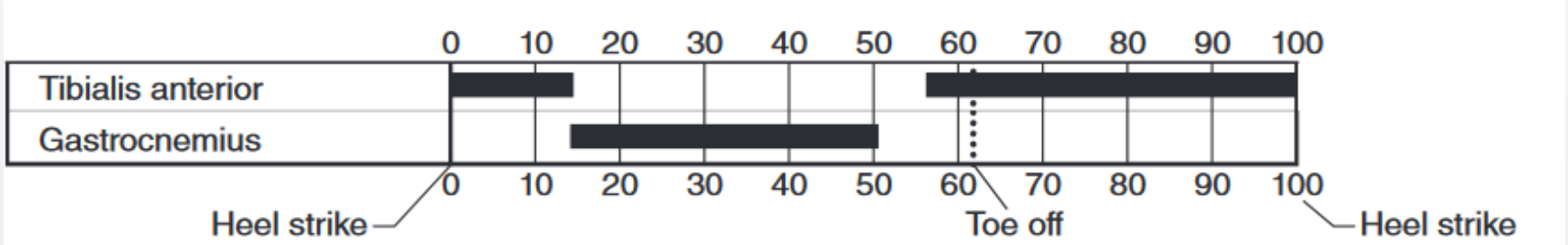
ANALISI TRAMITE WAVELET (3)



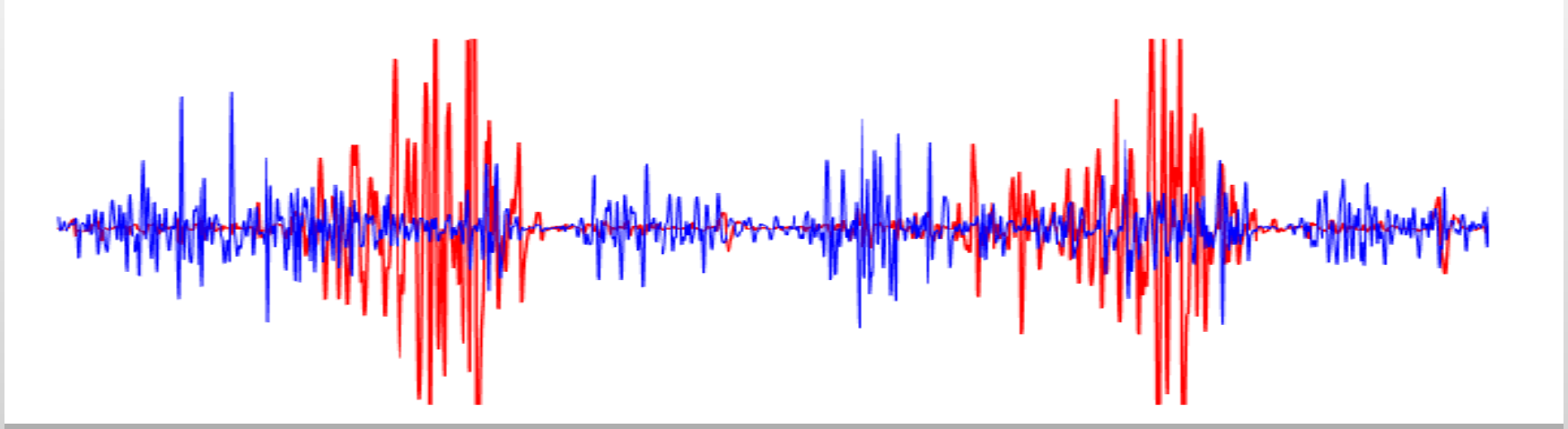
Confronto dei rapporti tra la media delle camminate e l'attraversamento più stressante

- I rapporti di energia del muscolo TA (tracciato blu) nell'attraversamento sembrano mantenere lo stesso andamento rispetto alle camminate (linee tratteggiate)
- Per i soggetti 1, 6, 7 si è verificato un innalzamento dell'energia alle basse frequenze e una diminuzione nelle alte frequenze per il muscolo GM (tracciato rosso)
- Queste differenze compaiono anche nel grafico di confronto sulla frequenza media, dove per gli stessi soggetti questa misura risulta significativamente più bassa

CONCLUSIONI



Tempi di attivazione (in %) dei due muscoli in esame durante la camminata
(Gabriel, D., and G. Kamen. *Essentials of electromyography*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2010)

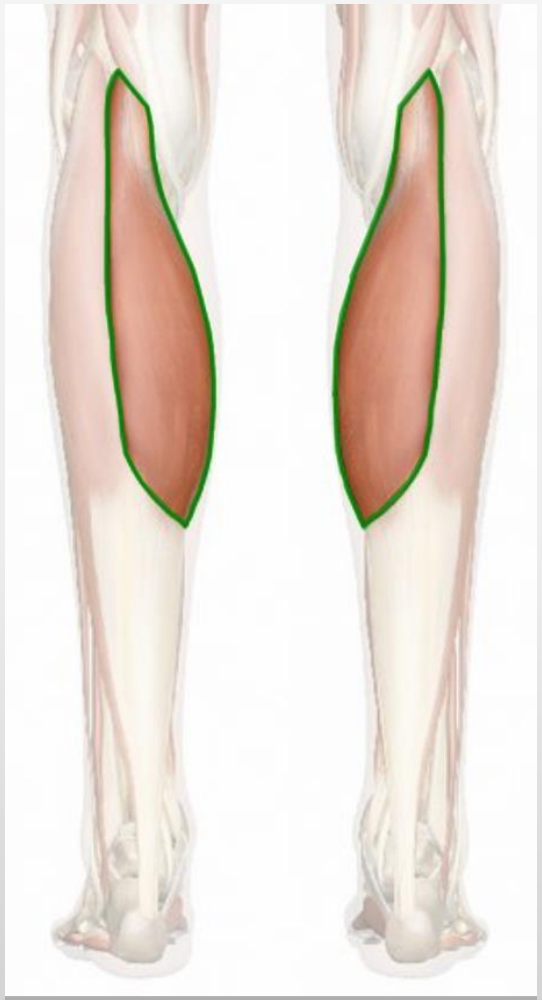


Primi due passi registrati con la gamba destra

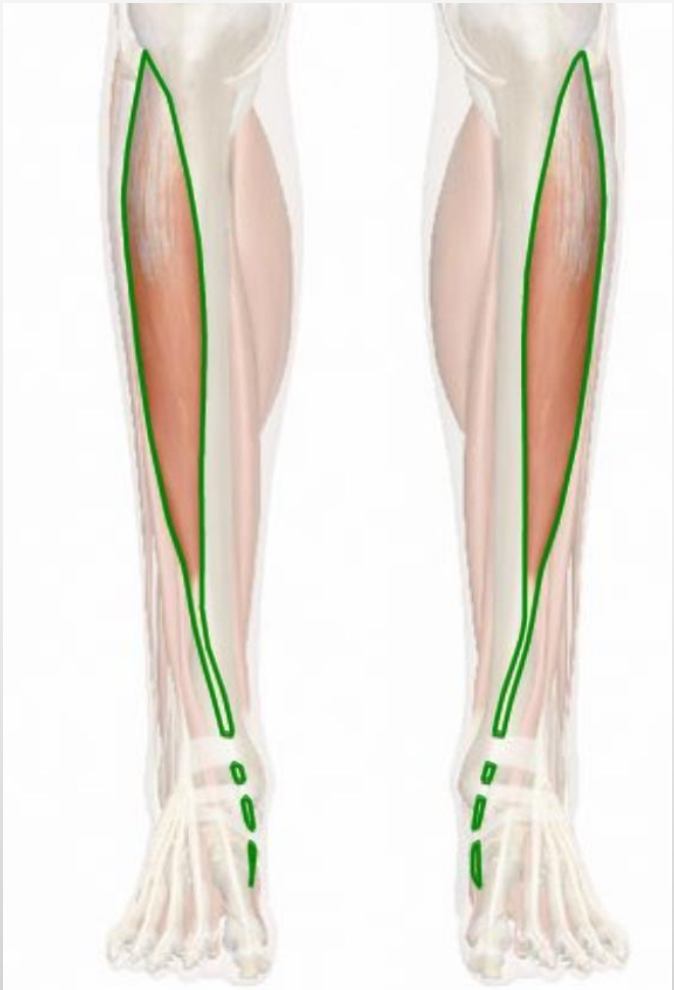
- Non è stato possibile eseguire una indagine statistica per via dello scarso numero di registrazioni e per via del basso numero di attraversamenti stressanti
- Comprovati i pattern di attivazione dei due muscoli durante la camminata

GRAZIE PER L’ ATTENZIONE

MUSCOLI OGGETTO DELLO STUDIO



Gastrocnemio mediale



Tibiale anteriore

FEATURE UTILIZZATE

- Mean Absolute Value

$$MAV = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}|x_n|$$

- Simple Square Integral

$$SSI = \sum_{n=1}^{N}|x_n|^2$$

- EMG Signal Variance

$$VAR = \frac{1}{N-1}\sum_{n=1}^{N}x_n^2$$

- Root Mean Square

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}x_n^2}$$

- Mean Power Frequency

$$MNF = \sum_{j=1}^{M} f_j P_j \Big/ \sum_{j=1}^{M} P_j$$

- Frequency Variance

$$VAR = \sum_{j=1}^{M} P_{N_j}(f_j - MDF)^2$$

$$dove\ P_{N_j} = P_j \Big/ \sum_{i=1}^{N} P_i$$

- Median Power Frequency

$$\sum_{j=1}^{MDF} P_j = \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{M} P_j$$