

# Potenziali bio-elettrici muscolari

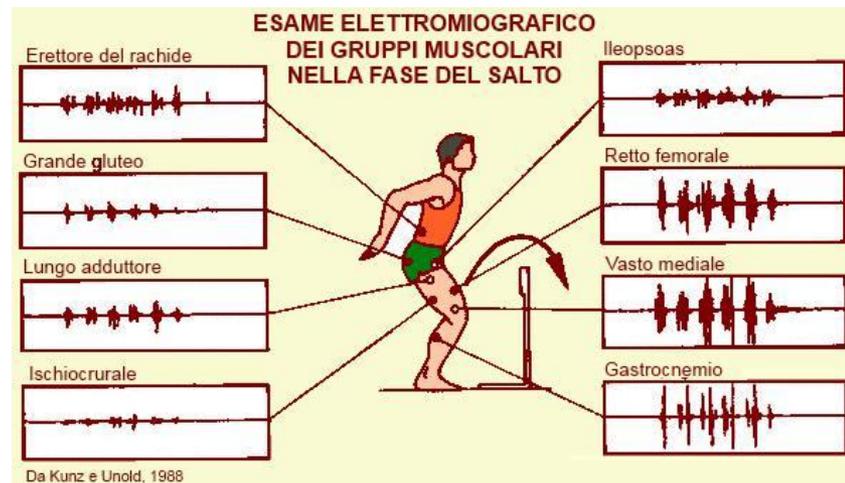
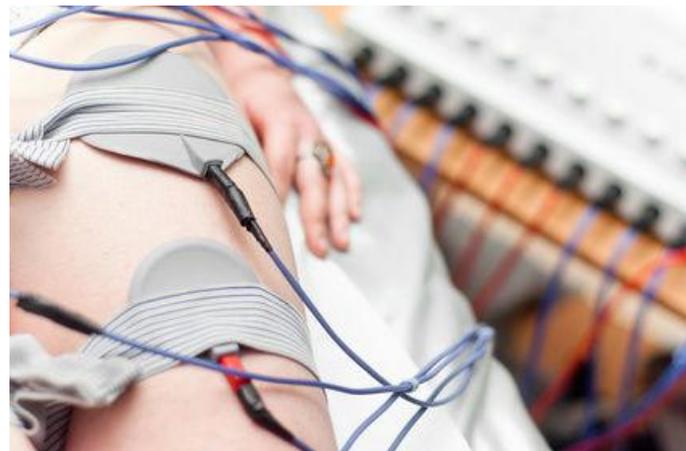
Università di Pisa  
Fenomeni Bio-elettrici II

30/05/2019

Daniele Poli  
[daniele.poli@centropiaggio.unipi.it](mailto:daniele.poli@centropiaggio.unipi.it)

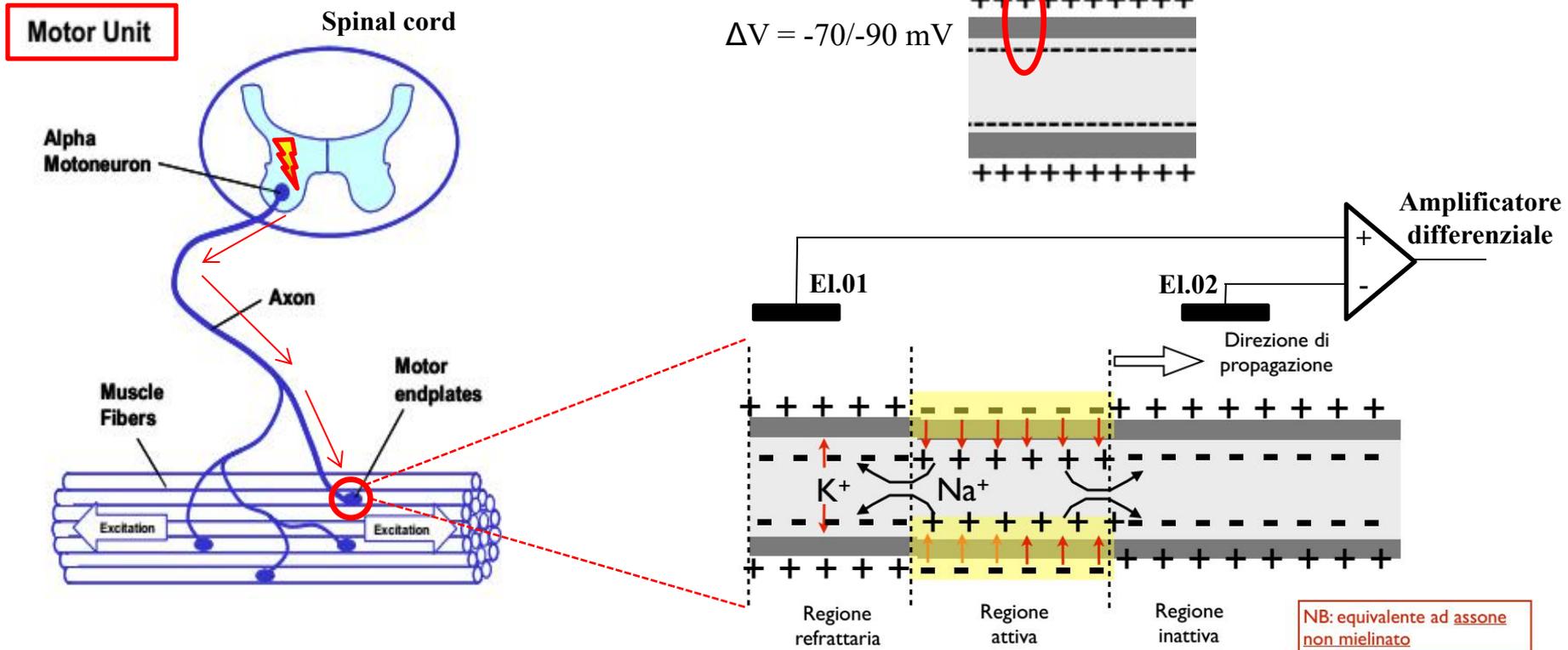
# Elettromiografia

Disciplina sperimentale legata alla Generazione, Misura, Analisi e Utilizzo del segnale elettrico generato dai muscoli



# Generazione del segnale elettrico (1)

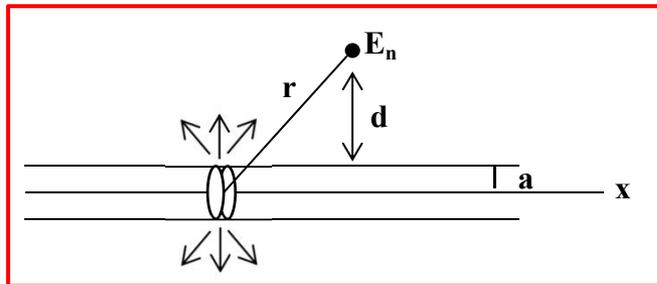
L'impulso elettrico iniziale è generato dal sistema nervoso centrale (o da un riflesso) e si propaga dal motoneurone  $\alpha$  verso le giunzioni neuromuscolari, causando l'eccitazione delle fibre muscolari afferenti e le conseguenti contrazioni (trasmesse poi ai tendini) delle fibre stesse.



# Generazione del segnale elettrico (2)

Esempio di potenziale d'azione propagato attraverso una fibra muscolare e registrato da una coppia di elettrodi (puntuali).

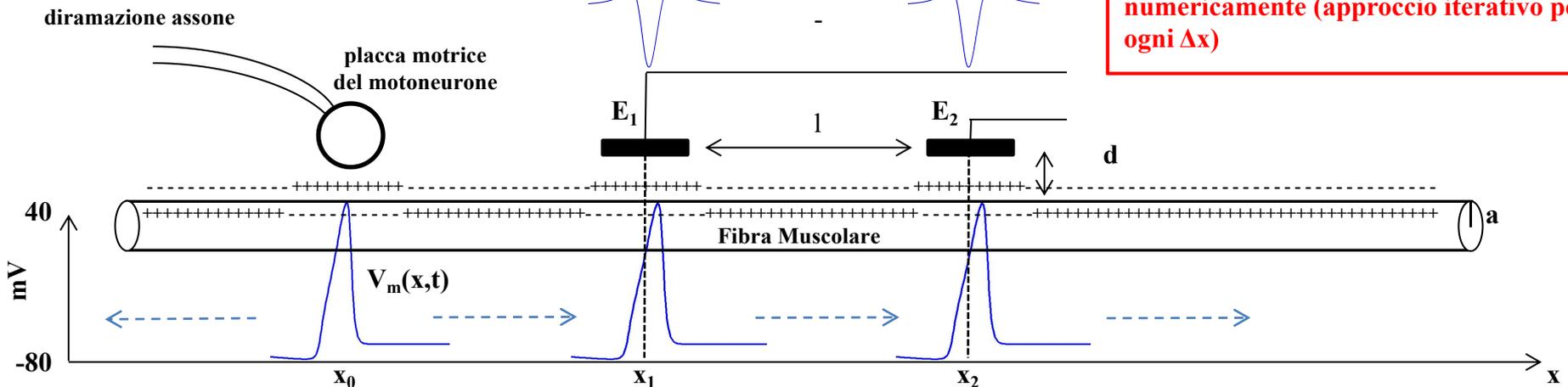
1. Il potenziale di membrana  $V_m$  è evocato dall'impulso elettrico generato dal motoneurone e si propaga lungo la fibra muscolare (modello HH)
2. Il potenziale di membrana trasmesso viene acquisito dagli elettrodi  $E_1$  e  $E_2$  (potenziali  $P_1$  e  $P_2$ ) e la differenza di potenziale  $\Delta V_{ext}$  viene monitorata e registrata



$$P_i(t) = [P(t_0), P(t_1), \dots, P(t_m), \dots, P(t_n)]$$

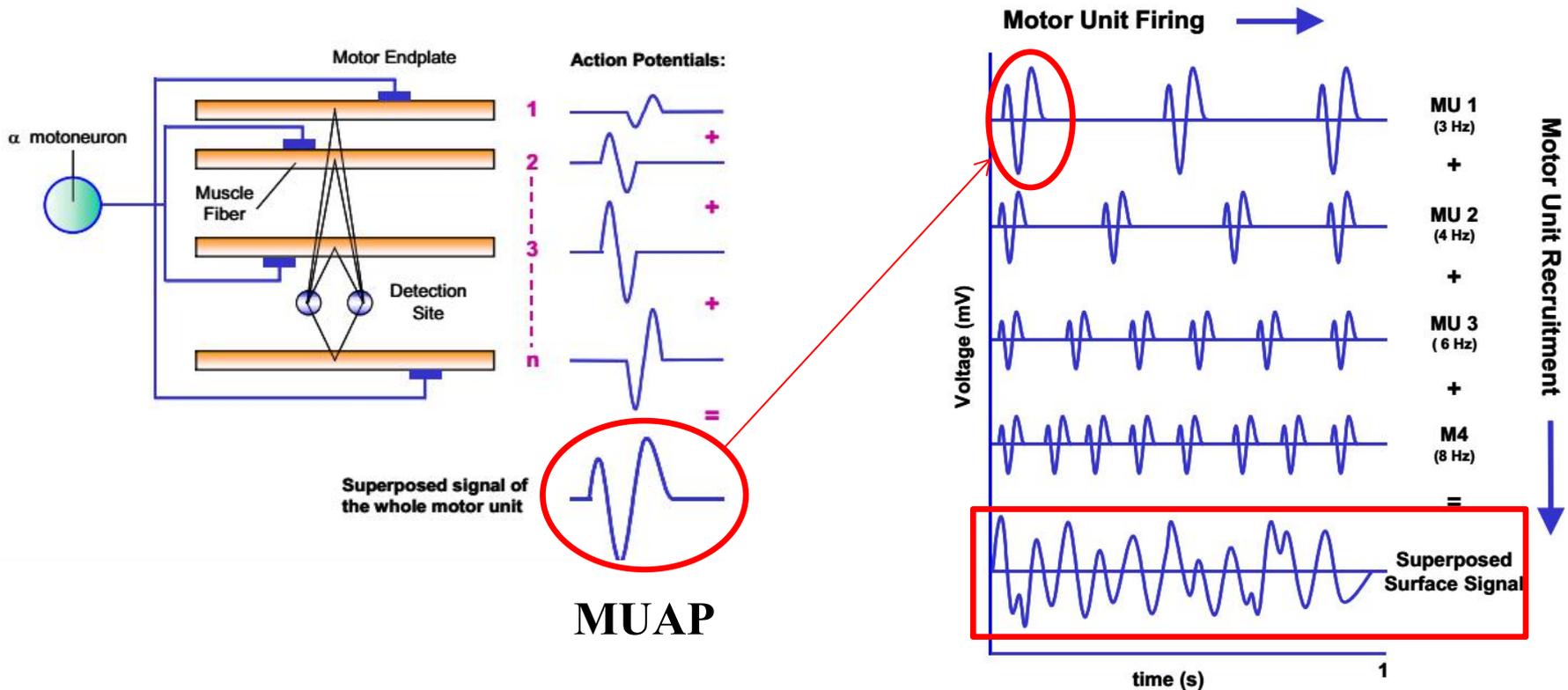
$$P(V_m, a, \rho_o, \rho_i, r) = \frac{a^2 \rho_o}{4\pi \rho_i} \int \frac{\partial^2 V_m}{\partial x^2} dx$$

Ad ogni istante  $t_m$  risolvo l'integrale numericamente (approccio iterativo per ogni  $\Delta x$ )

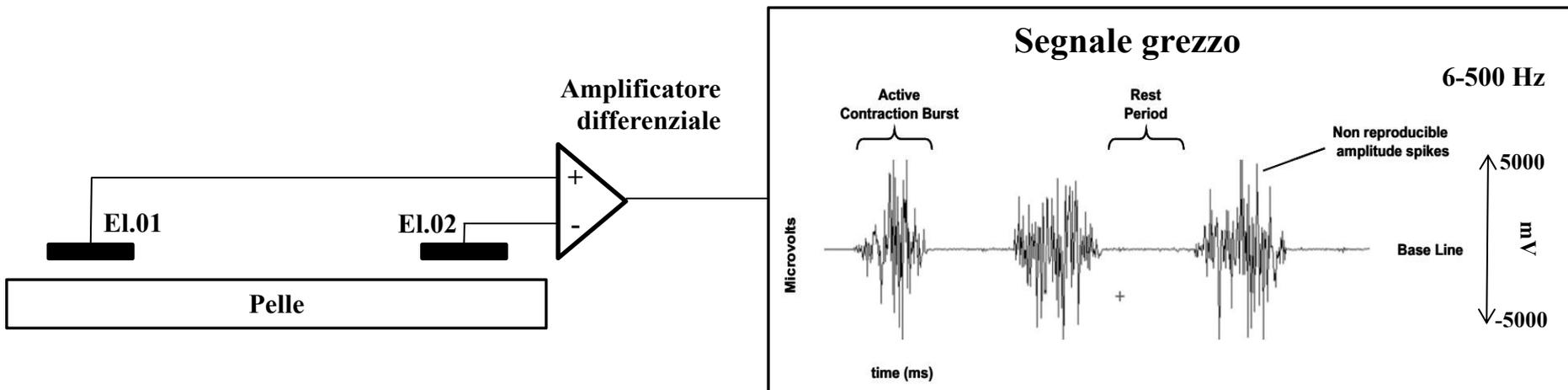


# Generazione del segnale elettrico (3)

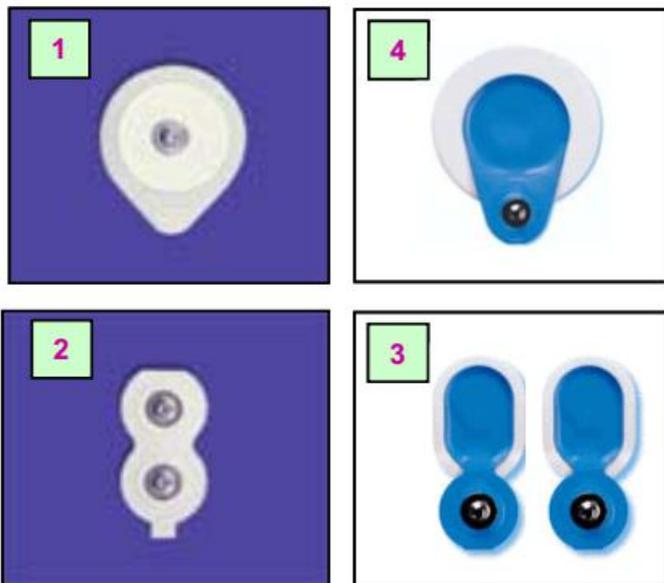
Ciascuna Unità Motoria (MU) genera un potenziale di azione (MUAP) dato dalla somma dei contributi delle singole fibre innervate al medesimo assone. La coppia di elettrodi di superficie andrà poi a rilevare il contributo di differenti MUs (Reclutamento) registrando la sovrapposizione dei rispettivi MUAP



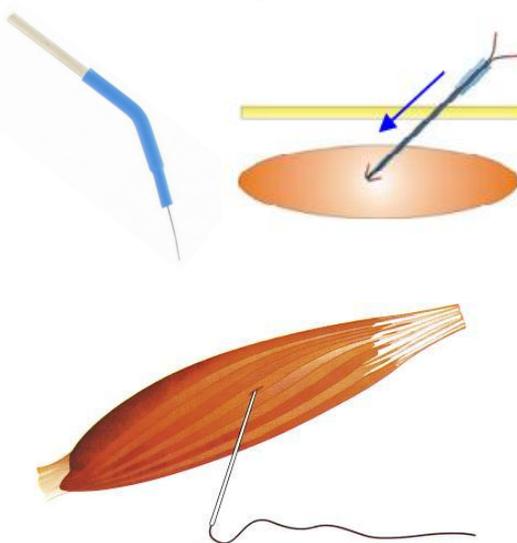
# Misura del segnale elettrico



## Elettrodi di superficie (non invasivi)



## Elettrodi a filo o ago (invasivi)



## Scelta degli elettrodi in funzione del muscolo da esaminare



# Analisi del segnale elettrico (1)

## Fattori che influenzano il segnale:

- **Fattori esterni**

1. Qualità e Movimento degli elettrodi.
2. Rumore esterno (sorgenti elettromagnetiche esterne).
3. Impedenza della pelle.
4. Amplificatore utilizzato.

- **Fattori interni**

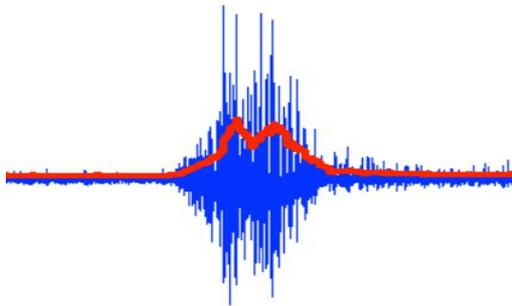
1. MU reclutate (Maggiore Reclutamento => Maggiori Ampiezze)
2. Frequenze di firing. (Maggiori Freq. Firing => Maggiori Freq. EMG)

- **Ulteriori Fattori**

1. Velocità esecuzione di movimento.
2. Fatica muscolare (diminuzione freq.), metabolismo, disponibilità di ossigeno.

# Analisi del segnale elettrico (2)

- Filtraggio (passa-banda) nell'intervallo di interesse (10-500 Hz).
- Campionamento del segnale ( $F_{\text{sampling}} \geq 1 \text{ kHz}$ ).
- Analisi delle ampiezze (smoothing).



## Esempi smoothing

- 1) Averaged Rectified Value (AVR) (media valore assoluto)
- 2) Root Mean Square (RMS)

- Normalizzazione su:
  - 1) Ampiezza massima “relativa” ( $V_{\text{max}}$ ) calcolata durante la massima contrazione volontaria (MVC).
  - 2) Valor medio dell'intero segnale.
- Discretizzazione del segnale in una sequenza binaria (1 muscolo attivo, 0 non attivo).

Applicazione di una soglia generalmente pari a  $n \cdot \text{std}$  del segnale processato (post-smoothing)

# Utilizzo del segnale elettrico

