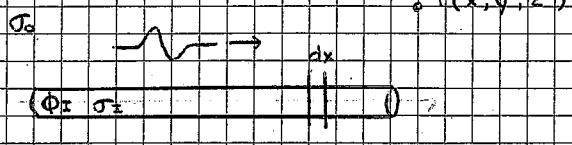
Ho una fibra lunga cilindrica, immersa in uno spazio extracellulare omogeneo (conducibilità costante)



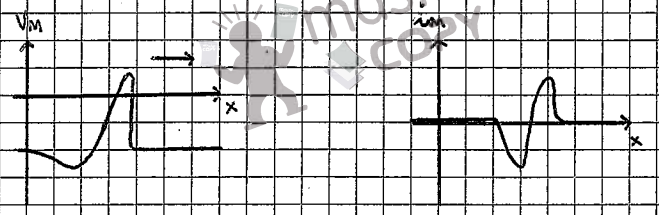
OBIETTIVO: calcolare il potenziale Φ_o nel punto P esterno

$\Phi_o(x', y', z')$?

$(x,0,0)$ = generico punto sulla fibra eccitabile

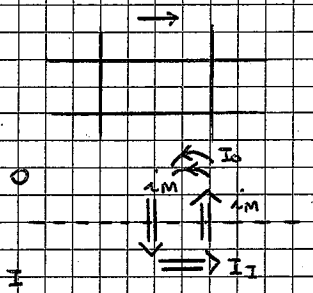
So che:

$$i_M(x) = \sigma_I \pi a^2 \frac{d^2 V_M(x)}{dx^2}$$ relazione generale con hp: $R_a \ll R_i$

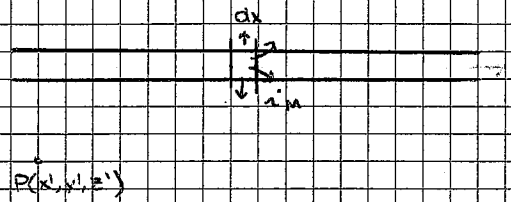


Potenziale che si propaga → relativo andamento della corrente (ce lo eravamo calcolato con Matlab)

Considerando un dx dell'assone ingrandito



- nella zona a monte la corrente è uscente
- nella zona del fronte in salita del PdA ho una corrente negativa entrante
  Io chiude il "loop"



Suddivido la fibra eccitabile in dx

Calcolo il potenziale esterno in P considerando solo il contributo dell'elemento dx

$dx \rightarrow d\Phi_o(x', y', z')$ $\quad dx = (x, 0, 0)$

Associato a dx ho una corrente di membrana $I_{M_{TOT}}(x) = i_M(x) \cdot dx$ $[\mu A]$

Considero dx approssimato a un monopolo di corrente

$$d\Phi_o(x', y', z') = \frac{i_M(x)\, dx}{4\pi \sigma_o R}$$

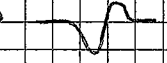
R = distanza tra dx e P

↓

Contributo al potenziale extracellulare da parte di dx

Per ottenere il potenziale extracellulare sommo tutti i contributi, e se $dx \to 0$ devo integrare

$$\phi_e(x',y',z') = \frac{1}{4\pi\sigma_0} \int_L \frac{i_M(x)}{R}\,dx \quad (*)$$

- R non è costante ma dipende di volta in volta dal dx che sto considerando
- $i_M(x)$ ha un andamento 

Ma $R = \sqrt{(x'-x)^2+(y'-y)^2+(z'-z)^2}$ allora

$$\phi_e(x',y',z') = \frac{1}{4\pi\sigma_0} \int_L \frac{i_M(x)}{\sqrt{(x'-x)^2+y'^2+z'^2}}\,dx \quad (*)$$

i_M varia nello spazio e nel tempo $i_M(x,t)$

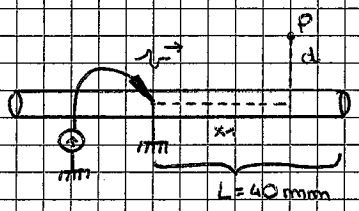
$\phi_e(x',y',z') = F(t)$ se fisso lo spazio, ho un potenziale extracellulare che varia comunque nel tempo

$$\phi_e(x',y',z') = \frac{a^2\sigma_i}{4\sigma_0} \int_L \left[\left(\frac{d^2V_M}{dx^2}\right)/R\right] dx \quad (*)$$

Sono modi alternativi di esprimere il potenziale extracellulare

→ Ci ho sostituito $i_M(x) = \sigma_i \pi a^2 \frac{d^2V_M}{dx^2}$

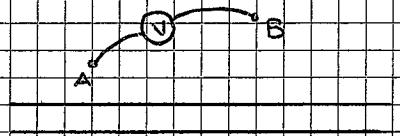
Considero $P \equiv (x_1, d, 0)$



Potenziale unipolare

La stessa sorgente mi dà 2 potenziali diversi in due punti $P_1 \neq P_2$ fissato il tempo lo si vede da R_{P1} e R_{P2} che compaiono nella formula

Oppure se volessi calcolare $V_{AB} = V_A - V_B$



$$V_A = \frac{1}{4\pi\sigma_0} \int_L \frac{i_M(x)}{R_A}\,dx$$

Potenziale bipolare

$$V_B = \frac{1}{4\pi\sigma_0} \int_L \frac{i_M(x)}{R_B}\,dx$$

$$R_A = \sqrt{(x_A-x)^2 + y_A^2 + z_A^2}$$

$$R_B = \sqrt{(x_B-x)^2 + y_B^2 + z_B^2}$$

Se la sorgente fosse equidistante da A e B → $V_A = V_B$

FENOMENI BIOELETTRICI

- Esame: orale + questionario pre-orale con 2 domande in circa 30 min (non a crocette)
  voto finale = media tra questionario e orale → 1-2 domande sul programma
- Materiale: libro "Bioelectricity: a quantitive approach" Plonsey, Barr
  Grafia proiettati in PDF

master COPY

FENOMENI BIOELETTRICI

30/09

Studia e modella le caratteristiche principali dei TESSUTI eccitabili

TESSUTI ECCITABILI → generano segnali spontanei (es elettrocardiogramma/miogramma/encefalogramma)

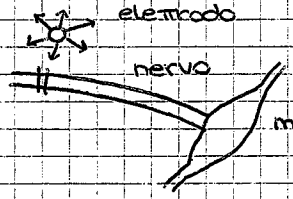
Tessuti che formano organi: muscoli e nervi → cuore, cervello
(scheletrici / miocardio)

che generano i segnali spontanei generati dall'ATTIVITÀ bioelettrica dei TESSUTI che può essere rilevata esternamente



stimolare elettricamente a scopo terapeutico } es. defibrillazione, pacing (cuore), FES (nervi)

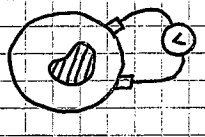
FES: function electric stimulation → con elettrodi stimolo un nervo che a sua volta stimola il muscolo per ripristinare attività motorie che sono state compromesse



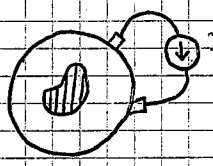
PACING: elettrodi all'interno del cuore che generano correnti per stimolare il battito

DEFIBRILLATORE: impulsi alti di corrente per ristabilire il funzionamento del cuore

- Partendo dalle sorgenti: correnti spaziali $I_v(x,y,z)$ voglio ricavare i potenziali spaziali sulla superficie $\phi(x,y,z)$

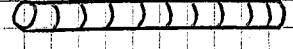


- Con elettrodi esterni inietto una corrente nel TESSUTO eccitabile per valutarne l'attivazione o meno



Complessità dei problemi trattati → 3D
→ tessuti biologici non omogenei

Muscoli → cellule muscolari
Nervi → neuroni: dato l'assone



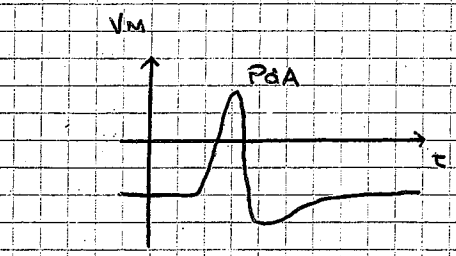


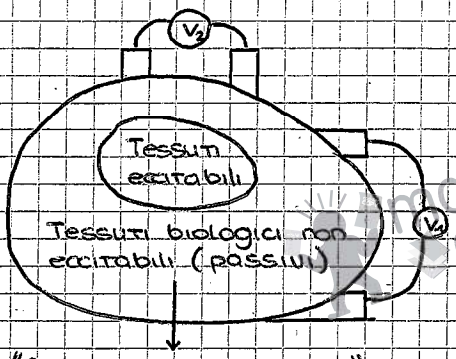
$V_M = \phi_1 - \phi_0 = \text{costante} = -70\,mV$

potenziale di riposo

Con l'arrivo di stimoli il potenziale di membrana ha una brusca variazione: potenziale d'azione che si propaga lungo TUTTA la superficie

ECCITABILITÀ : dovuta alle caratteristiche delle membrane cellulari





Pongo n coppie di elettrodi

"Conduttore volumetrico" : il torace per il cuore

① Problema inverso : dai potenziali misurati in superficie voglio ottenere informazioni quantitative sulla sorgente

→ Problema rilevante in diagnostica, sono problemi mal posti perché non c'è un'unica soluzione

② Problema diretto : dalla modellazione delle sorgenti bioelettriche ai potenziali misurati
associate a tutte le correnti associate a dei potenziali di membrana

→ Problema diagnosticamente non rilevante ma è indispensabile per risolvere il problema inverso

→ Rilevante in biomedica nella stimolazione

FENOMENI I		
basi teoriche	(analisi vettoriale) sorgenti bioelettriche elementari membrana cellulare PdA e propagazione	Capitoli 1-6

master copy