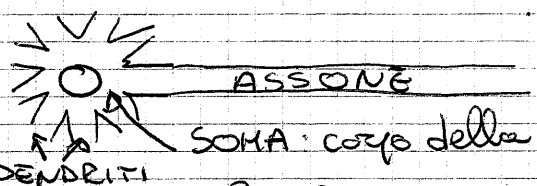
FENOMENI

I fenomeni bioelettrici sono dovuti dai tessuti eccitabili (cervello, muscoli) che sono capaci di generare potenziali

La MEMBRANA CELLULARE delle cellule eccitabili ha diverse caratteristiche:

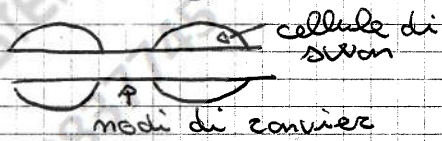
- genera e trasmette impulsi
- può essere attiva o a riposo (dipende dal PDA)

Le CELLULE NERVOSE (varino a seconda dell'organismo) hanno una membrana eccitabile e hanno un diametro che varia da 1 a 20 μm e lunghezza nell'ordine dei metri. Sono costituite dal 70% di acqua e nella parte solida dall'80% di proteine.



Il neurone ha lo scopo di trasmettere il segnale nervoso, questo nasce dal soma e si propaga lungo l'assone. Il segnale può essere influenzato ad altri impulsi eccitatori / inibitori.

Lungo l'assone ci possono essere le cellule di SWANN, che costituiscono la guaina mielinica. Tra le varie cellule ci sono i nodi di RANVIER



MEMBRANA CELLULARE DELL'ASSONE

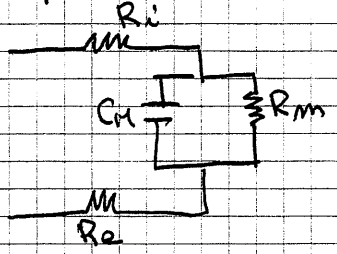
È composta da un doppio strato fosfolipidico

- canali ionici che lasciano passare Na, K, Cl
  - + permeabili a K
  - − " " a Na
- pompa sodio-potassio

Si hanno anche componenti elettriche come:
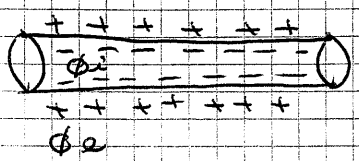
- C di membrana dovuta al doppio strato fosfolipidico
- R " " " ai canali per trasporto passivo
- Ri dovuta alla conducibilità dell'assoplasma
- Re " " " del liquido extracellulare

Se prendiamo un pezzettino di assone



MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 999 9937749

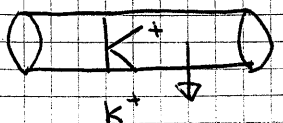
A riposo il potenziale è costante -70 mV



$\phi_i < \phi_e$

$V_H = \phi_i - \phi_e = -70\,mV$

K ha [ ] maggiore all'interno, quindi la FORZA DIFFUSIVA va verso fuori



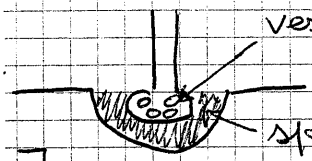
Se non c'è variazione di K, non c'è flusso

$V_H = V_{NERNST}$

A riposo K non è mai all'equilibrio

$V_{NERNST} = -88\,mV$ $V_H = -70\,mV$

SINAPSI: è il collegamento tra assone e cellula con cui il neurone va in comunicazione.



2 regioni: • pre-sinaptica: sull'assone
• post-sinaptica: sulla cellula

NEURONE ≠ NERVO

unidirezionale bidirezionale

CELLULE MUSCOLARI o FIBRE MUSCOLARI

- non hanno DENDRITI
- assimilabili a un neurone non mielinato

Il MUSCOLO può essere:

- LISCIO (organi involontari)
- STRIATO/SCHELETRICO (attività volontarie)
- CARDIACO (atto stretto anche se il cuore è un organo involontario, anche il PDA è ≠ da quello stretto)

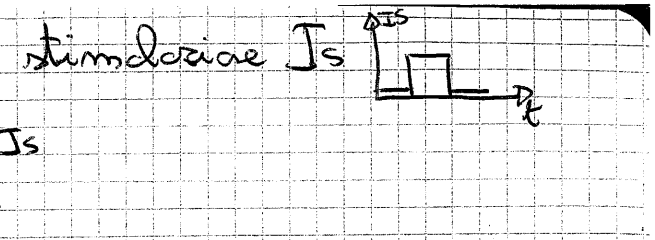
Il PDA del muscolo cardiaco ha durata lunga (300 ms) le fibre possono trasmettere impulsi anche se non sono collegati ad altri assoni. Il PDA del muscolo striato ha durata breve (qualche ms)

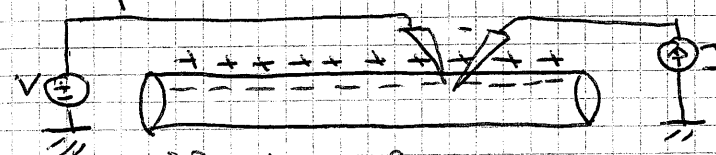
POTENZIALE DI MEMBRANA

Quando il neurone e le fibre muscolari sono a riposo, si ha un potenziale di membrana V_H costante negativo.
Quando la membrana viene stimolata, genera un potenziale se questo è > di una certa soglia, si genera PDA (sempre uguale a se stesso) e si estende lungo la membrana. Quando lo stimolo finisce V_H torna a riposo.
La SOGLIA dipende dal tessuto

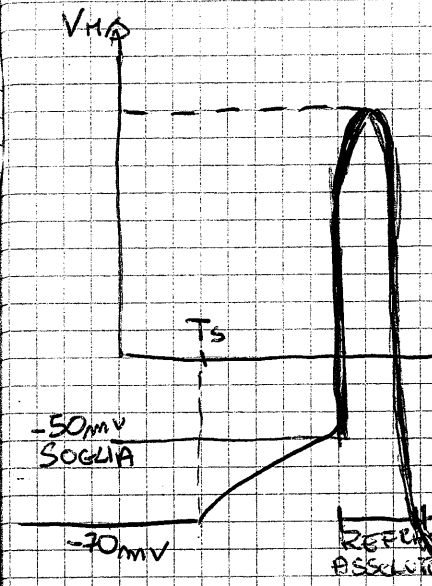
Spiegato in slide 9 di EMG

Se fornisco una corrente di stimolazione I_S





misuro il potenziale



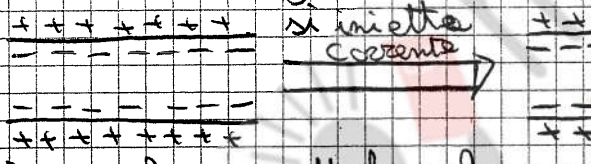
— DEPOLARIZZAZIONE: quando VH cresce, entra Na^+, ↑ permeabilità a Na^+ (cariche positive all'interno)

— RIPOLARIZZAZIONE: Al picco si aprono i canali del K e si chiudono quelli del Na.

Il PDA sopraSoglia è sempre lo stesso; se non supera la soglia non si crea; ha un PERIODO REFRATTARIO.

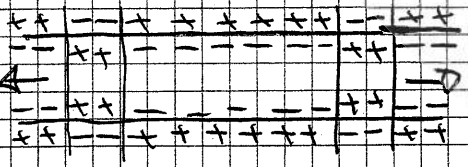
PERIODO REFRATTARIO: limita la alta frequenza ed evita che la onda torni indietro. È il meccanismo di apertura e chiusura dei canali sodio-potassio

Quando si genera PDA, questo si propaga su tutta la fibra



Dove ho iniettato la corrente si ha inversione del potenziale. Successivamente la depolarizzazione tende a spostarsi nelle zone adiacenti: grazie a CORRENTI LOCALI che vanno dal + al −

Se $T = T_S + k\,\Delta T$



Il PDA si propaga in entrambe le direz. e non torna indietro per il periodo refrattario

PARAMETRI:

La VELOCITÀ DELLO stimolo dipende dalla capacità di membrana, alla conducibilità, alla resistenza.

Se la C_M è elevata ci vuole + tempo per caricarla, + tempo per arrivare alla soglia.

Se ↑ conducibilità rispetto a Na^+ ⇒ ↑ velocità

Se ↑ Resist. intracellul/extracellul ⇒ ↓ velocità

MASTER COPY
Tel. 050 8372126
Cell. 388 9837745

$V = \sqrt{\frac{i_{Na}}{V_{TH} R_i C_H^2}}$ i_{Na} = max corrente Na per unità di lunghezza

V_{TH} = tensione soglia

La velocità di conduzione aumenta se c'è GUAINA MIELINICA sull'assone. Il PDA è solo nei nodi di RANVIER. Quindi il fronte di depolarizzazione salta da un nodo all'altro: CONDUZIONE SALTATORIA.

La MEMBRANA può essere suddivisa in 2 strati

- SOTTOSOGLIA DI ATTIVAZIONE (cellula non eccitata)
- SOPRASOGLIA " " (cellula eccitata)

SOTTOSOGLIA DI ATTIVAZIONE

- potenziale di riposo = -70 mV
- non si genera PDA

Per studiare il potenziale di riposo, ho bisogno del <u>POTENZIALE DI NERST E NERST PLANK.</u>

A riposo, $\frac{K}{Na}$ è maggiore all'interno rispetto all'esterno

$\frac{Na}{Cl}$ " " esterno " " interno

Consideriamo la membrana permeabile solo al K

i K^+ $[\,]_{i,K} > [\,]_{e,K}$

e K^+ ⇩ J Il flusso tenderebbe a rendere uguale ma non ci riesce, perché K lasciando la carica maggiore all'interno e si avrà carica positiva all'esterno. Si genera $\vec{E}$

Ci stanno 2 forze:

FORZA DIFFUSIVA (va da i a e e ha come motore il gradiente di concentrazione)

FORZA ELETTRICA ($\vec{E}$ si carica, va da e a i, il motore è il potenziale elettrico)

All'EQUILIBRIO $|F_D| = |F_E| \Rightarrow J = 0$ $V_H = V_{NERST}$

$J_{TOT,K} = J_{D,K} + J_{E,K}$ FLUSSO IONICO $\left[\frac{moli}{cm^2 s}\right]$

$\mathcal{J} = F_z J_K$ DENSITÀ DI CORRENTE $\left[\frac{A}{cm^2}\right]$

$$\boxed{J_{D,K} = -D_K \nabla C_K}$$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Il LAVORO ELETTRICO è il lavoro fatto da F_{ext} per spostare una carica dal punto O al punto P!

Il POTENZIALE ELETTRICO è il lavoro fatto da F_{ext} per portare una carica positiva dal punto 2 al punto P

$$W_e = \int_0^P -q\,\bar{E}\,ds \qquad W_e = q\,(\phi(p)-\phi(0)) \qquad [\text{JOULE}]$$

$$\int_0^P -q\bar{E}\,ds = q\,(\phi(p)-\phi(0)) \Rightarrow \int_0^P -\bar{E}\,ds = \phi(p)-\phi(0)$$

Se O è molto vicino a P

$$d\phi = -\bar{E}\,ds \qquad \boxed{\bar{E} = -\frac{d\phi}{ds} = -\nabla\phi}$$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

$$\bar{J}_E = \sigma E = -\sigma\nabla\phi$$

$$\mu_K = \frac{Vel}{E\ unitario} \qquad \mu_K = \text{velocità che assume uno ione nel campo elettrico unitario} \qquad \left[\frac{cm^2}{SV}\right]$$

$$Vel = \mu_K \bar{E}\cdot\frac{z_K}{|z_K|} = -\mu_K \nabla\phi \frac{z_K}{|z_K|}$$

per il segno

$$\boxed{\bar{J}_{E_K} = Vel\cdot c_K = -\mu_K \nabla\phi \frac{z_K}{|z_K|} c_K}$$

$$\bar{J}_{TOT} = \bar{J}_{DK} + \bar{J}_{EK} = -D_K\nabla C_K - \mu_K \nabla\phi \frac{z_K}{|z_K|} C_K$$

Dalla relazione di NERST-EINSTEIN $\quad D_K = \frac{u_K RT}{|z_K| F} \rightarrow u_K = \frac{D_K |z_K| F}{RT}$

$$\boxed{J_{TOT} = -D_K\nabla C_K - \frac{D_K |z_K| F}{RT} \nabla\phi \frac{z_K}{|z_K|} C_K = -D_K\left(\nabla C_K + \frac{F}{RT}\nabla\phi z_K C_K\right)}$$

POTENZIALE DI NERST-PLANK