

STIMOLAZIONE ELETTRICA FUNZIONALE (FES)

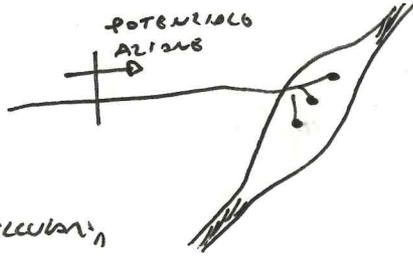
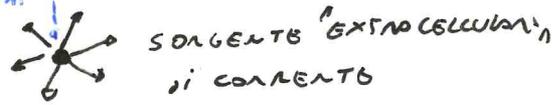
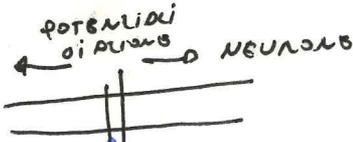
Lezione 9 Maggio

FEL 19

LIBRO → CAPITOLO 21

DISPENSE VECCHIE → LETTURA "APPLICAZIONI TERAPIUTICHE FES"
MATERIALE DI SUPPORTO FES → DISPENSE → ~~557 2004~~ FES 19
USO TERAPIUTICO DELLA VIO ELETTRICITA

STIMOLO NERVI PERIFERICI → GENERAZIONE MOVIMENTO
NEI MUSCOLI CHE INNEVANO



INDUCA - ATTRAVERSO DUTICILLO di CORRENTI di STIMOLAZIONE
- ATTIVAZIONE E LA PROPAGAZIONE di POTENZIALI di
AZIONE CHE RAGGIUNGO LA GIUNZIONE NEURO-MUSCOLARE
ATTIVANDO LA CONTRAZIONE DEL MUSCOLO
PIÙ EFFICIENTE ATTIVARE IL NERVO CHE NON DIRETTAMENTE
IL MUSCOLO

FES → RESTITUIRE LE
CAPACITA' FUNZIONALI
A SEGUITO di DANNI
AL SISTEMA NERVOLO
CENTRALE
(CERVELLO o TIDOLLO SPINALE)

→ RIPRISTINO CAPACITA'
MOTORIE IN SOGGETTI
AFFETTI DA PARALISI

IMPULSI ELETTRICI A BASSA POTENZA
GENERANO "ARTIFICIALMENTE" MOVIMENTI
CORPORALI ATTRAVERSO L'ATTIVAZIONE
NEURALE
(PRESE MANUALI
COORDINATE
EQUICIPANTI)

IL DANNO DEVE
ESSERE "CENTRALE"
E NON PERIFERICO

ESEMPIO → SINCRONIA DEL PIEDE COERENTE
 IN SOGGETTI AFFETTI DA ICTUS

(HOLOP FOOT)

i SOGGETTI NON
 SOLLEVANO LA
 PARTE FRANTALE
 DEL PIEDE QUANTO
 LA FASE DI VOLO
 DELLO CAMMINATO

↳ SI STIMOLANO I MUSCOLI FLESSORI
 DELLA Caviglia ATTRAVERSO
 L'ATTIVAZIONE DEL NERVO
 PERONEO QUANDO IL PIEDE
 È IN FASE DI VOLO

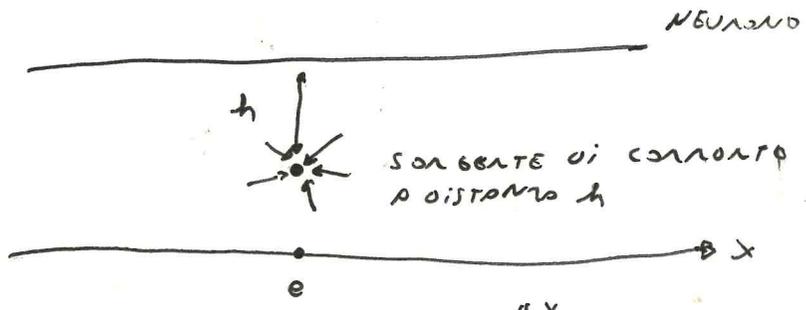
ATTIVAZIONE IN SINCRONIA
 CON LE FASI DELLO CAMMINATO;
 OGNI FOOT SWITCH RILEVA
 LA FASE DI VOLO
 (NESSUNA FORMA DI CONTATTO)



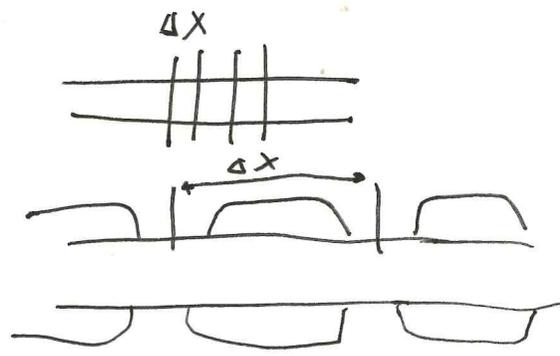
SIAMO INTERESSATI ALLO MODELLO

- QUANTO CORRENTE INIEZIONE PER AVERE ATTIVAZIONE?
- A QUALE DISTANZA?
- QUANTE FIBRE IONICI SANNO INTERESSATE?
- QUALI ALTRI FATTORI?

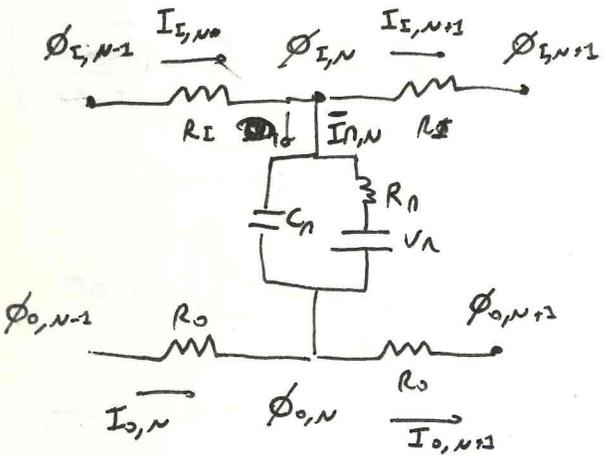
MODELLO
 SEMPLIFICATO
 (OGGI AL ASPETTO
 IL NERVO
 EFFETTO?)



- 2 casi → FIBRA NON INCLINATA
- FIBRA INCLINATA



- IPOTESI → STIMOLA CON SORGENTE MONOPOLARE
- CONDOTTORE EXTRACELLULARE OMOGENEO



- I_I, I_O MA (CURRENTS)
- R_I Ω/cm (RES/LENGTH)
- C_N (CAPACITANCE/SURFACE)
- V_N MA (CURRENTS)

CURRENTS [MA]

$$I_{I,N} = C_N \Delta x 2\pi Q \frac{dV_{N,N}}{dt} + \bar{I}_{ionics,N} =$$

$$= \frac{\phi_{I,N-1} - \phi_{I,N}}{R_I \Delta x} - \frac{\phi_{I,N} - \phi_{I,N+1}}{R_I \Delta x}$$

$$C_N \Delta x 2\pi Q \frac{dV_{N,N}}{dt} = + \frac{\phi_{I,N-1} + \phi_{I,N+1} - 2\phi_{I,N}}{R_I \Delta x} - \bar{I}_{ionics,N}$$

$$V_{M,N} = \phi_{I,N} - \phi_{O,N} = V_N + V_R$$

$\hookrightarrow V'$

$$\frac{dV_{N,N}}{dt} = \frac{dV_N}{dt}$$

$$\phi_{I,N} = V_N + V_R + \phi_{O,N}$$

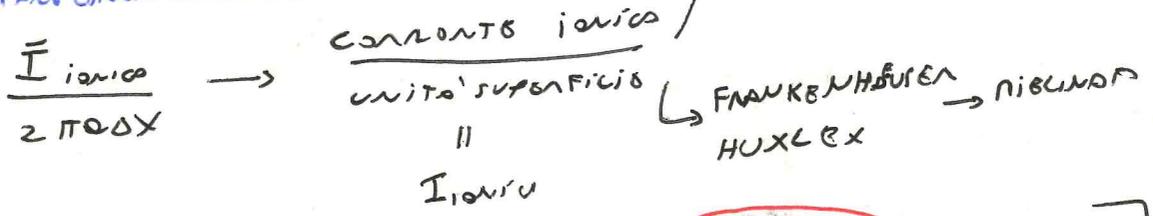
$$C_N \Delta x 2\pi Q \frac{dV_N}{dt} = \left(\frac{V_{N-1} + V_{N+1} - 2V_N}{R_I \Delta x} + \frac{\phi_{O,N-1} + \phi_{O,N+1} - 2\phi_{O,N}}{R_I \Delta x} \right) - \bar{I}_{ionics,N}$$

$$R_I \Delta x = \frac{\rho_I \Delta x}{\pi Q^2}$$

$$\frac{dV_N}{dt} = \frac{1}{C_N \Delta x 2\pi Q} \left(\frac{V_{N-1} + V_{N+1} - 2V_N}{\frac{2\pi Q \rho_I \Delta x^2}{\pi Q^2}} + \frac{\phi_{O,N-1} + \phi_{O,N+1} - 2\phi_{O,N}}{\frac{2\pi Q \rho_I \Delta x^2}{\pi Q^2}} \right) - \frac{\bar{I}_{ionics,N}}{2\pi Q \Delta x}$$

$$\frac{\delta V_N}{\delta t} = \frac{1}{C_A} \left(\frac{q}{2\pi\epsilon\Delta x^2} (V_{N-1} + V_{N+1} - 2V_N) + \frac{q}{2\pi\epsilon\Delta x} (\phi_{0,N-1} + \phi_{0,N+1} - 2\phi_{0,N}) - \frac{\bar{I}_{ionico}}{2\pi\epsilon\Delta x} \right)$$

↳ FARE CHECK UNITO' NUMERICO



$$\frac{\delta V_N}{\delta t} = \frac{1}{C_A} \left[\frac{q}{2\pi\epsilon} \frac{V_{N-1} + V_{N+1} - 2V_N}{\Delta x^2} + \frac{q}{2\pi\epsilon} \frac{\phi_{0,N-1} + \phi_{0,N+1} - 2\phi_{0,N}}{\Delta x^2} - I_{ionica} \right]$$

↳ TERMINO / FORNITO → DI PIU' / DELLO / SOLGATO

TERMINO FORNITO → ϕ_0 INDOTTA DALLA CORRENTE DI STIMOLO EXTRACELLULARE

NON PIECINATO $\Delta x \rightarrow 0$

$$\frac{V_{N-1} + V_{N+1} - 2V_N}{\Delta x^2} \cong \frac{d^2 V}{dx^2} \quad \phi_{0,N-1} + \phi_{0,N+1} - 2\phi_{0,N} = \frac{d^2 \phi_0}{dx^2}$$

$$V \rightarrow V' \rightarrow V_N - V_N(x, t)$$

$$\frac{\delta V}{\delta t} = \frac{1}{C_A} \left[\frac{q}{2\pi\epsilon} \frac{d^2 V}{dx^2} + \frac{q}{2\pi\epsilon} \frac{d^2 \phi_0}{dx^2} - I_{ionica} \right]$$

↳ H.H

$$I_{ionica} = G_K (V_M - V_{K}) + G_{Na} (V_N - V_{Na}) + G_L (V_N - V_L)$$

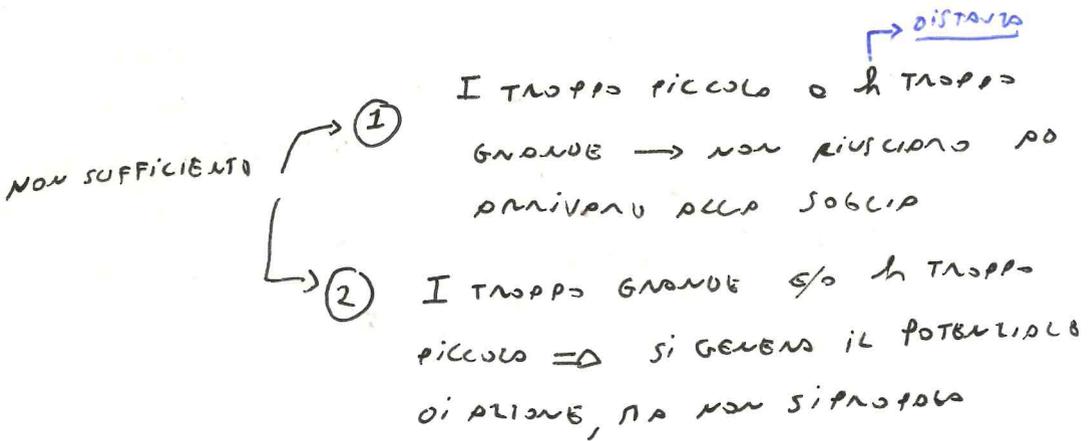
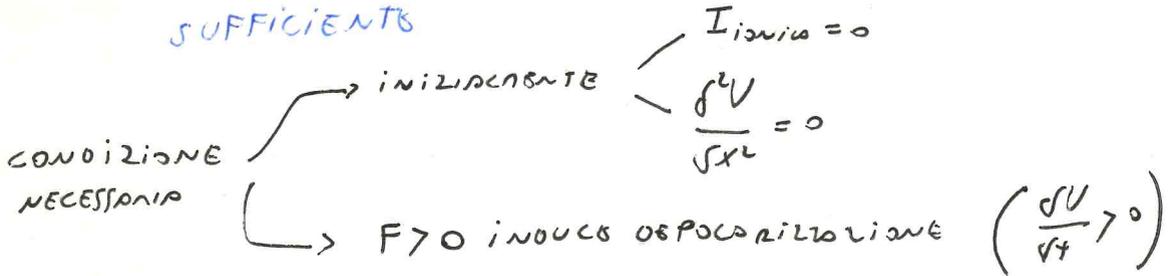
ipotesi: → ~~essere~~ CONSIDERATO TRASCURVIBILE IL POTENZIALE ESTERNO INDOTTO DALLA FIBRA RISPETTO A QUELLO INDOTTO DALLA SOLGATO DI STIMOLAZIONE ESTERNA

$\frac{d^2 \phi_0}{dx^2}$ → FUNZIONE DI ATTIVAZIONE → F

$$\frac{d\phi^2}{dx^2} > 0$$

CONDIZIONE NECESSARIA
PER AVERE STINDUZIONE

NOTA: CONDIZIONE NECESSARIA MA NON SUFFICIENTE



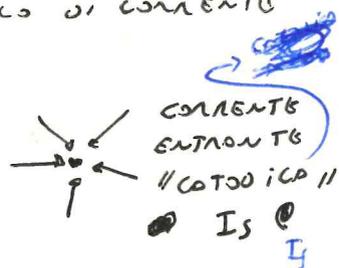
② \rightarrow NON E' INTUITIVO

CALCOLANDO F \rightarrow STINDOLO \rightarrow NANO POLO DI CORRENTE

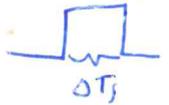
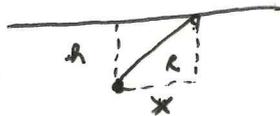
$$\phi_0^{(R)} = \frac{-I_s}{4\pi\epsilon_0 R}$$

CO FRA CONDIZIONE \rightarrow DISTINDA

$$R = \sqrt{x^2 + h^2}$$



IPOTESI CHE IL POT. EST. DIPENDA SOLO DALLA DISTINDA DI STINDUZIONE



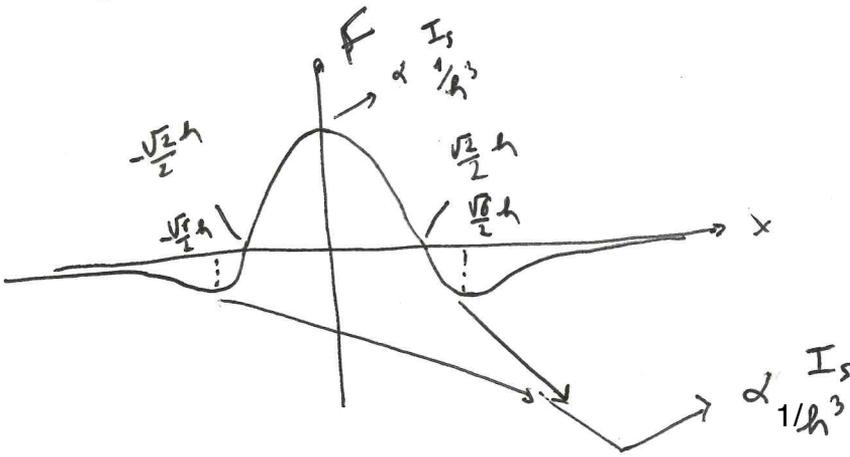
$$F = \frac{d^2\phi_0}{dx^2} = \frac{I_s}{4\pi\epsilon_0} \frac{(-2x^2 + h^2)}{(h^2 + x^2)^{5/2}}$$

MAX $\rightarrow x=0$
PROPORZIONALE A $\frac{I_s}{h^3}$

~~CONDIZIONE~~

* IN QUESTO PUNTO INDUCE IL MASSIMO DELLO
 OBERPOLARIZZAZIONE

(COSA MI ASPETTAVO)



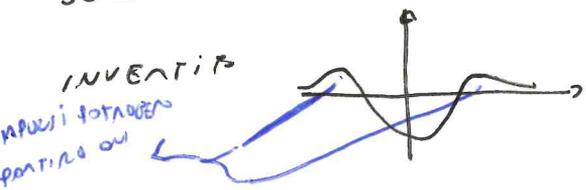
N.P: SE CRESCE I_s o DIMINUISCE $h \rightarrow$ CRESCONO I PICCHI
 POSITIVI, MA ANCHE
QUELLI NEGATIVI

QUALE PUO' ESSERE L'EFFETTO
 DEI PICCHI NEGATIVI?

POSSONO PROCCARRE LA
 PROPAGAZIONE DEI POTENZIALI
 OI ALTRI CHE SI ENO GENERATI
 IN $x=0$

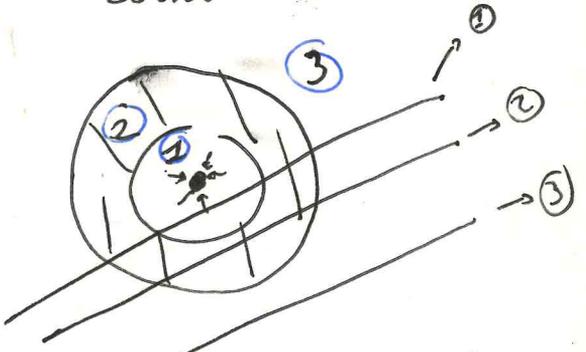
COSA ② \rightarrow IL POTENZIALE DI ALTRI SI GENERANO, MA
 NON RIESCE A PROPAGARSI A CAUSA DEI PICCHI
 NEGATIVI DI F CHE TENDONO A IPERPOLARIZZAR
 LO DENTRO IN $x = \pm \frac{\sqrt{6}}{2} h$

SE LO CORRENTO FOSSE ANCHE (POSITIVO) • F SAREBBE



CONSIDERANDO SEMPRE
 CORRENTI CATTOLICHE

IN GENERALE PITTATO I
 SI HANNO 3 ZONE
 ATTORNO AL PUNTO
 DI STABILIZZAZIONE



① L'IMPULSO SI GENERA MA NON
 SI PROPAGA

② L'IMPULSO SI GENERA E SI PROPAGA

③ L'IMPULSO NON SI
 GENERA (NON ARRIVATA
 A SOCCO)

ВАЖНО
АН КТО ПОА
УСУ АТЕДИНОТ

IN SINTESI, POSSIAMO
OSSERVARE

RECOLTA
CORRENTE/DISTANZA

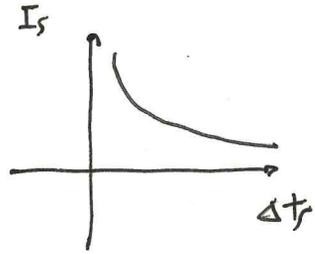
FISSATO I ESISTE UN RANGO
DI h IN CUI SI HA
STIMOLAZIONE E PROPAGAZIONE

FISSATO h SI HA UN RANGO
DI I PER CUI SI HA GEN.
E PROPAGAZIONE DELL'
IMPULSO

NON SI
FORMA

$I_{MIN} < I < I_{MAX}$
↳ SI FORMA
NO NON
SI FORMA

CURVE INTENSITA'
QUANTITA



LE FIBRE CON QUANTITA
MAGGIORE SONO PIU' *
ECCITOPILI

LA CORRENTE DI
SOGGIA DI INTENSITA'
CON QUANTITA

VEDERE I GRAFICI → PES. POP

* RECOLTA CORRENTE/DISTANZA/QUANTITA FIBRA

ES: $I = -4 \text{ mA}$

A → $h \in [0.73 - 1.55] \text{ mm}$

↳ $d_1 = 9.5 \text{ μm}$

B → $h \in [0.94 - 2.44] \text{ mm}$

↳ $d = 4 d_2$

CINQUE ORIZZONTALE → FISSO d → I_{MIN} → SOTTO → NON ARRIVO
ALLA SOGLIA

I_{MAX} → SOPRA → STIMOLO HA
PRELIEVO L'IMPULSO
CHE SI PROPAGA

FATICA MUSCOLARE → PROBLEMA ASSOCIATO ALLA STIMOLAZIONE FEJ

• FIBRE MUSCOLARI PIÙ GRANDI SONO INNERVATE DA NEURONI DI GRANDO DIAMETRO CHE SONO PIÙ ECCITABILI

⇒ LA FEJ FAVORISCE LA STIMOLAZIONE DI FIBRE MUSCOLARI PIÙ GRANDI → PIÙ SOGGETTA A FATICA

MYELINATO

$$\frac{dV_N}{dt} = \frac{1}{C_A} \left[\frac{q}{2\epsilon} \frac{V_{N-1} + V_{N+1} - 2V_N}{\Delta x^2} + \frac{q}{2\epsilon} \frac{\phi_{q,n+1} + \phi_{q,n-1} - 2\phi_{q,n}}{\Delta x^2} - I_{ionica} \right]$$

I_{ionica} → MODELLO DI FRANKENHAUSEN & HUXLEY

SUPPONENDO DI STIMOLA ALL'ASCETTA DEL NODO DI RANVIER CON $N=0$

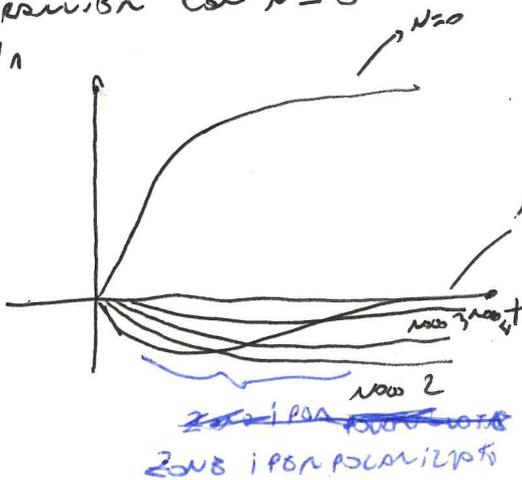
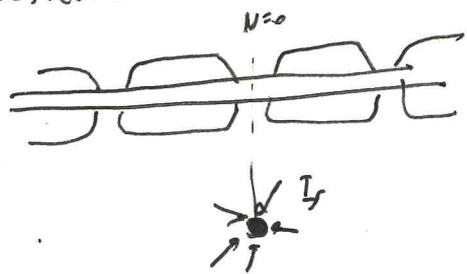


Fig 21.3 → INIZIAMENTO IPERPOLARIZZAZIONE PER PROPAGAZIONE SOTTO SOGLIA