

Fenomeni Bioelettrici parte II - programma dettagliato e materiale di studio AA 2017/2018

Libro consigliato: "Bioelectromagnetsm" (<http://www.bem.fi/book/book.pdf>)

Sito del corso: <http://www.centropiaggio.unipi.it/course/fenomeni-bioelettrici.html>

Nota: Il materiale di supporto presente sul sito (cuore, FES) riporta esempi grafici estratti dal libro.

Cellule nervose e muscolari: aspetti generali (Libro Capitolo 2, Nuove dispense De Rossi: http://www.centropiaggio.unipi.it/sites/default/files/course/material/neuroni_e_reti_neurali.pdf)

Aspetti generali sulle cellule eccitabili (nervose, muscolari); Introduzione qualitativa alla anatomia/fisiologia delle cellule eccitabili: neurone, membrana cellulare, sinapsi, cellula muscolare, potenziale di azione e sua propagazione, periodo refrattario. Il neurone biologico e il neurone formale: analisi dei principali modelli matematici. Reti neurali e Sinapsi chimiche.

La membrana cellulare sottosoglia (Libro Capitolo 3)

Basi teoriche (dalla parte I): flusso diffusivo, flusso governato dal campo elettrico, legge di Nernst-Planck, potenziale di equilibrio di Nernst. Origine del potenziale di riposo; modello elettrico della membrana a riposo e quantificazione del potenziale di riposo (equazione di Goldman - Hodgkin - Kats, vista nella parte I).

Modello elettrico comprendente la capacità di membrana e i rami legati ai flussi ionici di Sodio, Potassio e Cloro (calcolo delle correnti ioniche e approfondimento sulle giuste polarità dei generatori); modello semplificato: capacità di membrana e unico ramo resistivo (parallelo tra le tre conduttanze identificate in precedenza).

Propagazione sotto-soglia nel caso stazionario e non stazionario (cable equation); curve intensità durata, tempo di chronaxy e corrente reobase.

Comportamento attivo della membrana (Libro Capitolo 4 – esercitazioni Matlab)

Introduzione al comportamento attivo della membrana; equazione generale relativa alla propagazione del potenziale di azione; introduzione agli esperimenti di Hodgkin e Huxley (space clamp, voltage clamp).

Teoria di Hodgkin e Huxley: osservazioni sperimentali sulle caratteristiche corrente di membrana/tempo al variare del potenziale di membrana (regime di voltage clamp, gradini di tensione rispetto alla tensione di riposo); corrente relativa al sodio (iniziale) e al potassio (finale) e isolamento dei due contributi.

Modello di Hodgkin e Huxley (HH): equazioni relative alla conduttanza del potassio; equazioni relative alla conduttanza del sodio. Impulso nervoso che si propaga nello spazio: equazione generale con derivate in x e t , soluzione stazionaria considerando l'impulso che viaggia a velocità costante.

Esercitazioni Matlab (<http://www.centropiaggio.unipi.it/course/material/simulazioni-modello-hh>) per il calcolo e la simulazione del modello di HH:

- 1) calcolo dei coefficienti alpha e beta ("alpha_beta_cond.m");
- 2) calcolo di alpha, beta, n, m, h, costanti di tempo e correnti ioniche applicando impulsi di clamping ("sim_n.m");
- 3) Risoluzione equazione differenziale di Hodgkin-Huxley (metodo di Eulero) ed implementazione Matlab a temperatura fissata ("HH_sim_fin.m") e variabile ("HH_sim_fin_T.m"). Simulazione dei risultati (potenziale azione, conduttanze e correnti ioniche, corrente totale) al variare delle condizioni operative (comportamento tutto o niente, dipendenza da intensità dello stimolo, forma del potenziale di azione, periodo refrattario).
- 4) Simulazione della propagazione del potenziale di azione su una fibra nervosa non mielinata ("HH_sim_fin_propx.m").

Potenziali bioelettrici cardiaci (Libro Capitolo 6, libro paragrafi: 8.2.1, 8.2.2, 11.4 – esercitazioni Matlab)

Aspetti anatomici e fisiologici del cuore; potenziale azione cellula miocardica e propagazione da una cellula alle adiacenti (sincizio); il sistema di conduzione; genesi schematica elettrocardiogramma; modello schematizzato di generazione (fronte di polarizzazione, potenziale esterno, corrente di membrana, depolarizzazione e ripolarizzazione).

Problema diretto e inverso; metodi risoluzione problema inverso; ECG a 12 derivazioni.

Modelli di sorgenti volumetriche di biopotenziali (monopolo e bipolo di corrente, libro 8.2.1 – 8.2.2); teoria del vettore delle derivazioni (derivazioni unipolari e bipolari, libro 11.4).

Teoria del vettore delle derivazioni applicata al triangolo di Eintoven; ECG derivazioni standard e ricostruzione del dipolo risultante; Derivazioni a voltaggio aumentato e rappresentazione sul triangolo di Eintoven; formazione ECG e dipolo cardiaco nelle varie fasi del ciclo (depolarizzazione atriale, depolarizzazione ventricolare, ripolarizzazione ventricolare); derivazioni precordiali (dipolo cardiaco sul piano orizzontale); principi di diagnosi ECG.

Esercitazione Matlab (<http://www.centropiaggio.unipi.it/course/material/matlab-ecg>) su ricostruzione del dipolo cardiaco tramite misure ECG ("ECG_eint.m") su derivazioni standard (dati estratti dal database Physionet) e tracciati di ECG a 12 derivazioni ("ECG_12l.m")

Pacing e defibrillazione cardiaca (Libro capitolo 23 e capitolo 24, libro paragrafi: 9.2, 9.3, 9.4, 9.5 – esercitazioni Matlab)

Aspetti generali del Pacing cardiaco e della defibrillazione cardiaca. Modellistica pacing cardiaco: il cuore come un bi-dominio (modello continuo composto da uno spazio intracellulare e uno spazio extracellulare, che occupano lo stesso volume, e sono separati dalla membrana cellulare). Modello del pacing cardiaco applicato al bi-dominio cardiaco (equazioni e condizioni al contorno per sorgente di raggio a, corrente in funzione della distanza, corrente massima).

Modello defibrillazione cardiaca (singola fibra equivalente e monodimensionale alimentata agli estremi, condizioni al contorno, andamento del potenziale in funzione di x, non considerando l'effetto delle resistenze giunzionali. Modello Defibrillazione considerando l'effetto delle resistenze giunzionali. Calcolo dei potenziali di membrana e delle correnti assiali interne e esterne attraverso applicativo Matlab (<http://www.centropiaggio.unipi.it/course/material/defibrillazione-matlab-articolo-di-riferimento>)

Stimolazione elettrica funzionale FES (Libro capitolo 21, dispensa “applicazioni terapeutiche FES”
<http://www.centropiaggio.unipi.it/course/material/applicazioni-terapeutiche-fes>)

Stimolazione elettrica funzionale (FES) definizioni generali e cenno alle applicazioni; Modello elettrico della stimolazione: elettrodo monopolare posto a una certa distanza dall'assone; Determinazione del modello elettrico per una fibra non mielinata; calcolo della funzione di attivazione per una sorgente puntiforme (monopolo corrente, esempio matlab:
<http://www.centropiaggio.unipi.it/course/material/esempio-matlab-funzione-attivazione-di-una-sorgente-puntiforme-distanza-h-da-una>); relazioni intensità di corrente / distanza / diametro fibra; modello elettrico assone mielinato; grafici intensità vs. durata per la FES; Grafici Intensità vs. diametro fibra; Reclutamento muscolare e fatica.

Potenziali bioelettrici muscolari (dispense:

<http://www.centropiaggio.unipi.it/course/material/emg>, libro paragrafi: 8.2.3, 8.3.3 – esercitazioni Matlab)

Elettromiografia di superficie: generazione e misura del segnale; Potenziale transmembrana generato da una singola fibra isolata e modello tripolare associato (metodo teorico per calcolare il campo elettrico associabile a una singola fibra muscolare).

Calcolo del potenziale elettrico fibra isolata (File Matlab:

<http://www.centropiaggio.unipi.it/course/material/potenziale-esterno-singola-fibra-isolata-calcolo-matlab-0>) ; Interpretazione della misura EMG; relazione tra forza muscolare e ampiezza e

frequenza di attivazione; considerazioni sull'importanza della condizione sperimentale; metodi di analisi ampiezza (AVR, RMS); normalizzazione rispetto a MVC; Interpretazione della misura tramite EMG: discriminazione attività muscolare e stima della forza isometrica (esercitazione Matlab
<http://www.centropiaggio.unipi.it/course/material/esercitazione-matlab-emg>).