

# **Fenomeni Bioelettrici parte II - programma dettagliato e materiale di studio AA 2016/2017**

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, EEG, FES) riporta esempi grafici estratti dal libro.

## **Cellule nervose e muscolari: aspetti generali (Libro Capitolo 2)**

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, velocità trasmissione impulso.

## **La membrana cellulare sottosoglia (Libro Capitolo 3)**

Basi teoriche: flusso diffusivo, flusso governato dal campo elettrico, legge di Nernst-Plank, 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).

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).

Capacità di un assone non mielinato e cenni alla capacità di un assone mielinato.

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 – esercitazione 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: equazioni relative alla conduttanza del potassio; equazioni relative alla conduttanza del sodio.

Risoluzione equazione differenziale di Hodgkin-Huxley (metodo di Eulero) ed implementazione Matlab (<http://www.centropiaggio.unipi.it/course/material/simulazione-matlab-modello-hodgkin-huxley>). 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).

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.

### **Sinapsi e neurone formale** (Libro Capitolo 5 – dispense anni precedenti)

Sinapsi nervo-nervo e sinapsi nervo muscolo (giunzione neuro-muscolare); comportamento eccitatorio e/o inibitorio; modello elettrico della sinapsi.

Neurone formale.

### **Potenziali bioelettrici cardiaci** (Libro Capitolo 6, libro paragrafi: 8.2.1, 8.2.2, 11.4)

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.

Ricostruzione del dipolo cardiaco tramite misure ECG su derivazioni standard (dati estratti dal database Physionet) e tracciati di ECG a 12 derivazioni (esercitazione Matlab:

<http://www.centropiaggio.unipi.it/course/material/matlab-ecg> )

### **Potenziali bioelettrici muscolari** (dispense:

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

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, libro 8.2.3 – 8.3.3).

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>).

### **Potenziali bioelettrici cerebrali** (Libro Capitolo 13 - escluso paragrafo 13.4; dispensa anni precedenti: <http://www.centropiaggio.unipi.it/course/material/10potenziali-evocati-e-egg.html> )

Attività bioelettrica cervello e EEG: cenni all'anatomia e all'elettrofisiologia del cervello; attività elettrica di base e potenziali evocati; generazione segnale Elettroencefalografico; derivazioni monopolari e bipolari; caratteristiche di segnali prelevati e cenni alla diagnosi.

**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.  
Modello elettrico (continuo) di stimolazione per una fibra non mielinata; funzione di attivazione (derivata seconda del potenziale extracellulare e suo significato); 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> ); relazione corrente/distanza/diametro fibra.  
Modello elettrico di stimolazione per un assone mielinato; grafici intensità vs. durata; grafici Intensità vs. diametro fibra; reclutamento muscolare e fatica.

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

Introduzione alla stimolazione elettrica del muscolo cardiaco: differenze con la FES; aspetti generali del Pacing e della defibrillazione cardiaca.  
Modello del pacing cardiaco applicato al bi-dominio cardiaco (libro paragrafi: 9.2, 9.3, 9.5, 23.5): definizione bi-dominio, equazioni e condizioni al contorno per sorgente di raggio finito, corrente in funzione della distanza, corrente massima.  
Definizione e modello defibrillazione cardiaca (singola fibra equivalente e monodimensionale alimentata agli estremi, condizioni al contorno, andamento del potenziale in funzione dello spazio, effetto delle resistenze giunzionali, libro paragrafi: 9.4 e 24.3).