

## INTRODUZIONE ALLA STRUMENTAZIONE BIOMEDICA

a cura della prof. Alessandra L. G. Pedrocchi – Bioingegneria

### Descrizione del corso

Il corso presenta una serie di strumentazioni biomediche di ampio utilizzo sia in campo diagnostico sia terapeutico, fornendo gli approfondimenti di fisica, matematica e biologia necessari per comprenderne il funzionamento.

È organizzato in 4 moduli:

- Dalla geometria nello spazio alla misura del respiro (prof. Aliverti)
- Forme e immagini scomposte in sinusoidi: la risonanza magnetica nucleare (prof. Baselli)
- Dalla digitalizzazione di fotogrammi alla motion capture: l'analisi del movimento in applicazioni cliniche (proff. Cimolin e Galli)
- Dalla rana di Galvani alle moderne interfacce cervello-computer (prof. Pedrocchi)

### Organizzazione

L'ordine di erogazione dei moduli può variare a seconda dell'edizione del corso. Durante ogni modulo gli studenti avranno accesso a diversi **materiali didattici online**, tra cui dispense, videolezioni e schede di esercitazione. Gli studenti saranno in contatto costante con docenti e tutor del Politecnico. Inoltre, grazie a un **forum online** potranno lavorare insieme agli altri iscritti all'interno di una classe virtuale. È prevista infine anche la partecipazione a **webinar** e **question time**, tenuti direttamente dai docenti del corso.

### Altri docenti coinvolti

Prof. A. Aliverti – Bioingegneria Elettronica e Informatica.  
Prof. G. Baselli – Bioingegneria Elettronica e Informatica.  
Prof. V. Cimolin – Bioingegneria Elettronica e Informatica.  
Prof. M. Galli – Bioingegneria Elettronica e Informatica.

### Struttura del corso

*Modulo 1:*

*Dalla geometria nello spazio alla Misura del respiro  
(a cura del prof. Andrea Aliverti)*

Nel corso della nostra vita compiamo circa 800 milioni di respiri. Valutare la respirazione è molto importante per capire il nostro stato di salute. Il modo più semplice è quello di misurare il flusso di aria che attraversa le vie aeree. Il flusso può essere poi integrato, fisicamente in uno spirometro o numericamente con un programma di calcolo, per ottenere la variazione di volume del polmone. La pletismografia corporea, invece, fornisce il volume polmonare a partire dalla misura della pressione dell'aria esterna alla persona e dall'applicazione delle leggi fisiche dei gas. Le variazioni di volume polmonare, infine, possono essere ricavate misurando la geometria del tronco ed applicando un integrale di superficie.

#### *Modulo 2:*

*Forme e immagini scomposte in sinusoidi: la risonanza magnetica nucleare (a cura del prof. Giuseppe Baselli)*

Dalla trigonometria conosciamo le funzioni armoniche  $\cos \phi$  e  $\sin \phi$ . La Trasformata di Fourier consente di scomporre ogni forma in somma di funzioni armoniche di diverso periodo. L'anatomia interna è esplorata mediante il fenomeno, del tutto innocuo, della risonanza magnetica nucleare: se il corpo è immerso in un potente campo magnetico, i nuclei di idrogeno – di cui i tessuti sono ricchi – risuonano a radio-frequenza (RF). La modulazione della RF imposta da altri campi magnetici forma nello spazio interno le armoniche necessarie, il cui segnale è raccolto da antenne. Si ricostruiscono così, dall'esterno, immagini interne di grande precisione e ricche di informazione sulla struttura fisicochimica dei tessuti.

#### *Modulo 3:*

*Dalla digitalizzazione di fotogrammi alla motion capture: l'analisi del movimento in applicazioni cliniche (a cura delle prof.sse Veronica Cimolin e Manuela Galli)*

“Nulla rivela più cose del movimento” scriveva Marta Graham, una coreografa e danzatrice newyorkese. Trasferito alla clinica, il movimento permette di rilevare informazioni sul buon funzionamento dei sistemi che sono alla base della sua generazione e del suo controllo rendendo il suo monitoraggio di utilità per la diagnosi e per la riabilitazione. Verranno descritti strumentazioni e metodi per la cattura del movimento umano, unitamente ad applicazioni nell'ambito della biomeccanica della riabilitazione, dello sport e dell'ergonomia.

#### *Modulo 4:*

*Dalla rana di Galvani alle moderne interfacce cervello-computer (a cura della prof. Alessandra L. G. Pedrocchi)*

Molti segnali biologici, detti biopotenziali, sono basati su flussi ionici intra-extra cellulari, che sappiamo leggere come segnali elettrici. Verranno presentati alcuni meccanismi di generazione dei biopotenziali e i principi base con cui questi possono essere registrati e misurati da varie strumentazioni biomediche di ampio utilizzo, come elettrocardiogramma, elettromiogramma, elettroencefalogramma. Queste misure rappresentano importanti strumenti diagnostici e, inoltre, vengono utilizzate per il controllo di protesi e interfacce uomo-macchina.

### **Note biografiche**

**Andrea Aliverti** – Professore ordinario presso il Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria del Politecnico di Milano, dove insegna Bioingegneria del Sistema Respiratorio e Tecnologie per Sensori e Strumentazione Clinica. Dal 2014 è coordinatore del Dottorato di Ricerca in Bioingegneria del Politecnico di Milano. L'attività di ricerca, svolta presso il Lares – Laboratorio di Analisi della Respirazione del TBMLab (Laboratorio di Tecnologie Biomediche), di cui è responsabile, riguarda la Bioingegneria del Sistema Respiratorio, in particolare la concezione e lo sviluppo di nuove metodologie e tecnologie volte a migliorare la diagnosi e il trattamento di patologie del sistema respiratorio: sistemi di analisi della meccanica respiratoria, sistemi di *imaging* del polmone e del diaframma, sistemi indossabili per il monitoraggio dei parametri fisiologici. Collabora con numerosi centri di ricerca, industrie biomediche e strutture cliniche, nell'ambito di progetti di ricerca nazionali ed internazionali. È autore o co-autore di oltre 200 articoli scientifici su riviste internazionali, numerosi libri, capitoli di libro e brevetti. È membro del consiglio scientifico e Head dell'Assembly “Clinical Physiology and Sleep” della European Respiratory Society.

**Giuseppe Baselli** – Professore ordinario di Bioingegneria dal 2001 presso il Politecnico di Milano. È stato presidente del Corso di Studi di Ingegneria Biomedica (2004–2009) e direttore del Dipartimento di Bioingegneria (2010–12). È membro onorario di EAMBES (dal 2019). Attualmente insegna Bioingegneria dei Sistemi Fisiologici di Controllo e Metodi per Immagini Biomediche. È coautore di oltre 140 articoli su prestigiose riviste del settore. Dedicò le sue ricerche principalmente al campo dei segnali biomedici in relazione con la modellazione lineare e non-lineare della regolazione cardiovascolare, alla ricostruzione di immagini oncologiche e molecolari, alle neuro-immagini, includendo la connettività funzionale e anatomica e la regolazione cerebrovascolare. L'approccio comune nei suoi contributi in queste diverse aree è l'elaborazione

di segnali e immagini basata su modelli, finalizzata all'estrazione di informazioni funzionali.

**Veronica Cimolin** – Professore Associato presso il Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria del Politecnico di Milano dove è titolare dei corsi “Impianti ospedalieri e sicurezza [2]” e “Analisi e organizzazione di sistemi sanitari [1]”, erogati all'interno del corso di Laurea in Ingegneria Biomedica. Svolge la sua attività di ricerca presso il Laboratorio di Analisi della Postura e del Movimento “Luigi Divieti” nell'area dell'analisi quantitativa multifattoriale del movimento umano in ambito clinico/riabilitativo e nell'area dell'ingegneria clinica. Collabora inoltre con diverse realtà cliniche nazionali ed internazionali nell'ambito di convenzioni e progetti. È autore di oltre 170 articoli su riviste scientifiche del settore.

**Manuela Galli** – Professore associato presso il Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria del Politecnico di Milano e titolare dei corsi Laboratorio di Valutazione Funzionale, Bioingegneria del Sistema Motorio e Valutazione Funzionale, all'interno del corso di Laurea in Ingegneria Biomedica. È responsabile del Laboratorio di Analisi della Postura e del Movimento “Luigi Divieti” del Dipartimento di Bioingegneria del Politecnico dal 1994. È Visiting Researcher dal 2007 presso il Laboratorio di Gait Analysis dell'Institute of Basic Research, Staten Island, New York, e dall'ottobre 2017 è Visiting Professor presso l'università di Concepcion, Chile. Si occupa principalmente di applicazioni biomediche al movimento umano, ad esempio relative alle protesi, alla riabilitazione motoria o alle disfunzioni legate alle disabilità. Ha conseguito diversi premi, tra cui l'International Award “Wisniesky Memorial paper Award”, riconoscimento per l'attività svolta nell'ambito della valutazione motoria nelle disabilità dello sviluppo, 11 Luglio 2012, Halifax (CANADA).

**Alessandra L. G. Pedrocchi** – Professore associato di Bioingegneria dal 2015. Nel 2017 è stata Visiting Professor presso la University of Southern California. È uno dei fondatori del laboratorio di NeuroEngineering e Robotica medica ed è attualmente responsabile della sezione Neuroingegneria ([www.nearlab.polimi.it](http://www.nearlab.polimi.it)), dedicata alla ricerca di robotica medica sull'interazione uomo-robot per applicazioni chirurgiche e riabilitative, robot interattivi personalizzati e tecnologie assistive in clinica e a domicilio per pazienti neurologici. La progettazione meccanica del robot è bioispirata, così come il controllo, ad es. utilizzando reti neurali *spiking* in stretta collaborazione con il progetto EU FET Flagship Human Brain. L'interesse di Alessandra è la neuroingegneria, tra cui la biomeccanica nel controllo motorio, la neurorobotica, le nuove tecnologie per la neuroriabilitazione, con particolare enfasi su esoscheletri per arti superiori, neuroprotesi e lo studio della correlazione tra plasticità cerebrale e recupero funzionale.