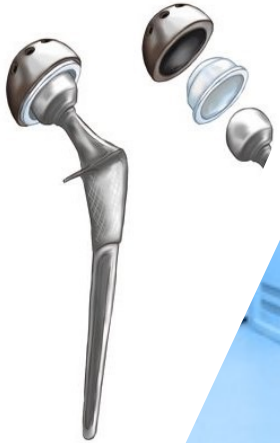
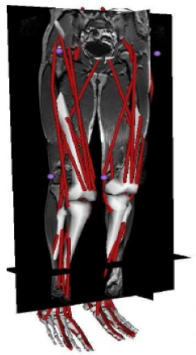
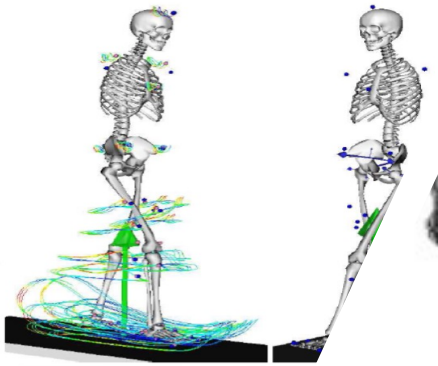
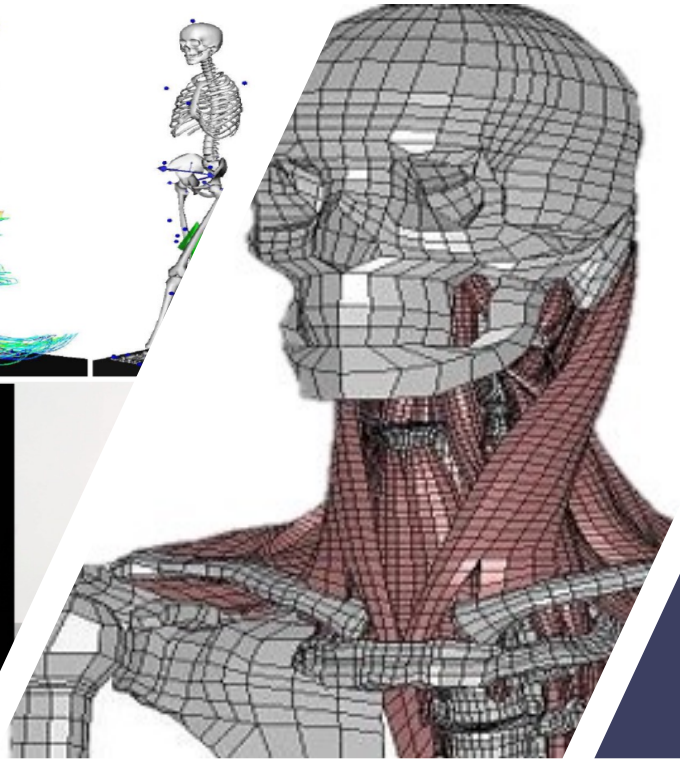




SCUOLA DI INGEGNERIA

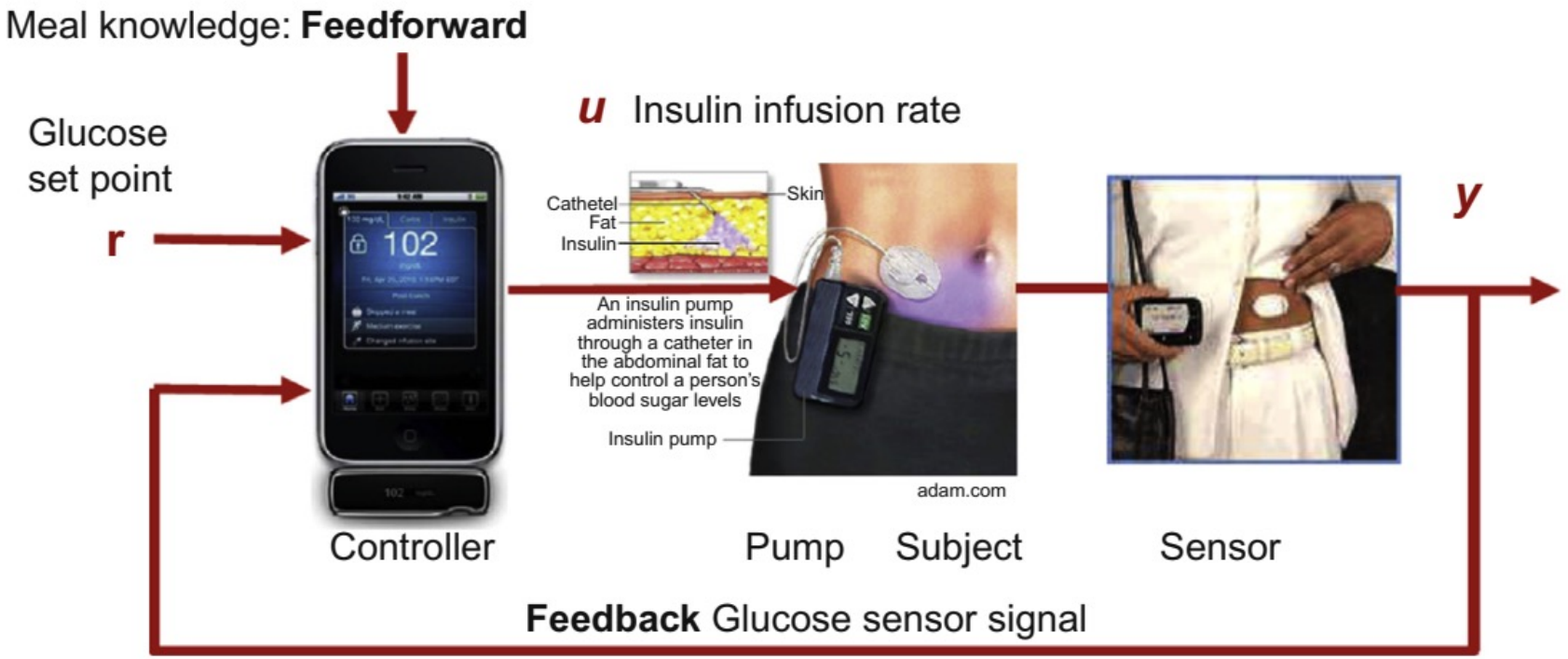
Laurea Triennale in Ingegneria Biomedica

Prof. Alessandro Tognetti

Ingegneria Biomedica

Di cosa si occupa l'ingegnere biomedico?

L'applicazione dei concetti e delle tecnologie ingegneristiche per ….



Organi artificiali

Multidisciplinarità

lo sviluppo di materiali, dispositivi diagnostici e terapeutici, organi artificiali e altri costrutti rilevanti per applicazioni in biologia e medicina

L'applicazione dei concetti e delle tecnologie ingegneristiche per ….

Pulsiossimtero

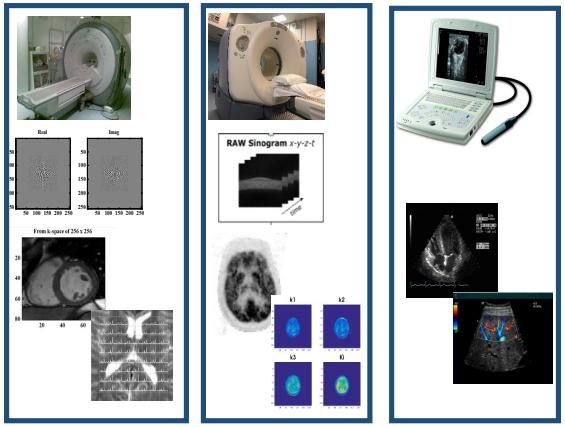
Dispositivi diagnostici

Smartwatch

ECG portatile

lo sviluppo di materiali, dispositivi diagnostici e terapeutici, organi artificiali e altri costrutti rilevanti per applicazioni in biologia e medicina

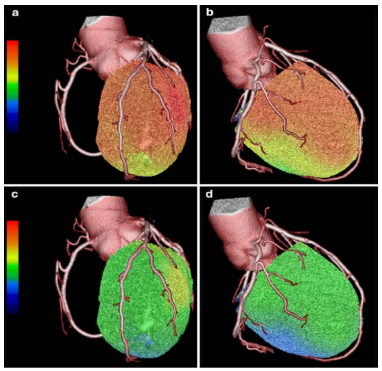
L'applicazione dei concetti e delle tecnologie ingegneristiche per ….

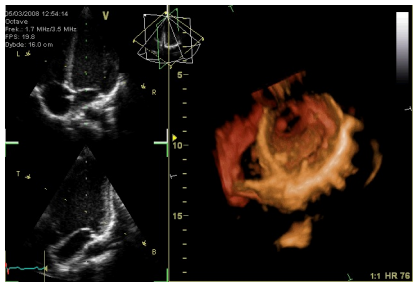


R
M

P
E
T

E
c
o

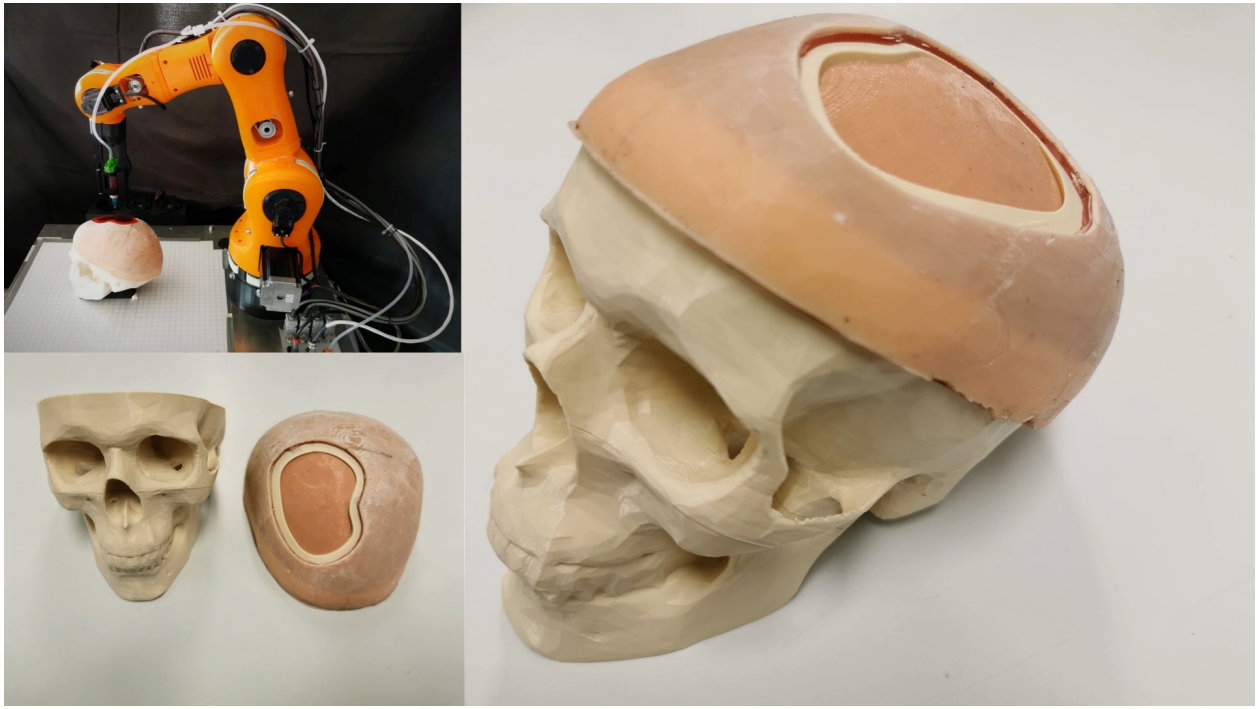




Strumenti diagnostici

lo sviluppo di materiali, dispositivi diagnostici e terapeutici, organi artificiali e altri costrutti rilevanti per applicazioni in biologia e medicina

L'applicazione dei concetti e delle tecnologie ingegneristiche per ….

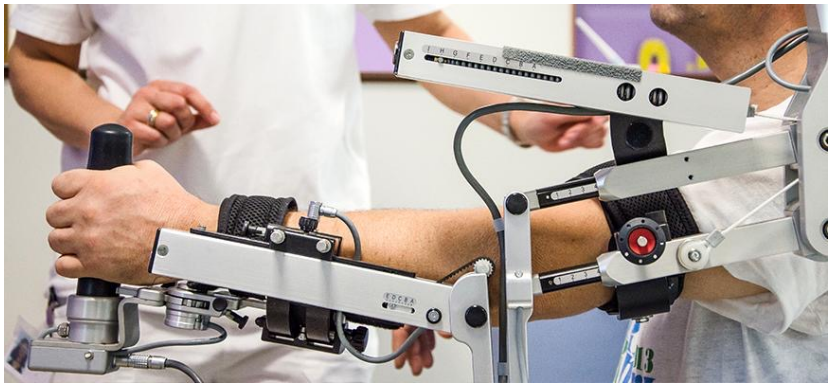


Bioprinting

lo sviluppo di materiali, dispositivi diagnostici e terapeutici, organi artificiali e altri costrutti rilevanti per applicazioni in biologia e medicina

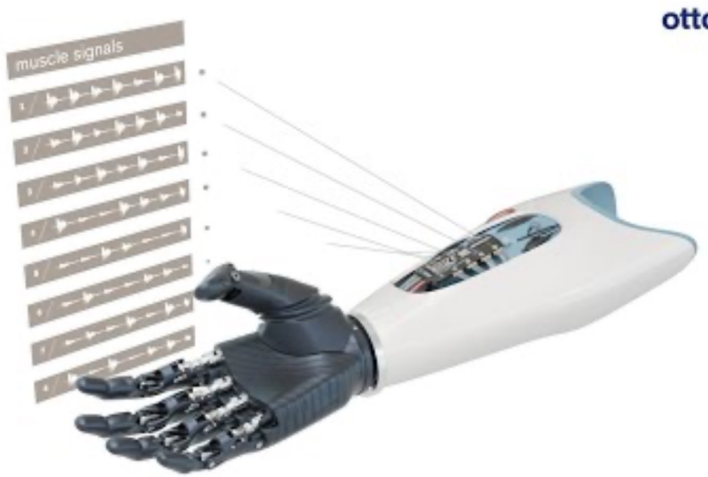
L'applicazione dei concetti e delle tecnologie ingegneristiche per ….

Riabilitazione



lo sviluppo di materiali, dispositivi diagnostici e terapeutici, organi artificiali e altri costrutti rilevanti per applicazioni in biologia e medicina

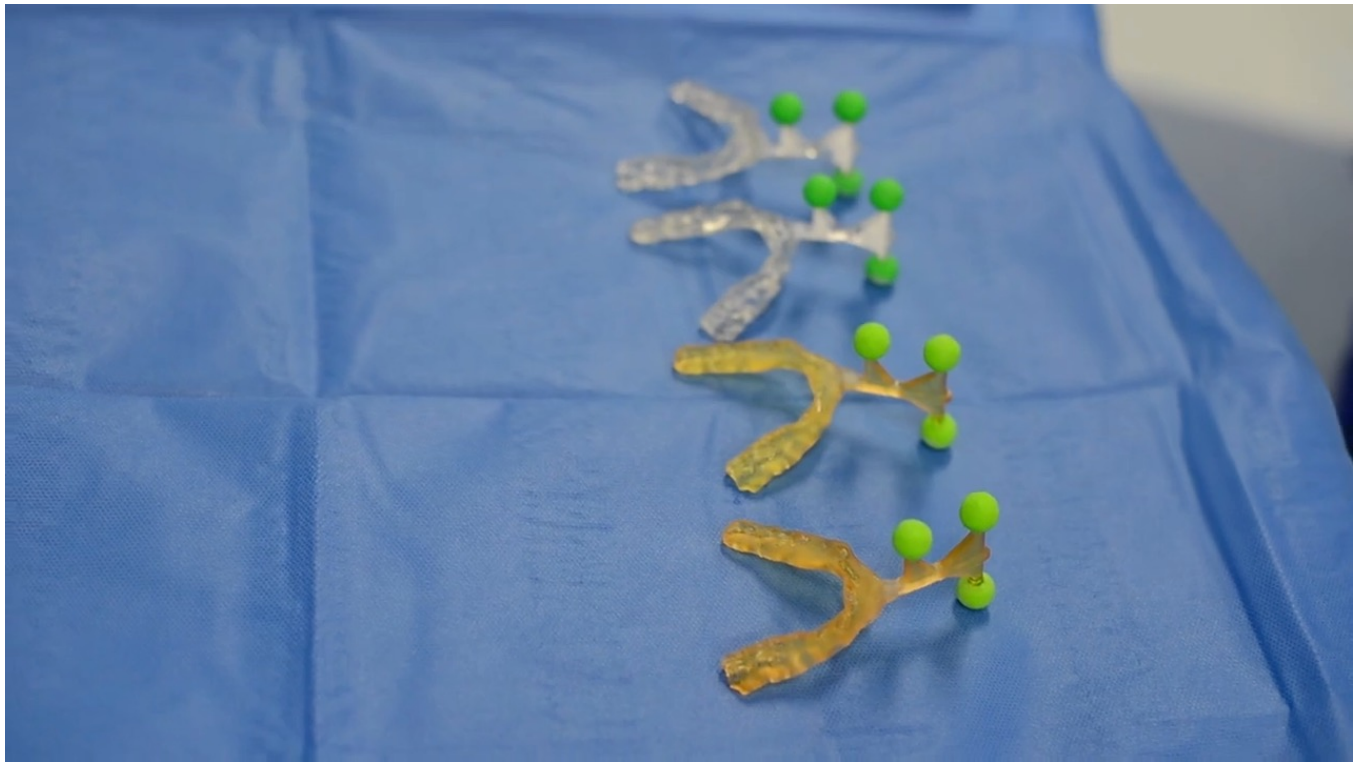
L'applicazione dei concetti e delle tecnologie ingegneristiche per ….



Protesi

lo sviluppo di materiali, dispositivi diagnostici e terapeutici, organi artificiali e altri costrutti rilevanti per applicazioni in biologia e medicina

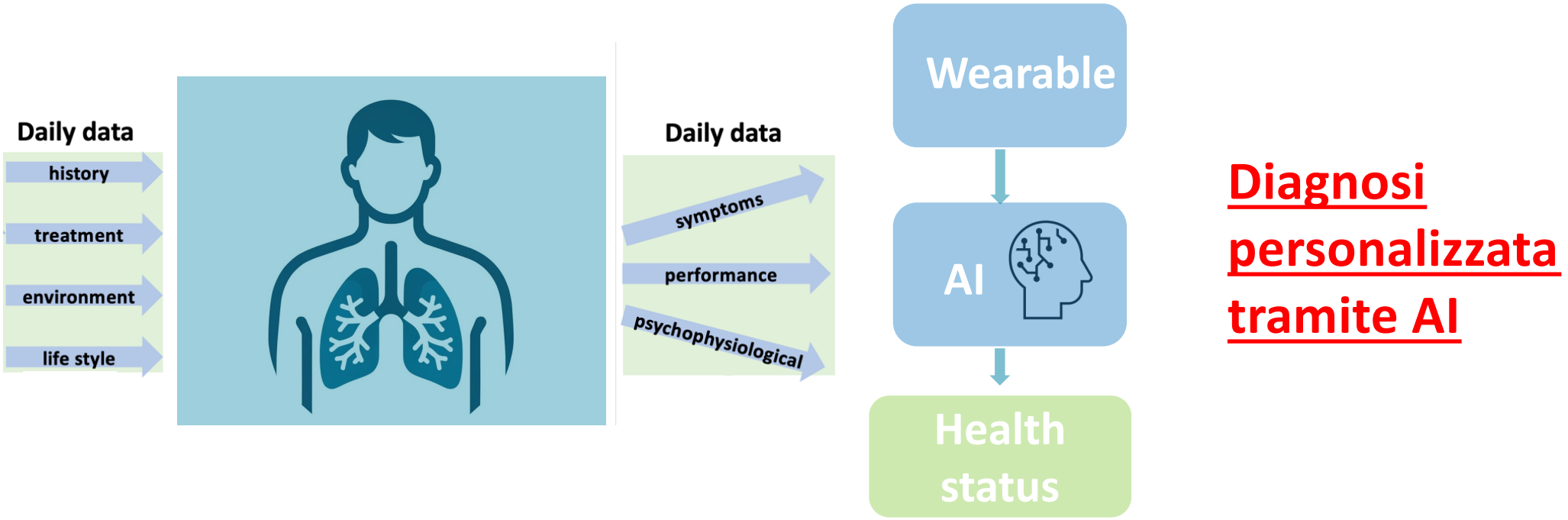
L'applicazione dei concetti e delle tecnologie ingegneristiche per ….



Supporto alla chirurgia

lo sviluppo di materiali, dispositivi diagnostici e terapeutici, organi artificiali e altri costrutti rilevanti per applicazioni in biologia e medicina

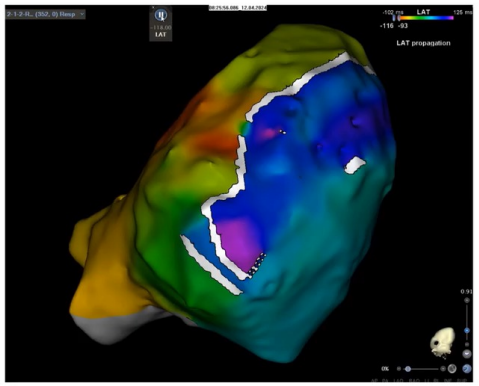
L'applicazione dei concetti e delle tecnologie ingegneristiche per ….

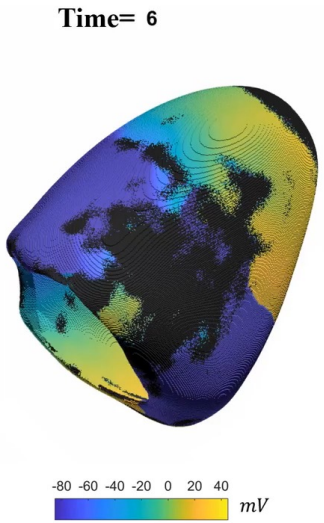


Diagnosi personalizzata tramite AI

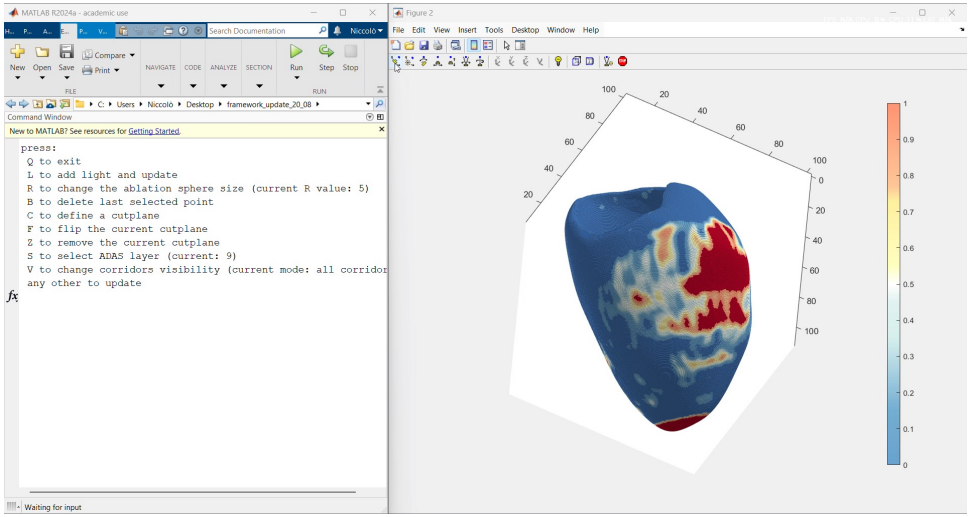
lo sviluppo di materiali, dispositivi diagnostici e terapeutici, organi artificiali e altri costrutti rilevanti per applicazioni in biologia e medicina

L'applicazione dei concetti e delle tecnologie ingegneristiche per ….



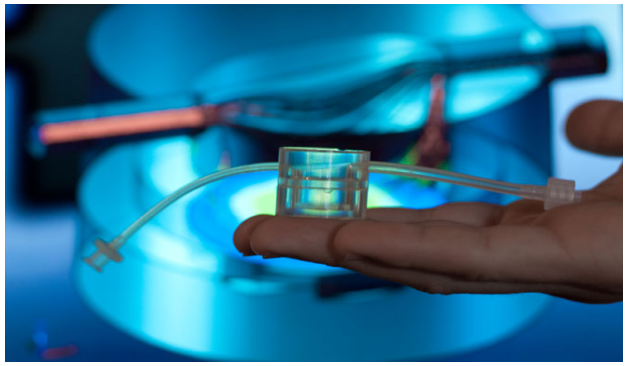


Digital twin

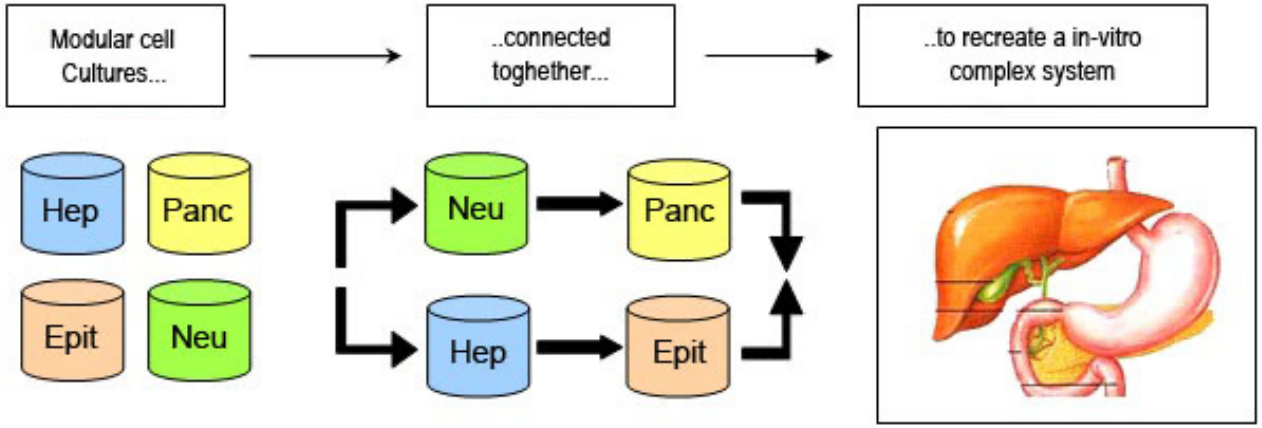


la comprensione dei sistemi biologici e delle pratiche mediche

L'applicazione dei concetti e delle tecnologie ingegneristiche per ….



Organoidi



la comprensione dei sistemi biologici e delle pratiche mediche

L’ingegnere biomedico

⚙️ Applica l’ingegneria alla biologia e alla medicina

🎛️ Sviluppa dispositive, ausili e strumenti diagnostici e terapeutici

🧠 Modella sistemi biologici per comprenderli meglio

📡 Usa AI e tecnologie avanzate per la salute

🏥 Lavora in ospedali, ricerca e industria

- 🩺 Dispositivi medici
- 💪 Protesi
- 📸 Imaging biomedico
- ⌚ Wearable per la salute
- 💻 Digital Twin
- 🧬 AI per diagnosi medica e personalizzazione delle cure

Primo anno

Attività formative

Le fondamenta!

Corso	CFU
Analisi Matematica I	12
Fisica Generale I	12
Principi di Chimica per Ingegneria	6
Algebra Lineare e Analisi Matematica II	6+6
Fondamenti di Informatica	6
Calcolo numerico	6
Elementi di Economia e Operations Management	6

Secondo anno

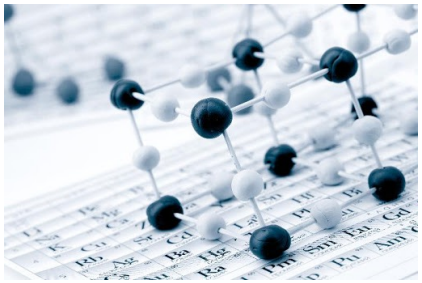
Attività formative

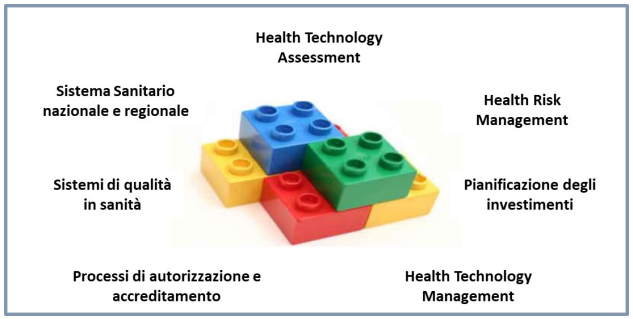
Le basi ingegneristiche!

Corso	CFU
Elettrotecnica	6
Teoria dei segnali	6
Elettronica	12
Automatica	6
Fondamenti di Meccanica per la Bioingegneria	6+6
Biostatistica	6
Fisica Generale II	6
Principi di bioingegneria	6

- Meccanica I
- Elementi costruttivi di macchine biomediche

Attività a scelta dello studente

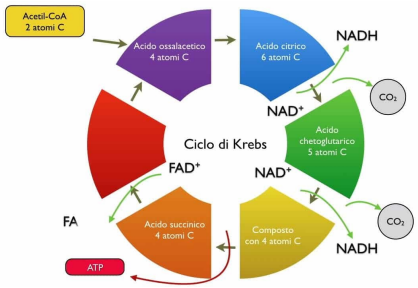




Fisiologia

Scienza e tecnologia dei materiali

Gestione della tecnologia sanitaria



Biochimica

Tirocinio

Fondamenti di Meccanica per la Bioingegneria: Meccanica I

Focus

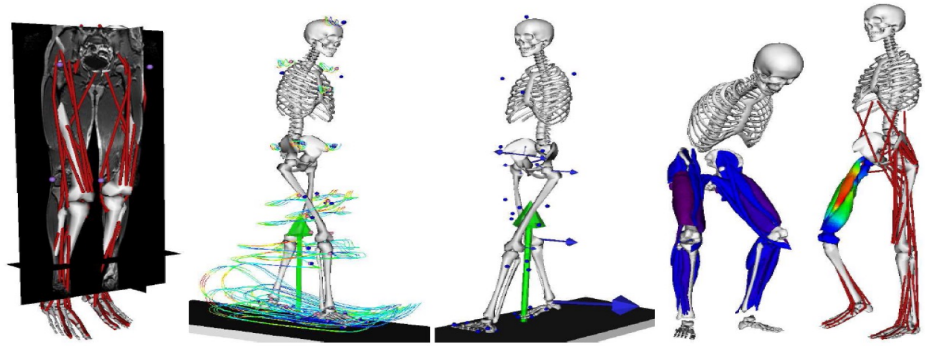
- Analisi cinematica e cinetostatica di meccanismi di corpi rigidi

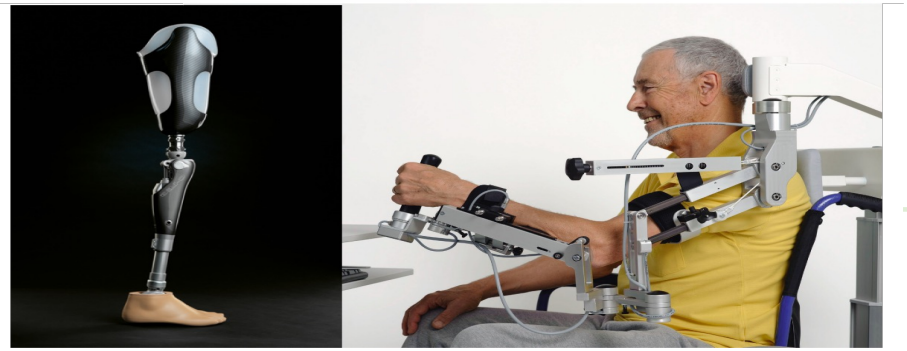
Contenuti principali

- Analisi del moto (cinematica)
- Analisi delle forze scambiate tra i corpi
- Fondamenti di dinamica
- Geometria delle masse

Obiettivo Formativo

Competenze e strumenti per l'analisi di semplici sistemi meccanici e biomeccanici





Fondamenti di Meccanica per la Bioingegneria: Elementi Costruttivi di Macchine Biomediche

Focus

- Sollecitazione e deformazione di solidi tridimensionali

Contenuti principali

- Modellazione geometrica delle strutture;
- Caratteristiche di sollecitazione ed equazioni indefinite di equilibrio per le travi;
- Stato di tensione e deformazione strutturale nei solidi;
- Teoria della trave
- Verifiche di resistenza e di rigidezza;
- Metodi per la risoluzione di strutture iperstatiche;
- Stabilità strutturale;
- Gusci assialsimmetrici

Obiettivo Formativo

Fornire conoscenze e strumenti operativi con cui studiare il comportamento meccanico e strutturale di semplici strutture in campo elastico ed in condizioni di carico statico (o ad esso riconducibili) per la progettazione di macchine biomediche.

Biostatistica

Focus

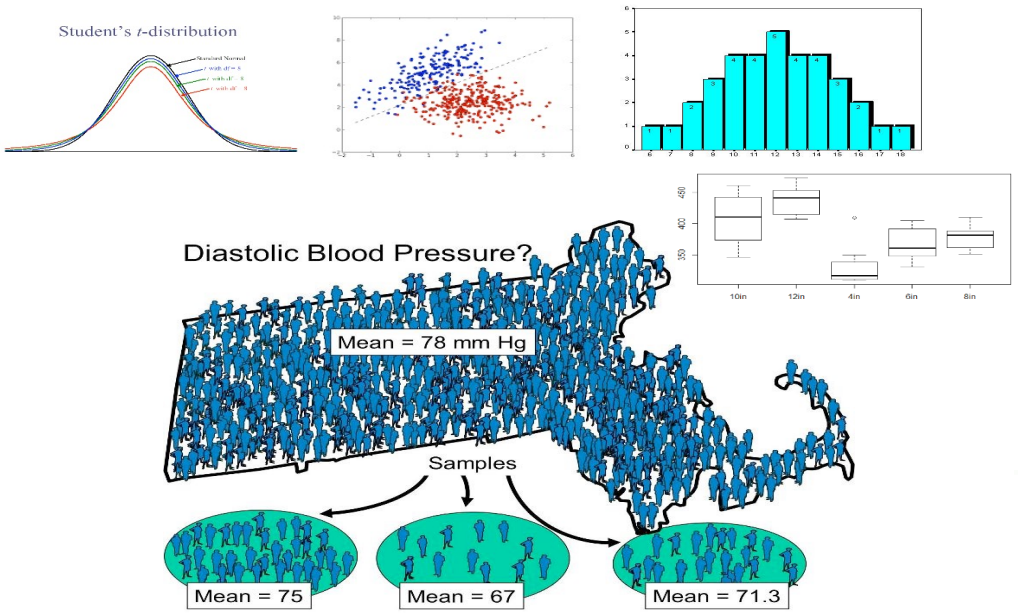
- Applicazione di strumenti matematici per l'inferenza su una popolazione (es. di soggetti sani o patologici) a partire dall'osservazione di un parametro biomedico su un numero limitato di soggetti

Contenuti principali

- Teoria della probabilità
- Variabili Aleatorie
- Inferenza parametrica
- Analisi di regressione
- Valutazione di un test diagnostico

Obiettivo Formativo

Il corso fornisce le basi matematiche per l'applicazione di metodi di statistica descrittiva e inferenziale in biomedicina.



Principi di Bioingegneria

Focus

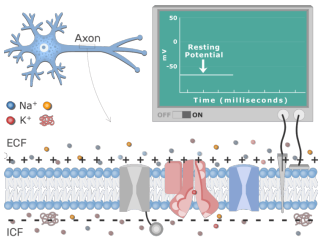
- Introdurre i principali fondamenti della Bioingegneria mostrando esempi e applicazioni

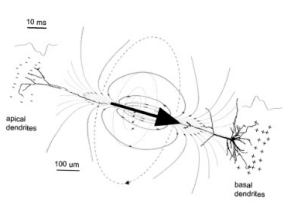
Contenuti principali

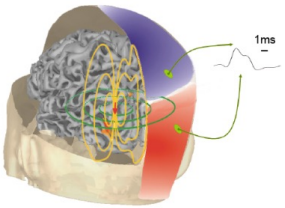
- Modelli anatomo-fisiologici computazionali
- Leggi descrittive dei principali fenomeni fisiologici con esempi applicativi
- Programmazione in Matlab e Simulink

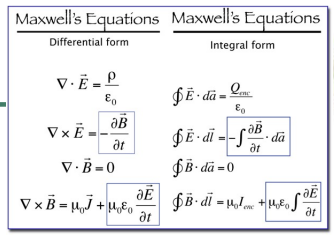
Obiettivo Formativo

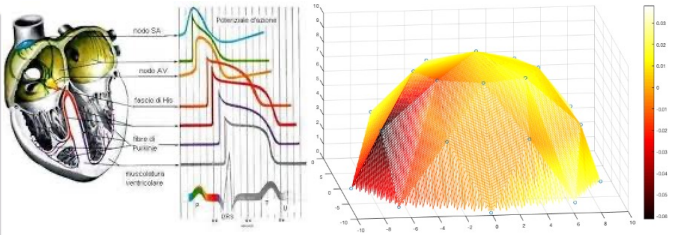
Mostrare, attraverso esempi e mediante l'uso di supporti informatici quali Matlab e Simulink, come gli strumenti metodologici della Bioingegneria possano essere impiegati per comprendere, valutare funzionalmente e riprodurre sistemi biologici o parti di essi.











Terzo anno

Attività formative

Le competenze biomediche!

Corso	CFU
Attività a scelta dello studente	12
Prova di lingua inglese	3
Fenomeni di trasporto biologico	6
Prova finale	3
Curriculum Ing. dell'informazione	30
Curriculum Ing. industriale	30

- Elettrofisiologia computazionale
- Sistemi sensoriali
- Strumentazione biomedica: progetto e applicazioni

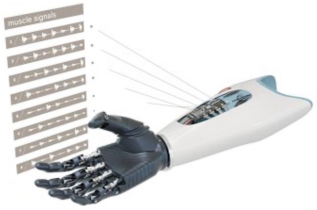
- Biomateriali e impianti protesici
- Modelli compartimentali e organi artificiali
- Biomeccanica

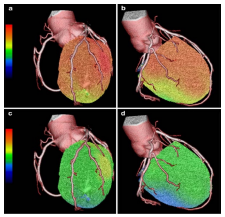
Terzo anno

Dettaglio degli insegnamenti integrati

Dettagli Insegnamenti Integrati	Moduli	SSD
Algebra Lineare e Analisi Matematica II	Algebra Lineare	MAT/03
	Analisi Matematica II	MAT/05
Elettronica	Elettronica Analogica	ING-INF/01
	Sistemi Digitali	ING-INF/01
Fondamenti di Meccanica per la Bioingegneria	Meccanica I	ING-IND/13
	Elementi Costruttivi di Macchine Biomediche	ING-INF/06
Elettrofisiologia Computazionale	Elettrofisiologia Computazionale I	ING-INF/06
	Elettrofisiologia Computazionale II	ING-INF/06
Sistemi Sensoriali	Biosensori	ING-INF/06
	Sensi Naturali e Artificiali	ING-INF/06
Strumentazione Biomedica: Progetto ed Applicazioni	Strumentazione Biomedica	ING-INF/06
	Applicazioni della Strumentazione Biomedica	ING-INF/06
Biomateriali e Impianti Protesici	Biomateriali	ING-IND/34
	Impianti Protesici	ING-INF/06
Modelli Compartimentali e Organi Artificiali	Modelli Compartimentali	ING-INF/06
	Organi Artificiali	ING-INF/06
Biomeccanica	Meccanica II	ING-IND/13
	Biomeccanica dei Tessuti Biologici	ING-INF/06

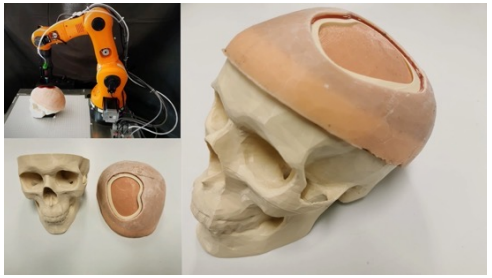
I curricula

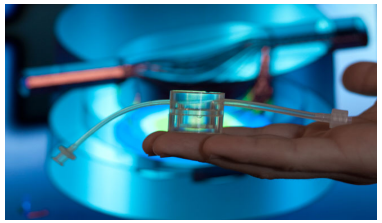


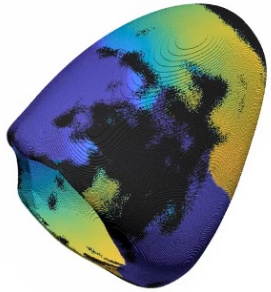


Ingegneria dell'informazione

Ingegneria industriale







Fenomeni di Trasporto Biologico

Focus

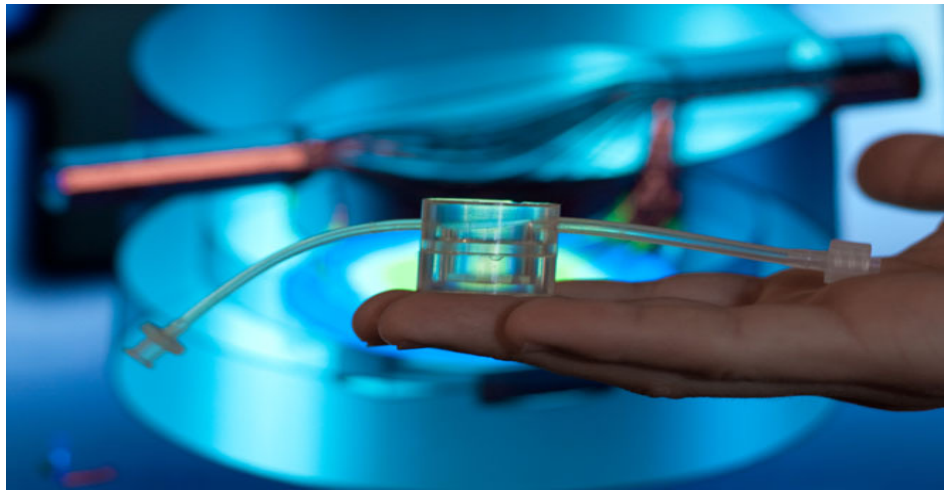
- Meccanica del continuo

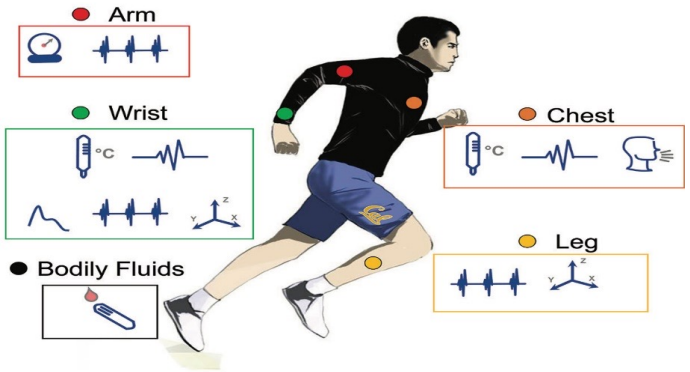
Contenuti principali

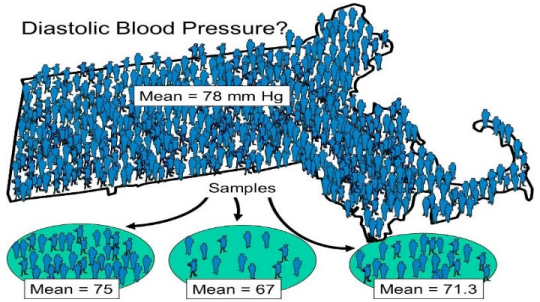
- Trasporto di moto
- Viscosità, turbolenza, numero di Reynolds, Navier Stokes
- Trasporto di massa
- Diffusione, reazione, Fick, membrane biologiche
- Trasporto di energia
- Calore e omotermia, Bioheat equation
- Tensione superficiale

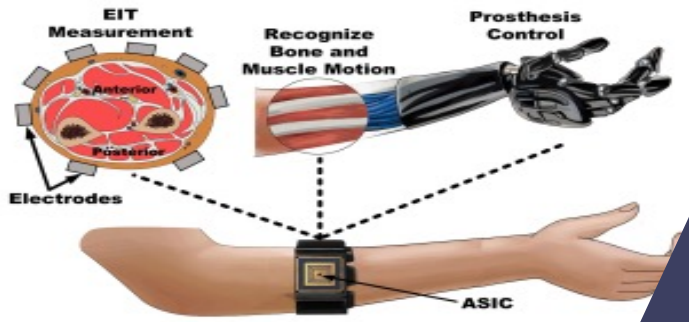
Obiettivo Formativo

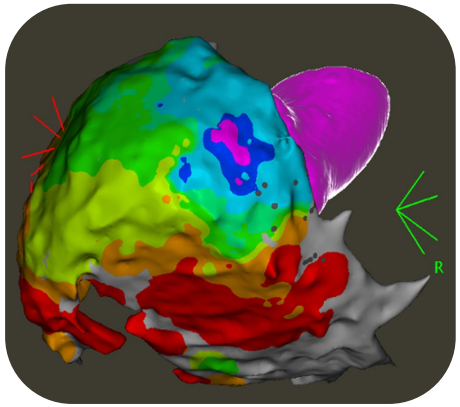
Il corso è focalizzato sull'analisi del trasporto di energia, moto e massa utilizzando il corpo umano come sistema di riferimento.

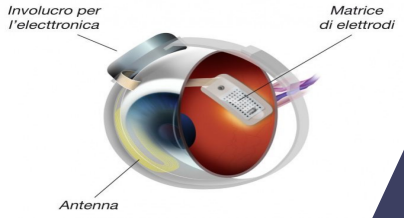












Curriculum ingegneria dell'informazione

Elettrofisiologia computazionale

Focus

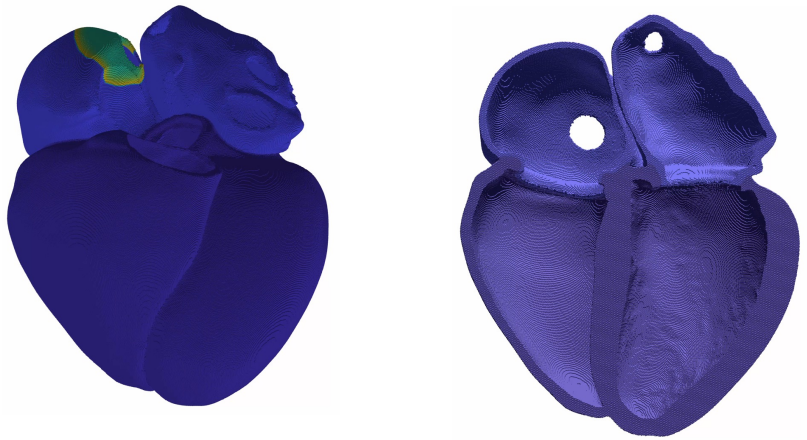
- Approccio quantitativo all'elettrofisiologia computazionale, con simulazione del potenziale d'azione neuronale (modello di Hodgkin e Huxley), propagazione e stimolazione elettrica del tessuto nervoso, modellazione dell'attività cardiaca e muscolare (ECG, EMG), e sviluppo di digital twin per la medicina personalizzata, inclusa la gestione delle aritmie e l'interazione cuore-dispositivi.

Contenuti principali

- Modellazione del potenziale d'azione neuronale, cardiaco e muscolare
- Stimolazione elettrica del tessuto nervoso e cardiaco (FES, pacing, defibrillazione)
- Generazione e simulazione dell'ECG
- Sviluppo e implementazione di simulazioni computazionali
- Digital twin dell'elettrofisiologia cardiaca e applicazioni in cardiologia personalizzata

Obiettivo Formativo

Fornire le competenze per modellare, simulare e interpretare i fenomeni bioelettrici nei tessuti eccitabili, con particolare attenzione al sistema nervoso, cardiaco e muscolare, attraverso metodi computazionali e applicazioni in ambito biomedico.



Sistemi sensoriali: Biosensori

Focus

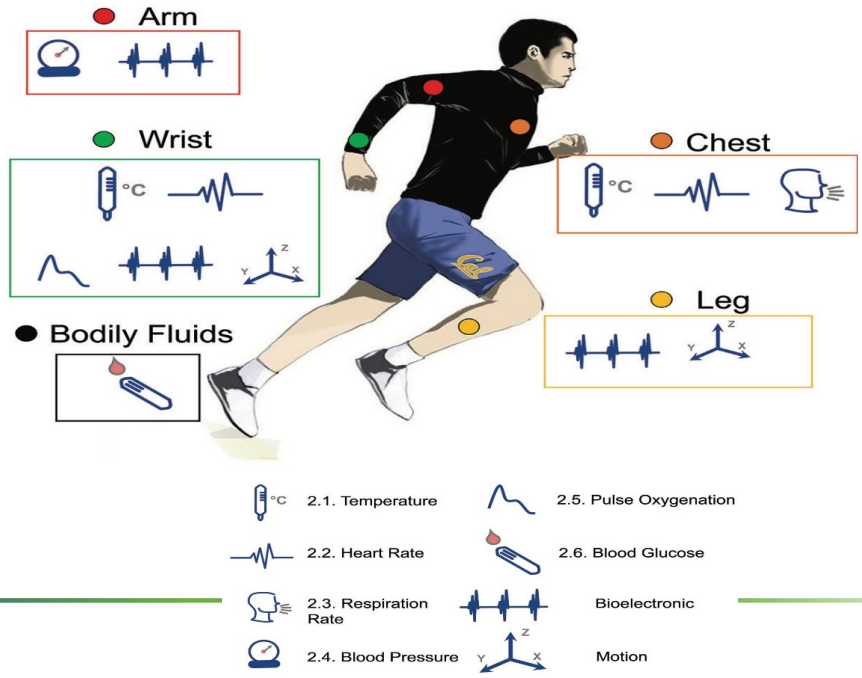
- Il sensore è la principale interfaccia tra il dispositivo biomedicale e il paziente ed è fondamentale per osservare in modo quantitativo le variabili biomediche (e.g. temperatura, pressione, bio-potenziali…)

Contenuti principali

- taratura, sensibilità, incertezza, non linearità, parametri dinamici nel dominio del tempo e della frequenza
- principio fisico, modellistica, circuiti elettronici di misura, principi di pre-elaborazione del segnale
- elettrodi per la misura di bio-potenziali (modellistica, impedenza ed effetto sulla misura del segnale)
- sensori fisici (temperatura, forza/deformazione), sensori chimici (pH, ioni in soluzione, gas disciolti), biosensori (glucosio, biomarker cardiaci)

Obiettivo Formativo

Il corso fornisce le nozioni di base per lo sviluppo, l'utilizzo e l'applicazione di sensori in ambito biomedico



Sistemi sensoriali: Sensi naturali e artificiali

Focus

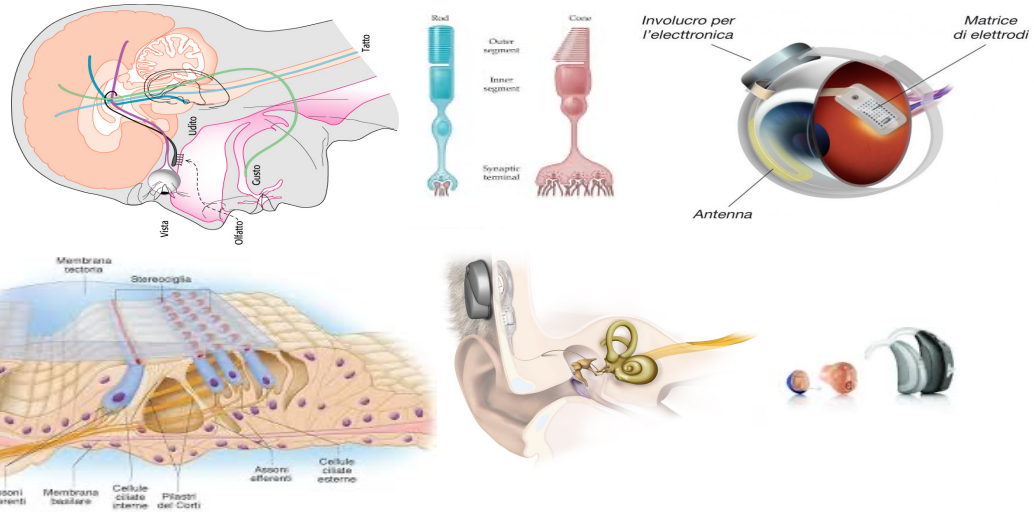
- L'obiettivo è di formare lo studente per definire modelli matematici che descrivano la genesi del segnale sensoriale, del segnale nervoso e la sua percezione (i.e. psicofisica), utili in ambito sia medico che ingegneristico.
- Inoltre vengono fornite le nozioni di base necessarie alla progettazione di protesi sostitutive e di dispositivi di ausilio.

Contenuti principali

- Psicofisica e metodi di indagine neuro-scientifica
- Tatto naturale ed artificiale
- Visione naturale ed artificiale
- Udito naturale ed artificiale

Obiettivo Formativo

Il Corso approfondisce le tematiche inerenti lo studio dei principali sistemi sensoriali e neuronali con lo scopo di riuscire ad effettuare una corretta modellazione e opportuna replica/sostituzione con dispositivi artificiali o protesi



Strumentazione biomedica: progetto e applicazioni: Strumentazione Biomedica

Focus

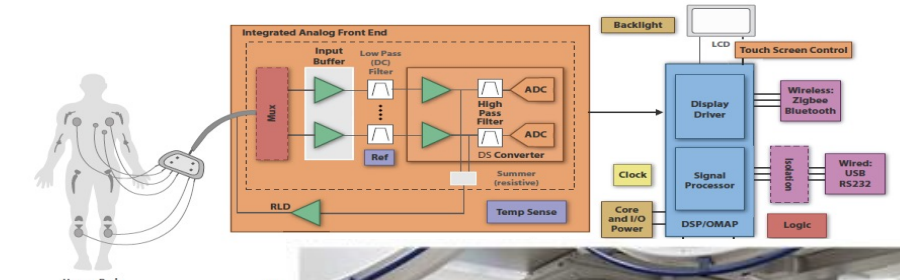
- Schemi elettrici e fasi progettuali delle principali strumentazioni biomediche

Contenuti principali

- Strumentazione per diagnosi e assistenza cardiaca
- Sistemi di neuro-monitoraggio
- Tomografia computerizzata
- Sistemi ecografici
- Macchinari per la medicina nucleare
- Strumentazione per il laboratorio di analisi biochimiche

Obiettivo Formativo

Acquisire le conoscenze fondamentali per descrivere i principi base del funzionamento degli strumenti biomedicali



Strumentazione biomedica: progetto e applicazioni: Applicazioni della Strumentazione Biomedica

Focus

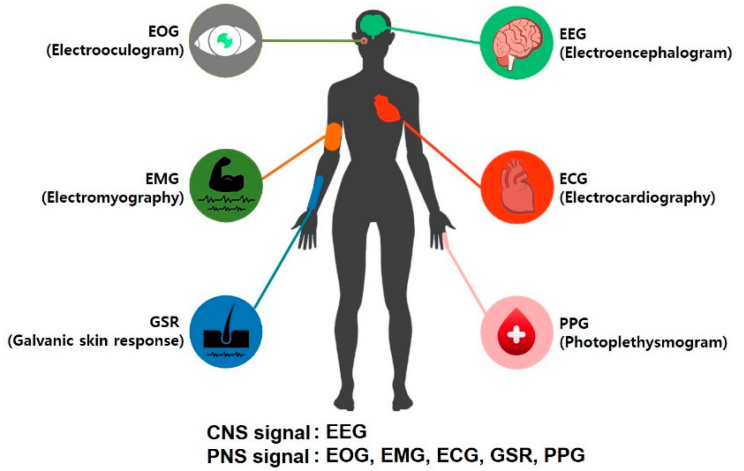
- Approccio pratico all'acquisizione e analisi di segnali biomedici (ECG, HRV, EDA, EEG, respirazione, accelerometri, immagini biomediche), elaborazione dei segnali, machine learning per l'analisi dei dati biomedici.

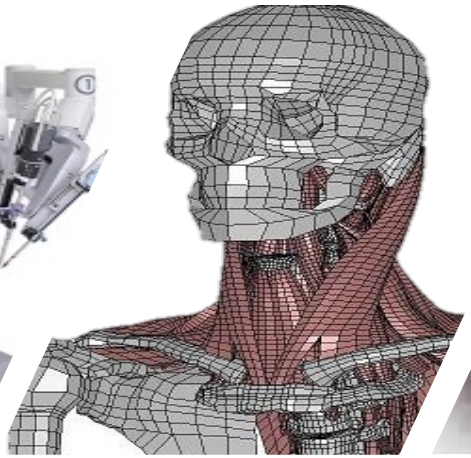
Contenuti principali

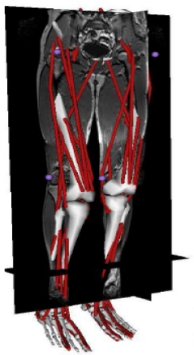
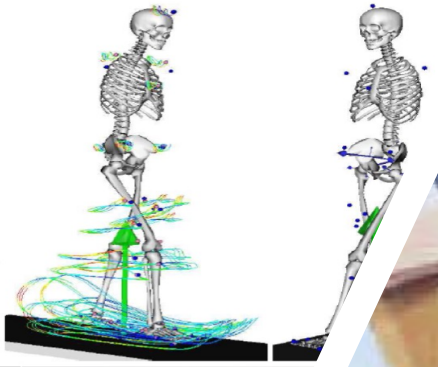
- Acquisizione e analisi di segnali biomedici
- Progettazione hardware di base per dispositivi biomedici
- Elaborazione dei segnali biomedici per l'estrazione di informazioni rilevanti
- Introduzione al machine learning per l'analisi dei dati biomedici

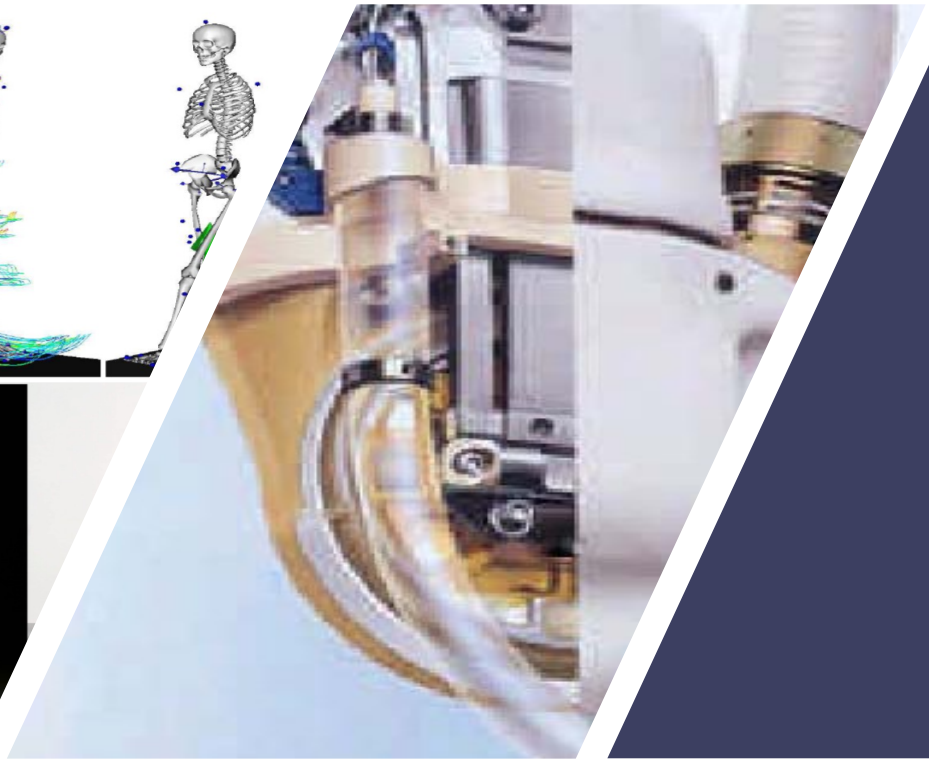
Obiettivo Formativo

Fornire agli studenti competenze teoriche e pratiche per l'acquisizione, elaborazione e analisi di segnali biomedici, con particolare attenzione all'uso della strumentazione biomedica e alle tecniche di elaborazione avanzate.







Curriculum ingegneria industriale

Modelli Compartimentali e Organi Artificiali: Modelli compartimentali

Focus

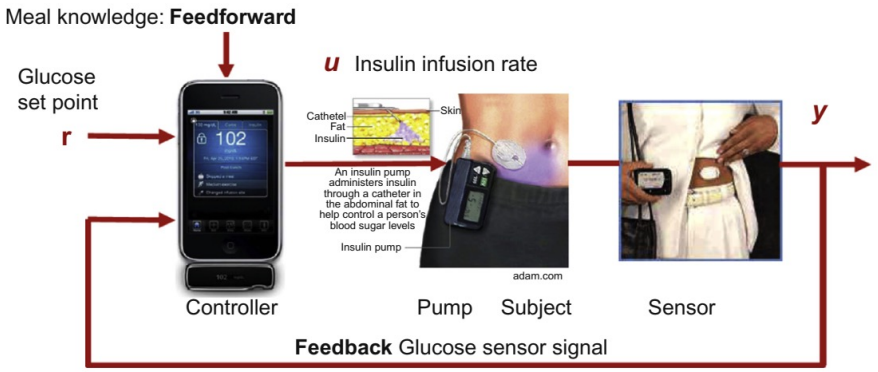
- Fornire gli elementi di base della modellistica matematica di sistemi biologici e fisiopatologici

Contenuti principali

- Strumenti per la formulazione di modelli teorici
- Tecniche numeriche per la simulazione di modelli teorici
- Identificazione dei parametri del modello a partire da dati sperimentali

Obiettivo Formativo

Fornire allo studente strumenti concettuali e operativi che gli consentano di sviluppare l'intero processo di modellazione per applicazioni biomediche



Modelli Compartimentali e Organi Artificiali: Organi Artificiali

Focus

- Modelli di sistemi biologici e dispositivi medici di supporto alla loro funzionalità

Contenuti principali

- Modellizzazione della fisiologia renale, polmonare, cardiaca e del metabolismo del glucosio in condizioni fisiologiche e patologiche
- Sistemi per emodialisi ed emofiltrazione
- Sistemi per ventilazione artificiale
- Pompe cardiache, cuore artificiale e pacemaker
- Sistemi per infusione di insulina
- Mesh per contenimento erniale

Obiettivo Formativo

Acquisizione delle nozioni basilari e di una sensibilità critica per l'analisi e la progettazione dei dispositivi medici di ausilio ai principali sistemi biologici.

Biomateriali e Impianti protesici
Biomateriali

Focus

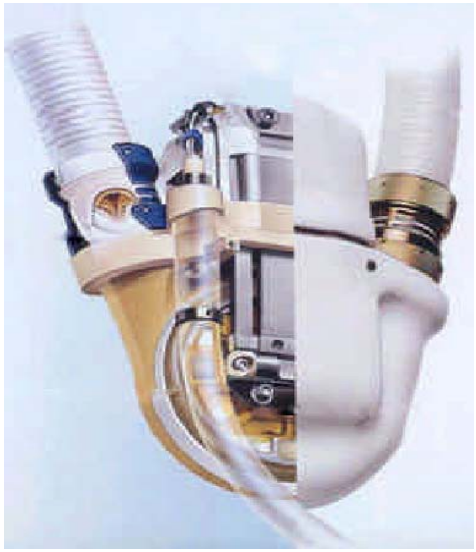
- La biocompatibilità e le proprietà dei materiali in relazione alle applicazioni biomediche.

Obiettivo Formativo

Conoscenze di base degli aspetti riguardanti la valutazione della biocompatibilità di un materiale.

Contenuti principali

- Biocompatibilità e Biomateriali:
- I principali test di biocompatibilità (ISO 10993)
- La progettazione di dispositivi biomedici - affidabilità
- Biomateriali polimerici - polimeri biodegradabili
- Biomateriali metallici - corrosione
- Biomateriali ceramici - bioinerti e bioattivi
- Biomateriali di origine naturale



Biomateriali e Impianti protesici:
Impianti protesici

Focus

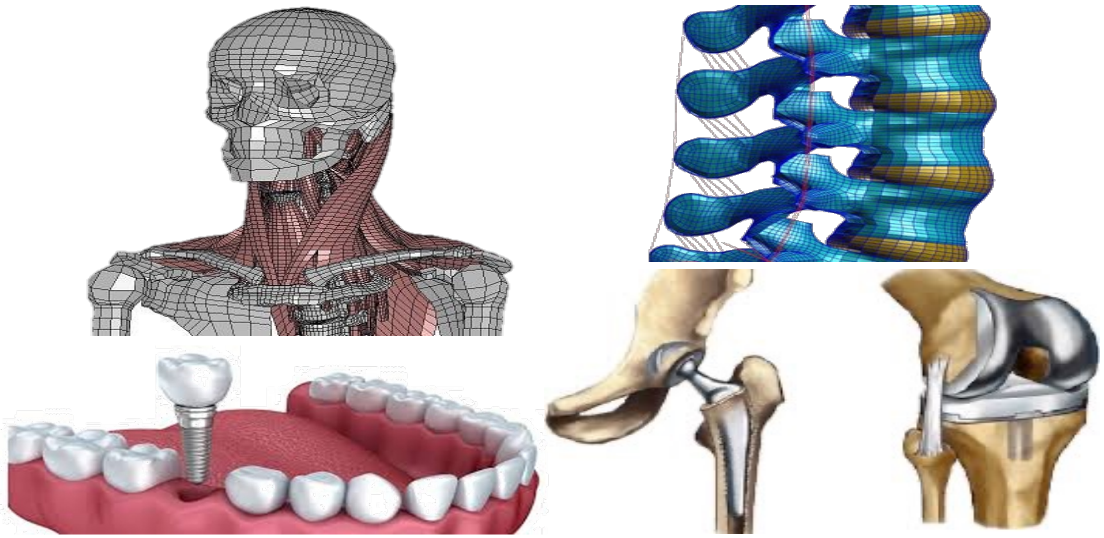
- Impianti protesici

Contenuti principali

- Impianti protesici ortopedici
- Impianti dentali
- Protesi vascolari
- Protesi valvolari
- Lenti intraoculari, protesi retinali e corticali
- Prosi acustiche
- Protesi mammarie
- Analisi agli elementi finiti (termica, meccanica e fluidodinamica) del funzionamento delle protesi

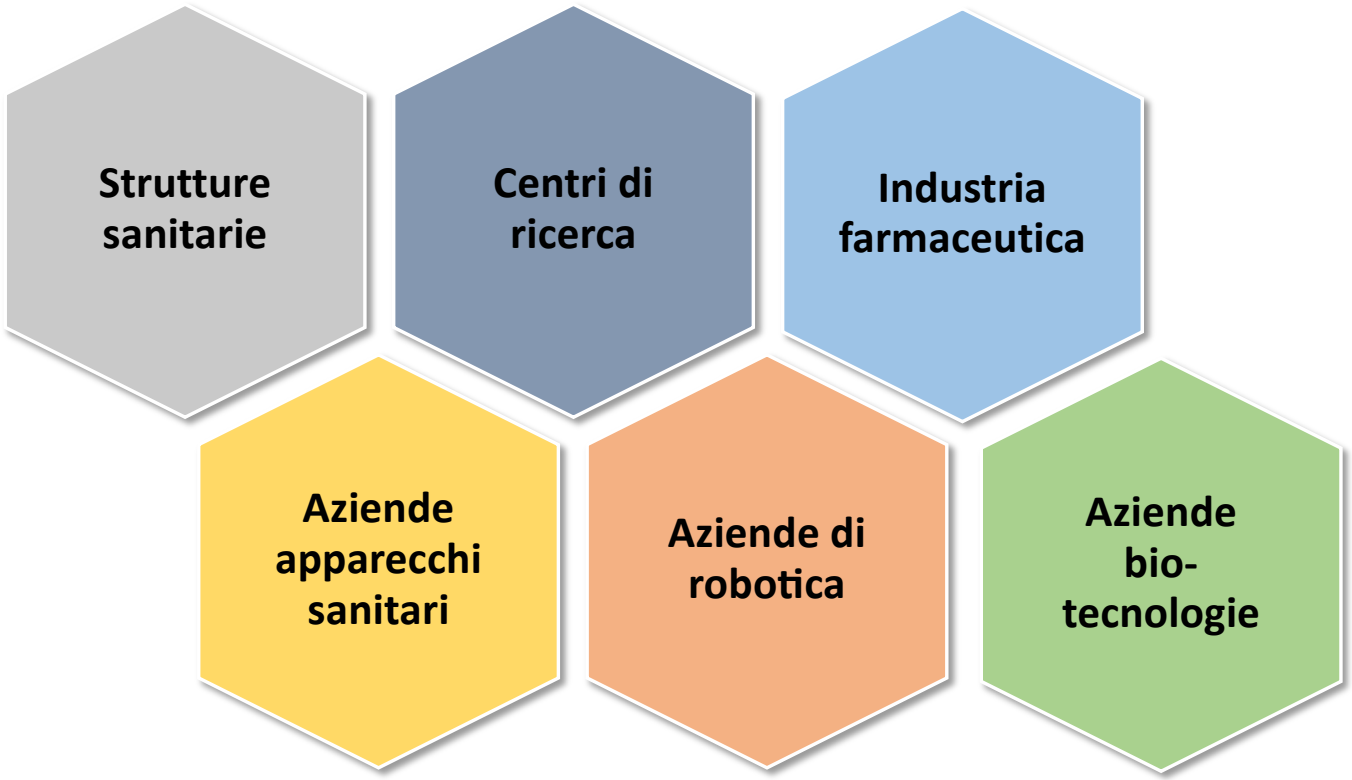
Obiettivo Formativo

Fornire le conoscenze per analizzare gli impianti protesici, attraverso modelli analitici e numerici



Sbocchi occupazionali dell'ingegnere biomedico

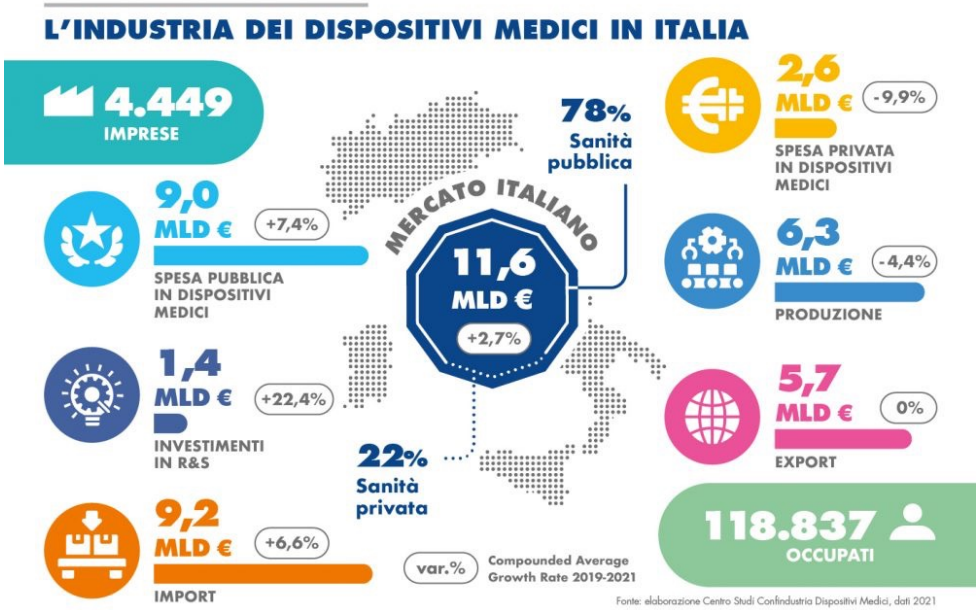
Dove?

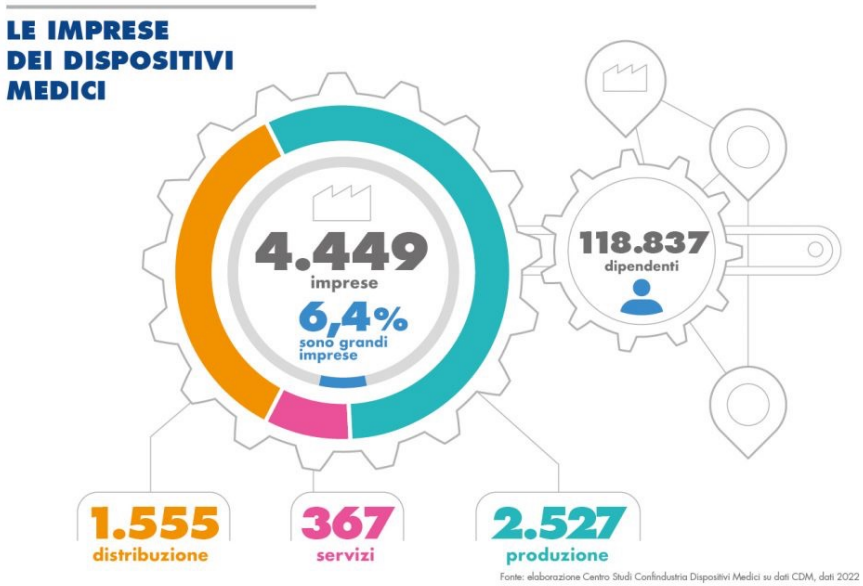


Cosa?

- Gestire dispositivi in aziende ospedaliere
- Progettare apparecchiature medicali
- Fornire assistenza tecnica
- Sviluppo e miglioramento dispositivi medicali
- Sistemi per prevenzione, diagnosi, terapia, riabilitazione, supporto funzioni vitali

Il mercato biomedicale in Italia





https://www.confindustriadm.it/il-settore-in-numeri-2023/

Lo studio Un progresso di 80 milioni rispetto all'anno precedente

Il biomedicale continua a galoppare «Nel 2023 crescita del 23 per cento»

di **Giovanni Medici**

Mirandola Ieri pomeriggio Intesa Sanpaolo ha organizzato un incontro nella sede della Fondazione Cassa di Risparmio di Mirandola con gli imprenditori del biomedicale, per presentare loro uno studio sul distretto realizzato dalla Direzione Studi e Ricerche dell'istituto di credito: è seguito poi un dibattito su ricerca, innovazione e internazionalizzazione.

Il distretto del biomedicale mirandolese conta 230 unità locali che impiegano 4.878 addetti, principalmente occupati in medio-grandi imprese (per l'80%), evidenziando una dimensione media di impresa superiore al dato nazionale. Le esportazioni distrettuali nel 2022 hanno raggiunto il record storico di 479 milioni di euro, in crescita del 36,6% rispetto al 2007, mostrando, nello stesso periodo, un aumento del saldo commerciale del 79,1%, pari a 329 milioni di euro.

I dipendenti Nel distretto biomedicale sono 4.878

particolare in Cina divenuta il terzo sbocco commerciale, subito dopo Germania e Stati Uniti. La crescita del distretto scorso, con un progresso pari a 80 milioni di euro rispetto al corrispondente periodo dell'anno precedente (+23%),

Alessandra Florio Direttrice regionale Emilia Romagna e Marche Intesa Sanpaolo

to brillante su tutti i principali sbocchi commerciali. L'elevata internazionalizzazione del distretto è confermata anche dai dati sugli investimenti esteri: le imprese di Mirandola e dintorni controllate da multinazionali estere, soprattutto statunitensi e tedesche, sono il 15,5% del totale ed esprimono il 62% del fatturato totale. A livello nazionale, queste percentuali nel settore sono pari rispettivamente al 5,2% e al 36%. In ambito innovativo il 36,2% delle imprese del distretto brevetta, contro il 15,4% del settore biomedicale nazionale, con una forte specializzazione in tecnologie legate al mondo dei dispositivi medici, punto di forza del territorio. L'export per addetto arriva infine a 87mila euro, a fronte di 74mila euro per addetto del biomedicale italiano.

Nei prossimi anni, pur in presenza di uno scenario macroeconomico complesso e incerto, le imprese del distretto secondo potranno continuare a crescere facendo leva sui lo-

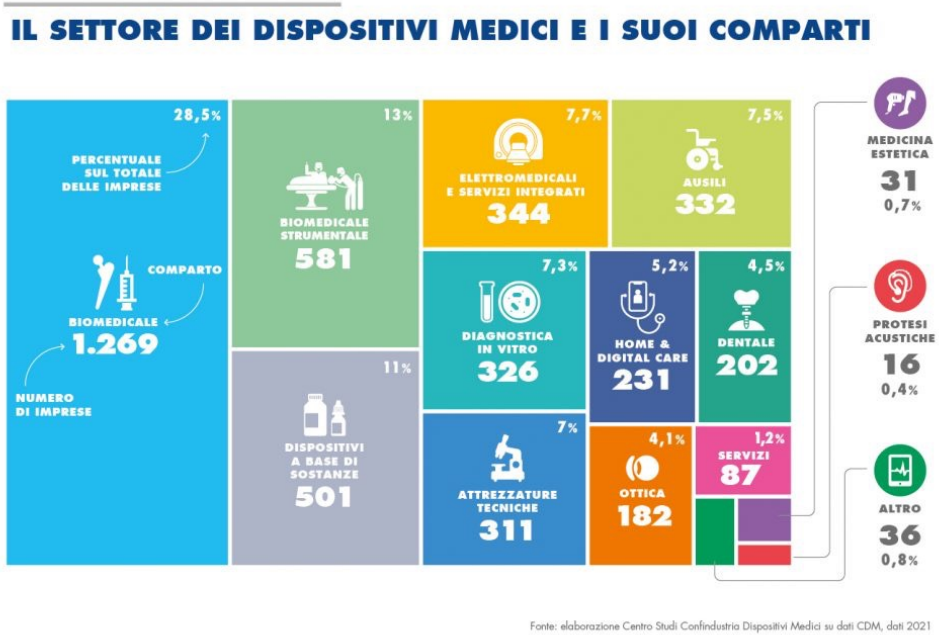
gressivo invecchiamento della popolazione e dalla crescente attenzione alla qualità della vita, così come dall'incremento della domanda di sanità dai paesi emergenti. Anche l'elevato livello di obsolescenza degli apparecchi elettromedicali, congiuntamente alla crescente digitalizzazione della sanità, grazie alle risorse previste nel Pnrr, contribuiranno a sostenere la domanda di dispositivi medici.

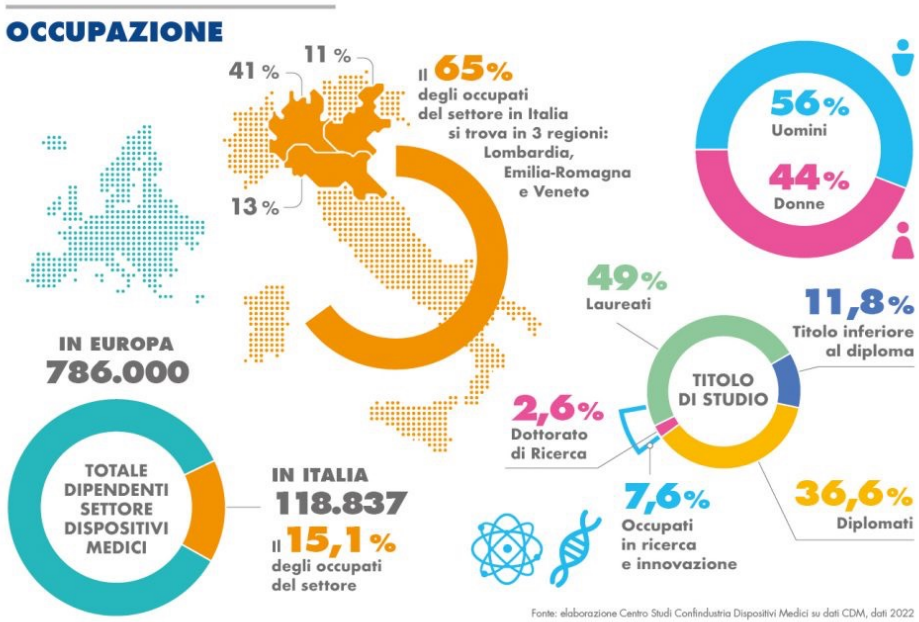
«I dati della nostra Direzione Studi confermano l'elevata competitività del distretto biomedicale di Mirandola, trainata dalla forte spinta all'innovazione e dalla sua elevata vocazione alla crescita all'estero. Occorre restare focalizzati su

Il mercato estero
Dopo Usa e Germania, cresce la Cina che diventa il terzo sbocco commerciale

questi fattori strategici e da parte nostra siamo impegnati a supportare gli investimenti e il know-how in tal senso – ha sottolineato ieri Alessandra Florio, direttrice regionale Emilia-Romagna e Marche Intesa Sanpaolo – Uno dei punti di forza del distretto biomedicale mirandolese è altresì la presenza di produttori lungo la filiera: ad oggi in regione abbiamo siglato 105 programmi di filiera per facilitare l'acces-

Il mercato biomedicale in Italia





https://www.confindustriadm.it/il-settore-in-numeri/

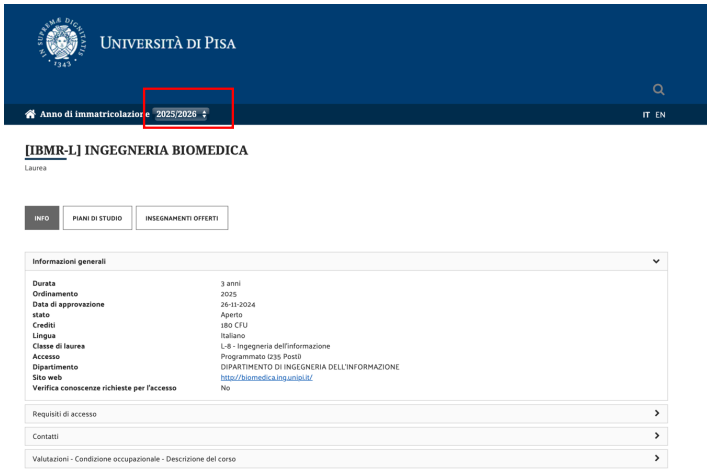
Circa il 90% degli studenti trova lavoro entro un anno dalla laurea

Piani di studio, regolamento didattico e programmi dei corsi

Piani di studio

Regolamento didattico

Programmi



Contatti

Prof. Alessandro Tognetti

Alessandro.tognetti@unipi.it

http://biomedica.ing.unipi.it/

Ing. Biomedica