Introduzione al corso

Bioingegneria Elettronica e Informatica

Docente Prof. Francesco Amato

Versione 2.2 – AA 2014/15

amato@unicz.it

Outline

- Obiettivi & Programma
- Materiale didattico
- Prova di esame
- Definizione di Bioingegneria
- Settori di interesse della Bioingegneria
- Esempi di ambiti applicativi
- Classificazione dei biosegnali

Obiettivi del corso

- conoscere i principali segnali biomedici.
- descrivere tecnologie e problematiche relative alla misura di grandezze di origine biologica, con lo scopo di acquisire competenze generali per essere buoni progettisti, selezionatori ed utilizzatori di dispositivi per misure biomediche.
- acquisire nozioni sui parametri che caratterizzano il funzionamento statico dei dispositivi di misura in campo biomedico con particolare attenzione all'elemento di trasduzione del segnale.
- conoscere la tecnologia di alcune classi di trasduttori con esempi di applicazione nell'ambito di alcune strumentazioni cliniche di largo impiego.
- conoscere le tecniche di analisi del segnale.

Programma del corso

Parte 1

Origine dei segnali biomedici. Fenomeni bioelettrici. I biopotenziali. Correnti bioelettriche. Circuito elettrico equivalente per membrana cellulare. Origine dei biopotenziali. Sensori e trasduttori.

Parte 2

Cenni di teoria dei segnali biomedici. Caratterizzazione nel dominio del tempo e nel dominio della frequenza. Fondamenti di elaborazione dei segnali: covarianza, correlazione, autocorrelazione, cross-correlazione.

Parte 3

Schema concettuale della misura biomedica. Problematiche nelle misure biomediche. Tecniche di riduzione dei disturbi. Trattamento dei segnali: filtri e amplificatori.

Materiale Didattico

- Introduction to Biomedical Engineering, J. Elderle, S. Blanchard, J. Bronzino, Academic Press
- Circuits, Signals, and Systems for Bioengineers: A MATLAB-Based Introduction: Introduction to Biosignal and Systems Analysis - John Semmlow - Elsevier
- Biomedical Signal and Image Processing - Kayvan Najarian, Robert Splinter - Taylor & Francis
- Medical Instrumentation – Application and Design John G. Webster ed. – John Wiley& Sons Inc.
- Lucidi delle lezioni

Caratteristiche della prova d'esame

- Prova scritta
- Eventuale prova orale

Cos'è la Bioingegneria
(definizione MIT, MA – USA, 1999)

- **La Bioingegneria è una disciplina che utilizza metodologie e tecnologie dell'ingegneria elettronica, informatica, meccanica e chimica *per affrontare problemi relativi alle scienze della vita*.**

- **La Bioingegneria è riconosciuta universalmente come una disciplina emergente volta a generare una migliore comprensione dei fenomeni biologici ed a produrre tecnologie per la salute con beneficio per la società**

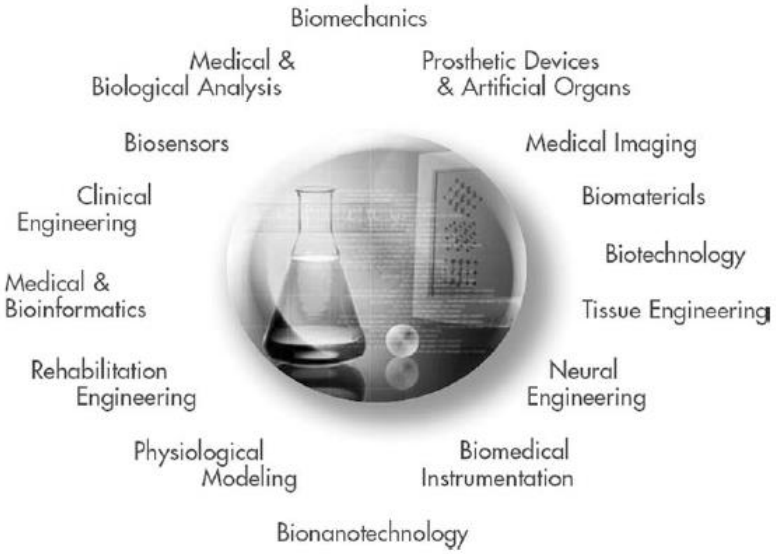
- La nota emittente televisiva statunitense CNN (Cable News Network) ha stilato la classifica delle prime 100 migliori professioni lavorative.
- La figura dell'ingegnere biomedico è risultata essere la migliore in assoluto per quanto riguarda l'anno 2013 ed il territorio americano.
- La classifica della CNN è stata individuata considerando sostanzialmente tre parametri: opportunità di crescita, retribuzione media annua e soddisfazione derivante dallo svolgimento dell'attività lavorativa.
- Possiamo concludere che il settore della ingegneria Biomedica, che sta vivendo un periodo d'oro in questi anni, non sembra essere un fuoco di paglia, ma una "moda" destinata a durare nel prossimo futuro.

Settori

- **Biomeccanica**: studio delle meccanica dei solidi e dei fluidi nei sistemi fisiologici
- **Biomateriali**: progetto e sviluppo di materiali impiantabili
- **Modellizzazione, simulazione e controllo**: ricerca di base per la conoscenza delle realtà fisiologiche
- **Strumentazione biomedica**: progetto e sviluppo di strumentazione per la misura di eventi fisiologici (include i sensori di variabili biologiche)
- **Analisi dei dati biomedici**: rilevazione, classificazione e analisi dei dati e dei segnali bioelettrici
- **Riabilitazione**: progetto e sviluppo di strumenti e procedure terapeutiche e riabilitative
- **Organi artificiali e protesi**: progetto e sviluppo di dispositivi per la sostituzione o il supporto di organi
- **Informatica medica**: elaborazione di dati dei pazienti, metodi decisionali, sistemi esperti e reti neurali

Settori

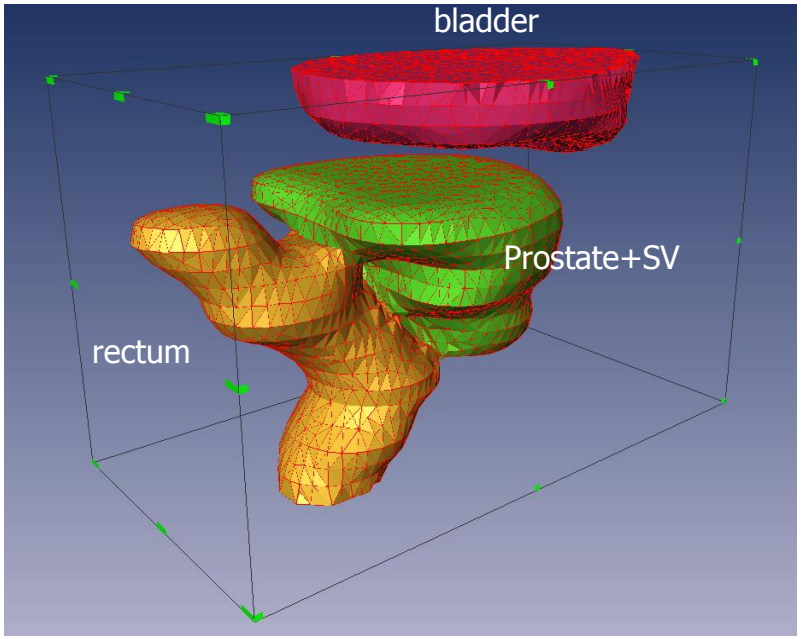
- **Bioimmagini**: rilevazione e analisi di dettagli anatomici e funzionali in forma grafica
- **Biotecnologie**: creazione e modifica di materiali biologici
- **Ingegneria clinica**: progetto, sviluppo e manutenzione di strutture, strumenti sistemi e procedure in ambito clinico

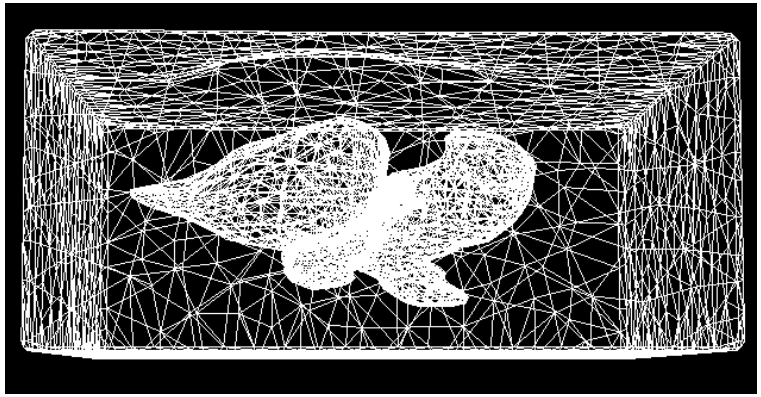


Esempio: modellistica dei sistemi fisiologici

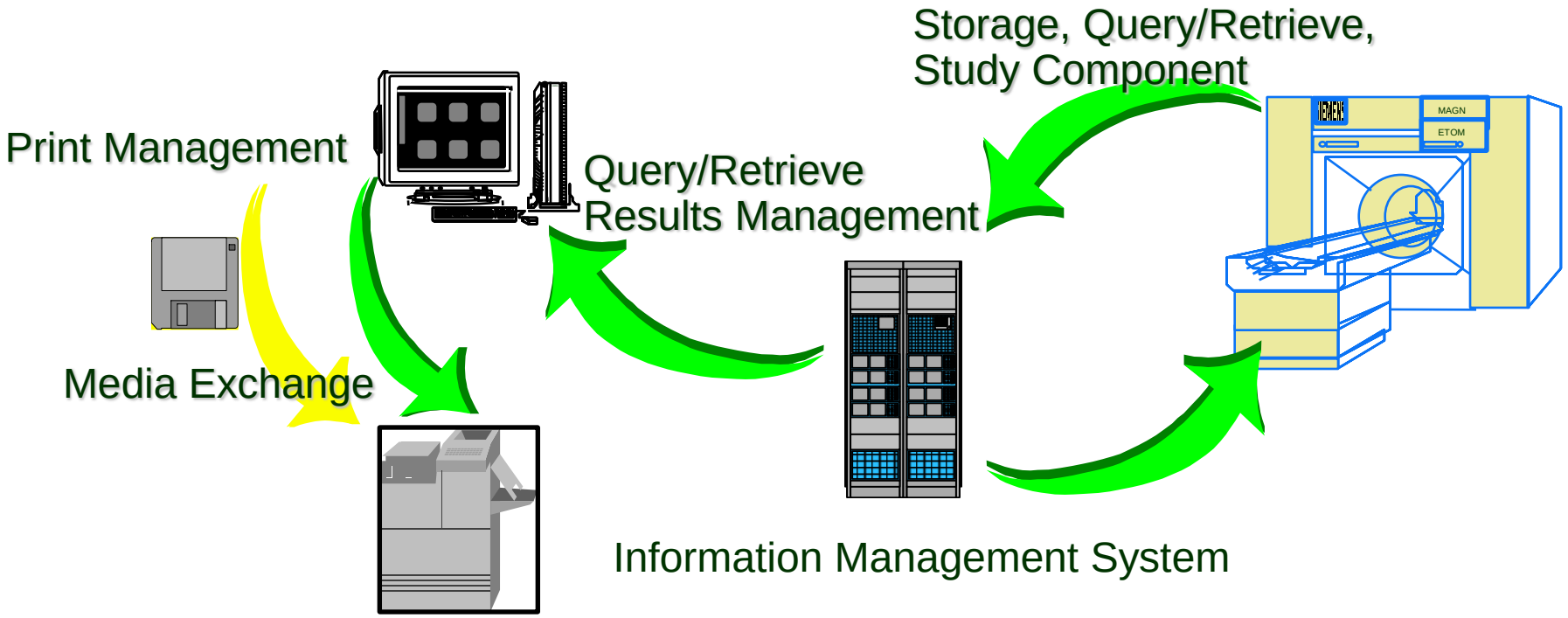
Modellizzazione FEM dell'organ motion nel distretto prostatatico

L'applicazione di modelli agli elementi finiti (FEM) rappresenta uno strumento estremamente potente per simulare la deformabilità del distretto prostatico dovuta a variazioni nel livello di riempimento di vescica e retto.

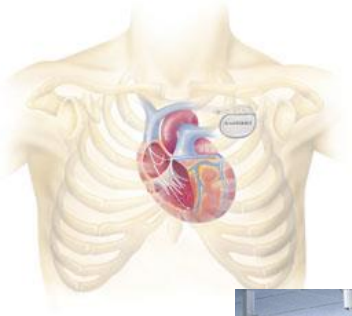


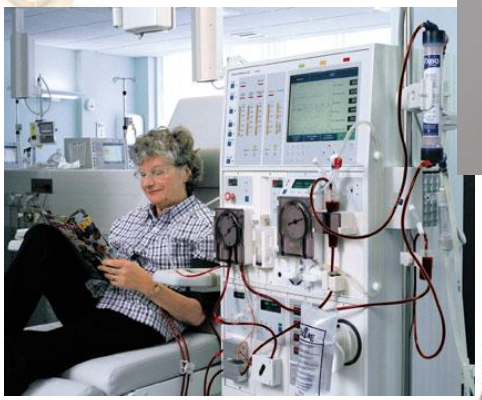


Esempio: sistemi informativi



Esempio: dispositivi medici



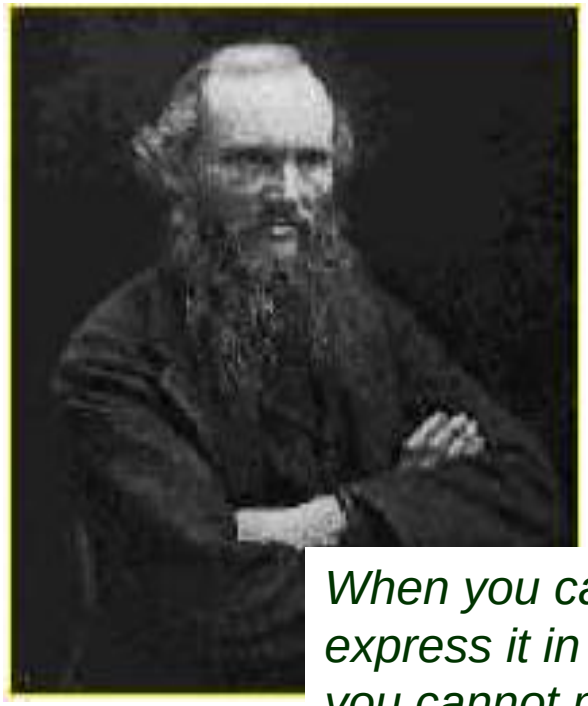


Ambito di applicazione

Ogni sistema fisiologico:

- Cardiovascolare (trasporto ossigeno)
- Respiratorio (scambio gassoso)
- Nervoso (decodifica e trasmissione delle informazioni per via elettrica)
- Endocrino (decodifica e trasmissione delle informazioni per via chimica)
- …

Approccio ingegneristico: la misura



Misurare ciò che è misurabile
e rendere misurabile ciò che non lo è
Galileo Galilei (1564-1642)

When you can measure what you are speaking about, and express it in numbers, you know something about it; but when you cannot measure it, when you cannot express it in numbers, your knowledge is of a meagre and unsatisfactory kind; it may be the beginning of knowledge, but you have scarcely in your thoughts advanced to the state of Science, whatever the matter may be.
Lord Kelvin (1827 -1907)

Esempi di grandezze biomediche misurabili

Attività elettrica cerebrale (EEG, MEG)

proprietà meccaniche del timpano

ERG, EOG

pressione arteriosa

flusso sanguigno

suoni cardiaci, polmonari

attività elettrica muscolare (EMG)

radiopacità

impedenza acustica

antropometria

movimenti

livello di idratazione, flusso sanguigno cutaneo

pressione intracranica

temperatura

pressione intraesofagea

respirazione: volume VO_2, VCO_2, pressioni pO_2, pCO_2

gittata cardiaca

attività elettrica cardiaca (ECG)

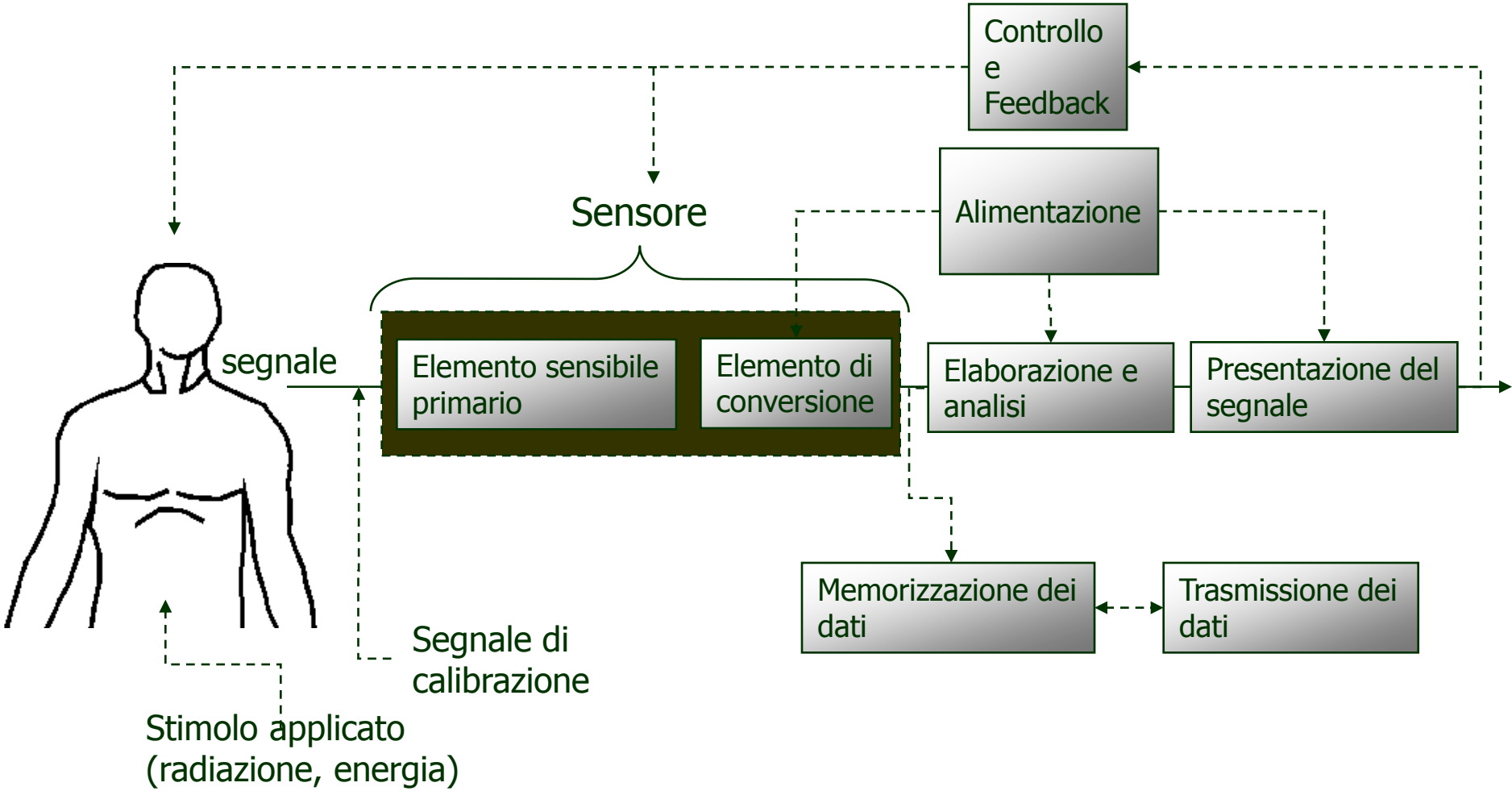
pH ematico

concentrazioni enzimatiche

mappe di potenziali, temperatura

interazione dinamica

Interazione: Misurare, elaborare, analizzare, presentare un biosegnale



Cosa è un segnale?

- E' una variazione nel tempo e/o nello spazio di una informazione (quantità fisica)

Cos' è un biosegnale?

- E' una variazione nel tempo e/o nello spazio di una quantità fisica proveniente da un sistema biologico

Ogni segnale è una fluttuazione di una forma di energia

Biosegnali

Energia	Variabile	Misure biomediche
Chimica	Attività chimica e/o concentrazione	Correnti ioniche, O_2, CO_2, concentrazioni ormonali, etc
Meccanica	Posizione, forza, pressione	Movimenti muscolari, pressione cardiovascolare
Elettrica	Voltaggio, corrente	ECG, EEG, EMG, EOG, ERG, EGG
Termica	Temperatura	Temperatura del corpo e termografia

Ad ogni fluttuazione di energia è associata una variabile che decodifica l'informazione trasportata

Origine dei biosegnali

- **Basali:** sono segnali legati alla fisiopatologia, cioè al funzionamento normale o in presenza di malattia, dell' organismo vivente

  Esempi :
  - attività elettrica cerebrale (=> elettroencefalografia)
  - attività elettrica cardiaca (=> elettrocardiografia)
  - flussi ematici
  - pressione arteriosa
  - temperatura basale

- **Evocati:** sono segnali ottenuti come risposta ad un determinato stimolo imposto dall' esterno

  Esempi :
  - potenziali evocati
  - gittata cardiaca (metodo della diluizione)
  - configurazione arterie coronariche (angiografia)
  - immagini diagnostiche (radiologia, TAC, RMN)

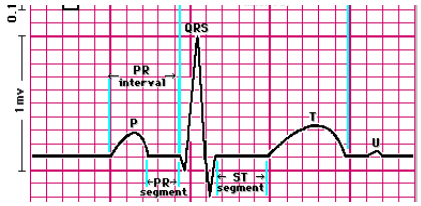
Classificazione dei biosegnali

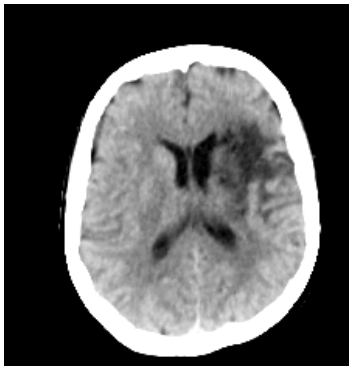
- Classificazione per variabile indipendente:

  - Segnali Temporali: è il tempo la variabile indipendente più importante che li caratterizza (segnali bioelettrici)

  - Segnali Spaziali: è lo spazio la variabile indipendente più importante che li caratterizza (bioimmagini, mappe)

  - Segnali Spazio-temporali: spazio e tempo concorrono come variabili indipendenti (ecocardiografia dinamica, RMN funzionale, TAC 4D, fluoroscopia)





Classificazione dei biosegnali

- Classificazione per natura della grandezza caratterizzante:
  - Segnali elettrici
  - Segnali chimici
  - Segnali magnetici
  - Segnali meccanici
  - Segnali termici

- Classificazione per sistema biologico che li ha generati:
  - Sistema cardiovascolare
  - Sistema nervoso
  - Sistema endocrino
  - Apparato muscolo-scheletrico