

Segnali biomedici

Un segnale biomedico è una grandezza biologica d'interesse medico che varia con continuità: nel tempo (Fig. 1.1 e 1.2), nello spazio (Fig. 1.3, 1.4 e 1.5) o in entrambe le dimensioni (Fig. 1.6). In altri termini, un segnale biomedico è una funzione continua delle variabili indipendenti tempo, spazio, o spazio-tempo, che descrive infiniti valori della grandezza biologica rappresentata.

Nel caso in cui la variabile indipendente sia il tempo, il segnale biomedico è detto temporale. Analogamente si definisce segnale biomedico spaziale una bioimmagine che può essere rappresentata nelle due dimensioni di un piano (immagine 2D) o nello spazio tridimensionale (immagine 3D). Quando le variabili indipendenti sono sia lo spazio sia il tempo, abbiamo propriamente un segnale spazio-temporale, cioè un filmato biomedico o biofilmato.

I segnali biomedici temporali sono rappresentabili come funzioni su un diagramma cartesiano. Alcuni esempi sono l'elettrocardiogramma (ECG, Fig. 1.1), l'elettroencefalogramma (EEG), il flussi e la pressione del sangue (Fig. 1.2), la concentrazione di CO_2 e O_2 nell'aria respirata, ecc. Esempi di segnali biomedici spaziali sono le immagini tomografiche 2D (TAC, Fig. 1.3), le lesioni cutanee dermatologiche (Fig. 1.4), le bioimmagini 3D prodotte dalle tecniche a risonanza magnetica (RMN, Fig. 1.5), le immagini provenienti da reperti istologici, ecc. Un tipico esempio di segnale biomedico spazio-temporale è il filmato ecografico di un organo in movimento, quale la visualizzazione del ciclo cardiaco di contrazione-rilasciamento (sistole-diastole) in ecocardiografia, l'osservazione ecografica del movimento di un feto in ostetricia (Fig. 1.6), ecc.

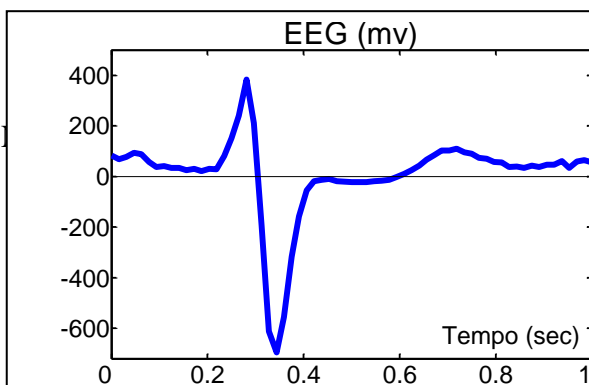


Fig. 1.1 – Tracciato elettrocardiografico durante un ciclo cardiaco

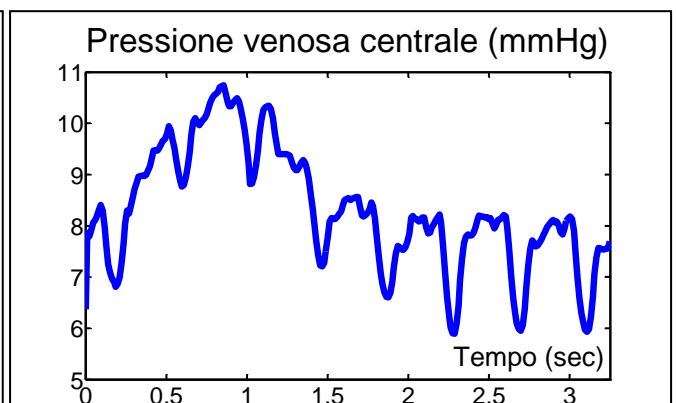


Fig. 1.2 – Pressione ematica

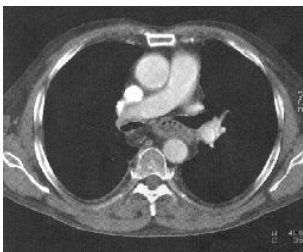


Fig. 1.3 – TAC di una sezione toracica con vasi cardiaci



Fig. 1.4 – Neo cutaneo



Fig. 1.5 – Risonanza magnetica del ginocchio



Fig. 1.6 – Ecografia prenatale

Va infine sottolineato come, in pratica, ciò che distingue i segnali biomedici dai semplici dati biomedici sia la loro natura continua. I segnali biomedici sono teoricamente costituiti da infiniti valori, mentre i dati biomedici riproducono singoli valori della grandezza in esame. In tal senso, la valutazione di un segnale biomedico temporale in un singolo istante (valore istantaneo) va giustamente considerato un dato biomedico, ma anche la media del segnale in un determinato

periodo è un dato biomedico, così come lo è l'area di una determinata regione di una bioimmagine, e così via. Un segnale biomedico temporale può allora essere anche definito come l'insieme dei suoi infiniti valori (o dati) istantanei; allo stesso modo, una bioimmagine può definirsi come l'insieme degli infiniti valori spaziali (dati puntiformi) che la compongono; un biofilmato comprende infiniti punti e infiniti istanti.

Si può simbolicamente scrivere:

$b(t)$ = segnale biomedico temporale; t = tempo

$b(x, y)$ = segnale biomedico spaziale 2D o bioimmagine 2D; x, y = coordinate del piano

$b(x, y, z)$ = bioimmagine 3D; x, y, z = coordinate spaziali

$b(x, y, z, t)$ = segnale biomedico spazio-temporale o biofilmato

Segnali periodici, pseudo-periodici ed aperiodici

Un segnale biomedico temporale $b(t)$ si dice periodico di periodo T se:

$b(t) = b(t + kT)$, per ogni valore di k intero, cioè $k = 0, 1, 2, 3, \dots, \infty$

In pratica, il segnale $b(t)$ è periodico se ogni T (secondi, o minuti, o ore, o giorni, ecc.) si ripete identicamente uguale a se stesso.

In medicina esistono molti segnali periodici come per esempio quelli di origine cardiaca e respiratoria, ma anche altri, per es. il ciclo mestruale o i ritmi deambulatori, ecc.

In realtà, i segnali periodici biomedici non sono perfettamente periodici, ma sono propriamente pseudo-periodici in quanto sia il periodo T , sia la forma d'onda del segnale stesso cambiano leggermente coll'andar del tempo. In ambito cardiaco tale pseudo-periodicità è addirittura un indice di vitalità ed è più accentuata nei giovani che negli anziani; i segnali cardiaci di questi ultimi, con l'aumentare dell'età, tendono a divenire sempre più periodici.

In campo medico esistono anche molti segnali aperiodici, come per esempio i segnali elettroencefalografici o quelli degli apparati uditivo, visivo e locomotore. Alcune caratteristiche di periodicità sono però frequentemente presenti in quasi tutti i segnali biomedici. Tali caratteristiche, che saranno studiate con l'analisi in frequenza (o analisi armonica di Fourier), possono rappresentare importanti aspetti diagnostici.