




Introduzione allo studio delle funzioni cerebrali con Risonanza Magnetica per Immagini fMRI

Nicola Vanello
nicvanel@ifc.cnr.it

Centro Interdipartimentale "E. Piaggio",
Facoltà di Ingegneria, Pisa

Risonanza Magnetica Funzionale per Immagini fMRI

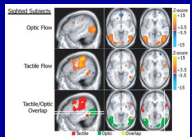
Lo studio delle funzioni cerebrali con il sistema di Risonanza Magnetica sfrutta le capacità di localizzazione spaziale degli scanner MR e rileva le variazioni del flusso, del volume e della ossigenazione del sangue in seguito ad una attivazione neurale

Sfutta (in genere) quello che viene definito l'effetto BOLD (Blood Oxygenation Level Dependent)

fMRI nella Ricerca e nella Pratica Clinica

Le applicazioni della fMRI vanno dalle neuroscienze di base alla pratica clinica, come nel caso del planning prechirurgico o allo studio del recupero delle funzioni cerebrali dopo una lesione

Neuroscienze di Base: studio delle funzioni sensori/motorie cognitive



Planning prechirurgico



Psichiatria
i.e. Fobia sociale



fMRI: functional Magnetic Resonance Imaging

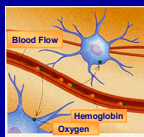
Effetto BOLD : Blood Oxygenation Level Dependent
emoglobina è un mezzo di contrasto endogeno

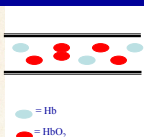
Ossiemoglobina : diamagnetica

Deossiemoglobina : paramagnetica

Differenti Proprietà Magnetiche =
Differente Intensità del Segnale MR

Riposo

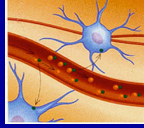


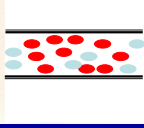


Flusso Ematico Cerebrale (CBF) ↑ ↑ ↑

Consumo di Ossigeno Cerebrale (CMRO₂) ↑

Attivazione

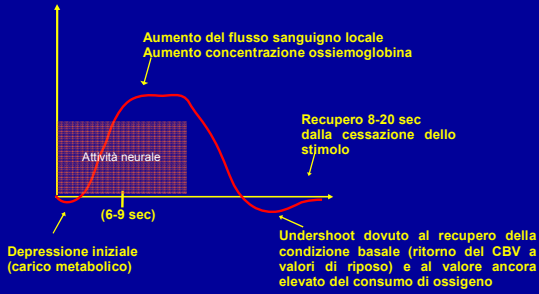




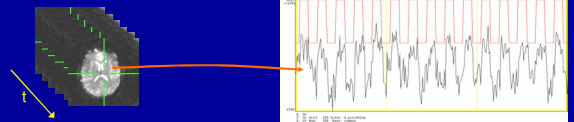
Aumento netto nel contenuto di Ossiemoglobina

Ogawa, S. et al. (1992) *Proc. Natl. Acad. Sci.* 89: 5951-5955

Caratteristiche temporali del segnale BOLD



Acquisizione immagini funzionali



Serie temporali di immagini pesate T2*
Utilizzo di sequenze Gradient Echo Echo Planari (GE-EP)

Serie temporale associata ad un elemento volumetrico (voxel)

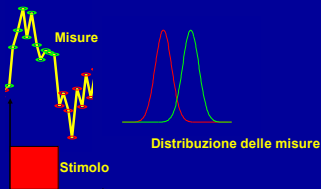
Il segnale fMRI non offre una misura assoluta dell'attivazione, ma solo delle **variazioni**.

Per questo negli esperimenti fMRI vengono utilizzati almeno due tipi di stimoli in modo da evocare due risposte neurali.

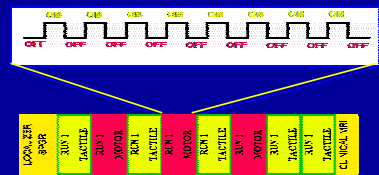
Disegno Sperimentale

Necessità di avere più misure nei diversi stati:

- stima della variazione
- distinzione dal rumore



Acquisizione immagini funzionali



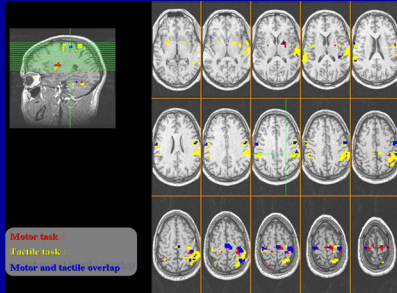
Il compito viene alternato a periodi di riposo ogni 15 secondi.

Durata totale di ogni "run": 5 minuti

Compito motorio: movimento delle dita

Compito tattile: stimolazione dei polpastrelli con materiali a diverse caratteristiche

Rappresentazione Risultati su Mappe Anatomiche



Correlazione

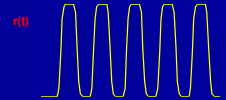
L'andamento temporale di ogni voxel viene studiato separatamente



Si può stimare per ogni voxel il coefficiente di correlazione tra la serie misurata $y(t)$ e una descrizione del compito, o funzione di riferimento

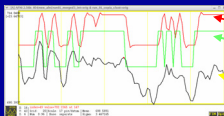
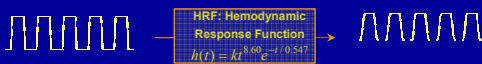
Onda quadra o derivata da un modello della risposta emodinamica

$$\rho = \frac{\sum_t (y(t) - \bar{y}(t))(r(t) - \bar{r}(t))}{\sqrt{\sum_t (y(t) - \bar{y}(t))^2 \sum_t (r(t) - \bar{r}(t))^2}}$$



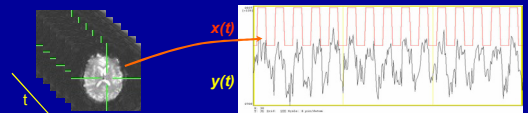
Modelli lineari

I metodi di analisi classici si basano su un modello lineare per la generazione dei dati a partire dal paradigma temporale del compito fatto svolgere al soggetto



Risposta Attesa
Paradigma Temporale
Segnale BOLD

Modello di regressione



$y(t)$ serie acquisita
 $x(t)$ risposta attesa
 $\varepsilon(t)$ errore, gaussiano

$$y(t) = c + \theta x(t) + \varepsilon(t)$$

θ è il coefficiente della regressione, il parametro d'interesse
Inferenza classica basata sull'ipotesi di distribuzione del rumore