

L' Elettroencefalogramma

Elaborazione di segnali biomedici
20/10/2023

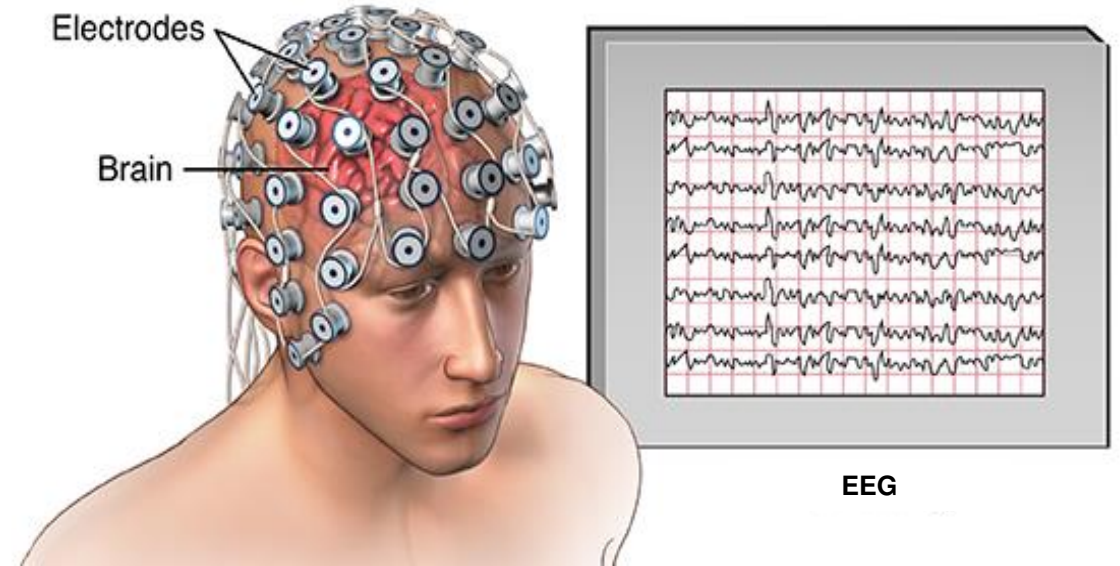
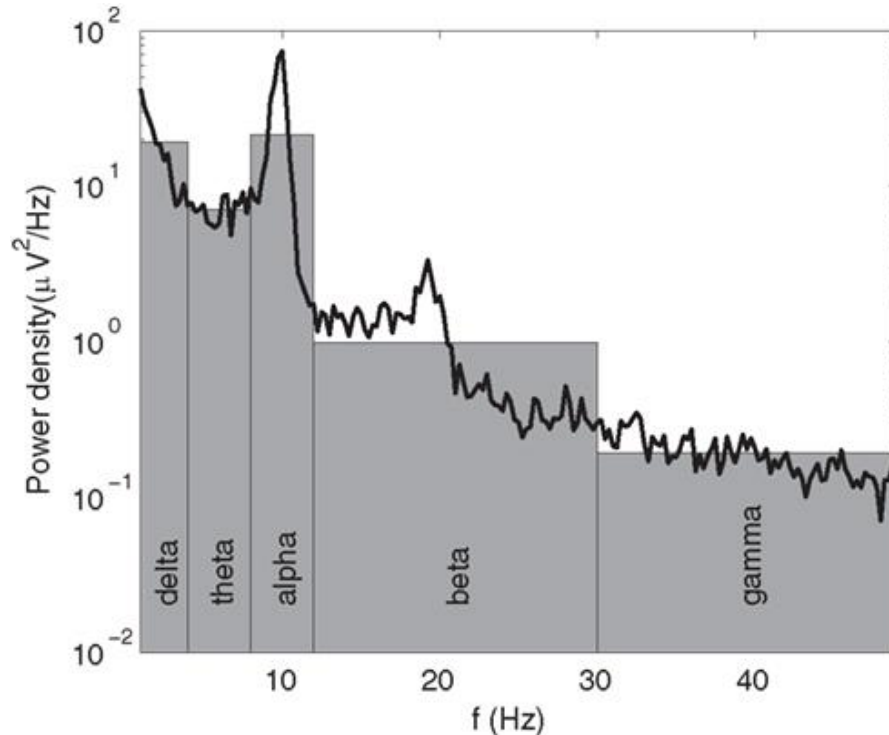
Ing. Ilaria Mazzonetto
mazzonettoilaria@gmail.com

Introduzione

L'EEG consente la registrazione, non invasiva, dell'attività elettrica cerebrale.

Ha un'**ottima risoluzione temporale** (dell'ordine di ms).

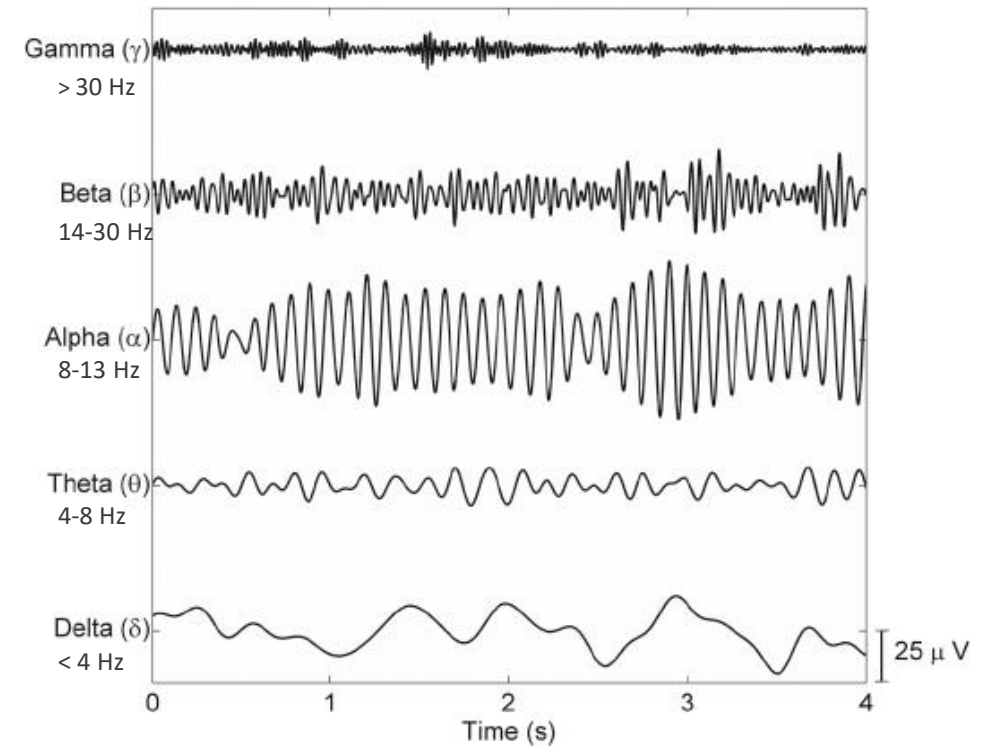
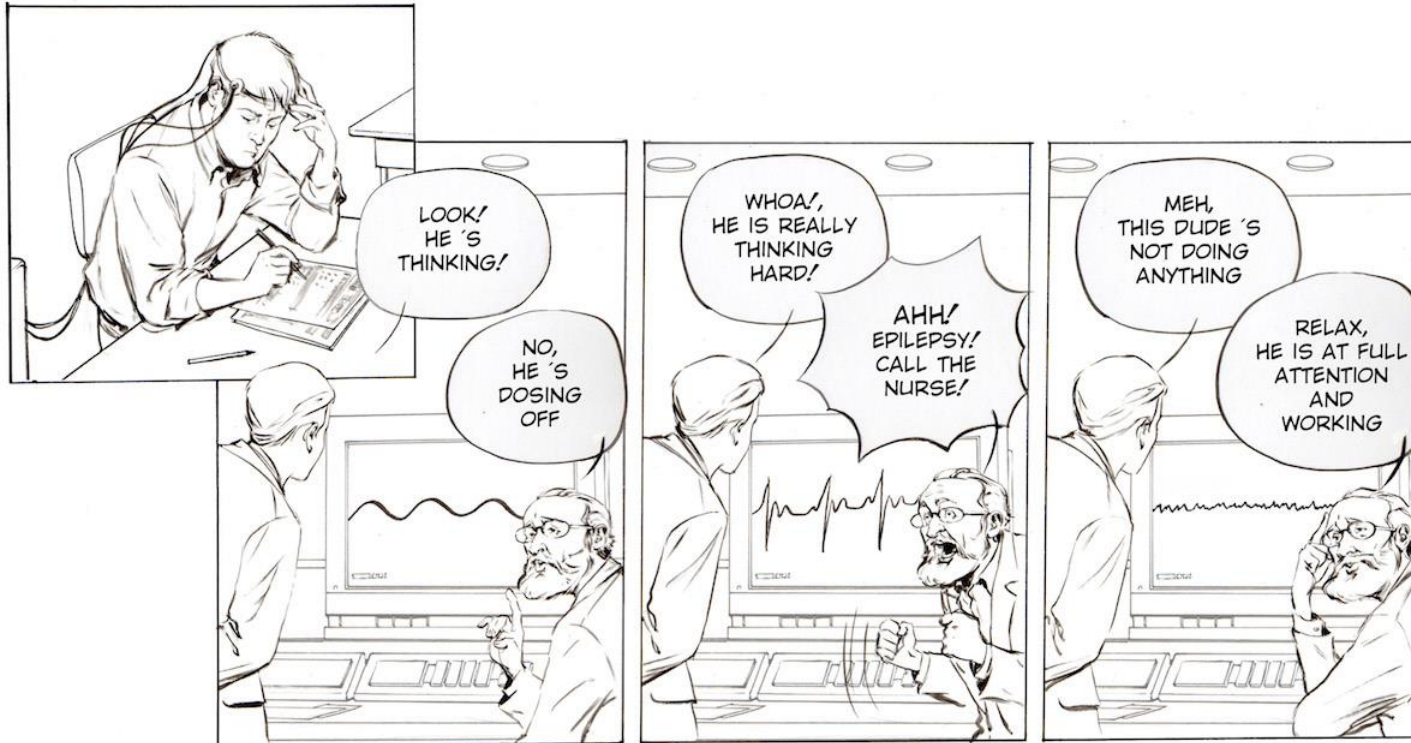
Ma **bassa risoluzione spaziale** (dell'ordine di cm: generalmente alcune decine di elettrodi sono disposti in modo da coprire uniformemente lo scalpo).



I segnali registrati sullo scalpo hanno un'ampiezza di decine di μV e le frequenze di interesse di solito sono tra 0.1-50 Hz.

La frequenza delle onde elettroencefalografiche e la loro ampiezza sono i due parametri determinanti in base ai quali si distinguono i ritmi fondamentali.

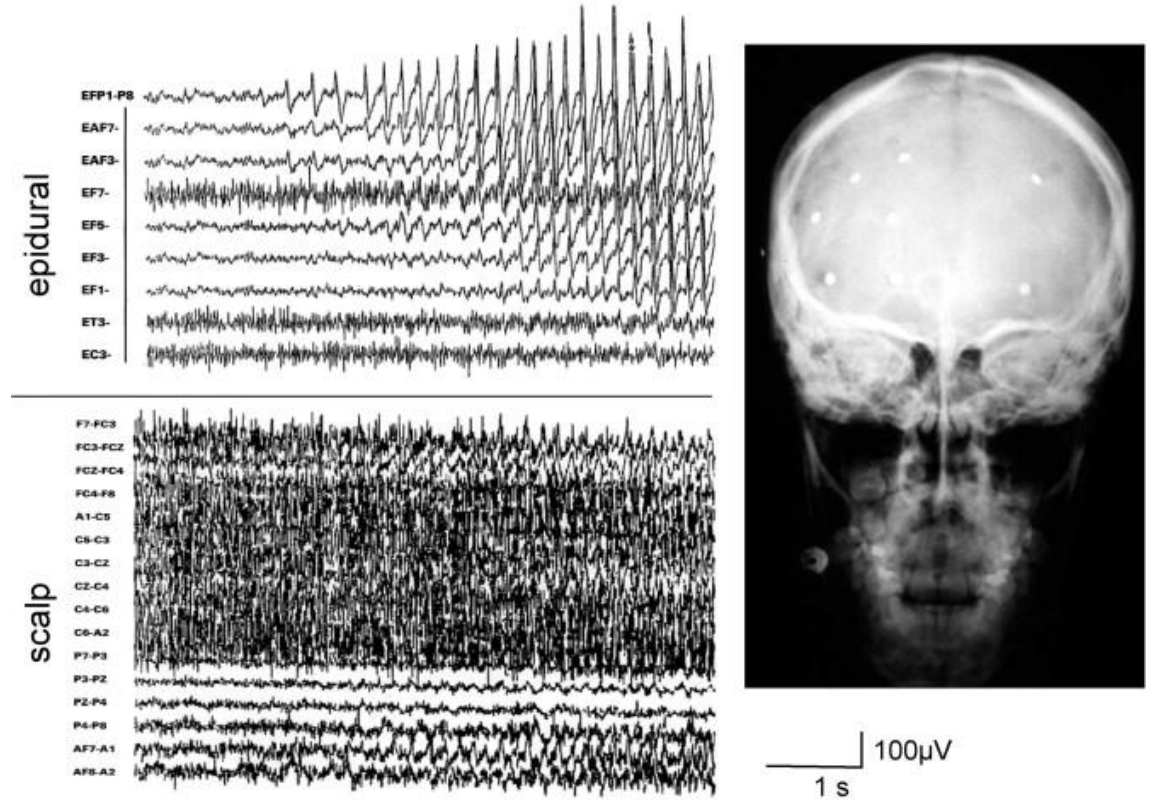
Tali ritmi si possono immaginare come l'uscita di un sistema ritmico che opera diversamente nei diversi stati cerebrali di veglia e sonno.



Mentre per le attività del sonno, le onde sono lente (tutti i neuroni lavorano in maniera sincrona) la veglia si presenta come un'attività irregolare, di piccola ampiezza e a più alte frequenze.

L'analisi del segnale EEG viene effettuata, ad esempio, per:

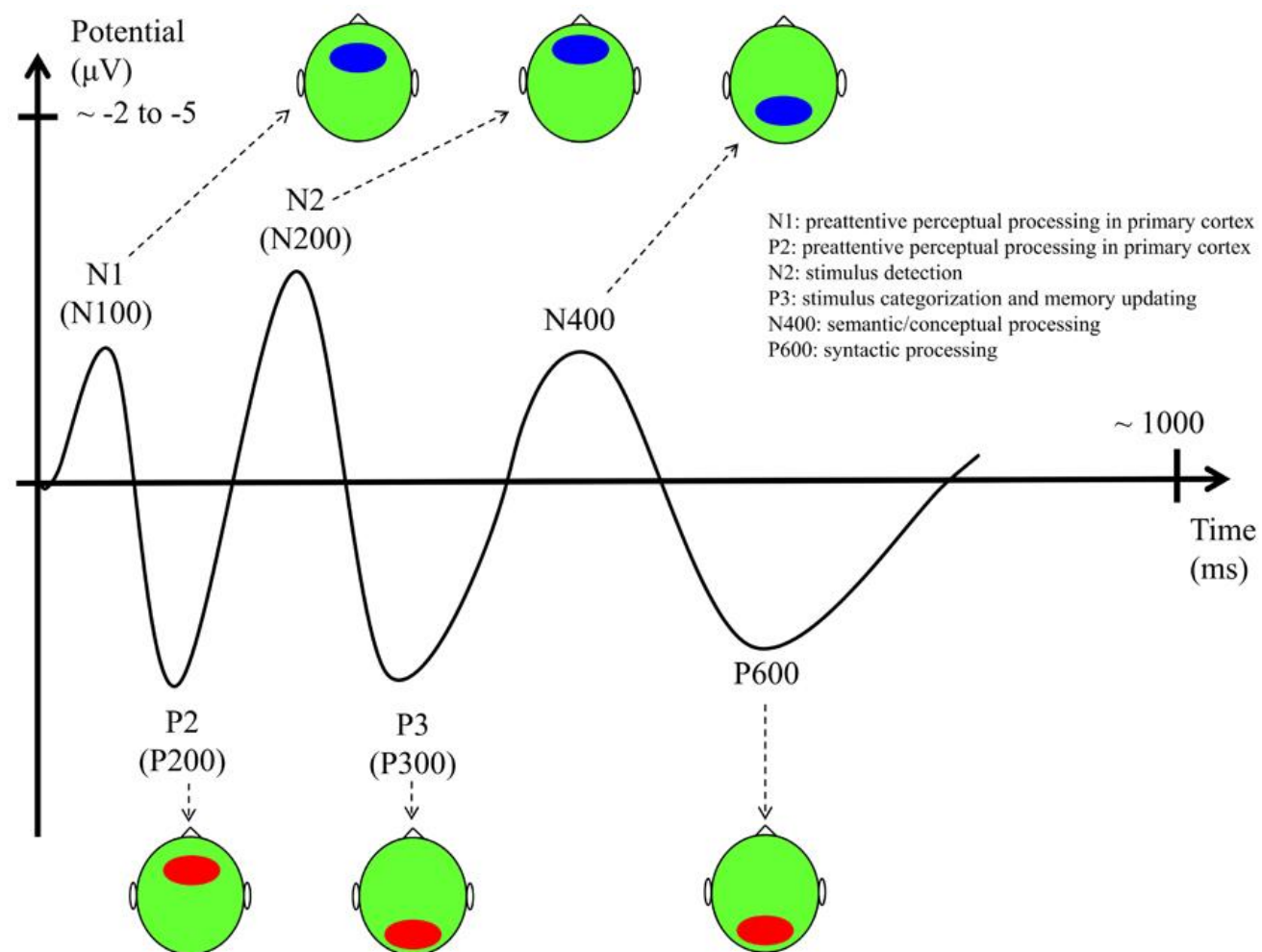
- Studiare l'epilessia



Noachtar S. and Rémi J, *Epilepsy & Behavior* (2009)

L'analisi del segnale EEG viene effettuata, ad esempio, per:

- Studiare l'epilessia
- Studio di potenziali evento relati (ERPs)



Es. Stroop test

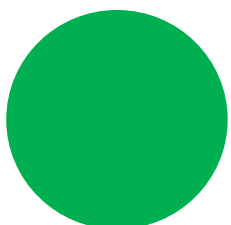
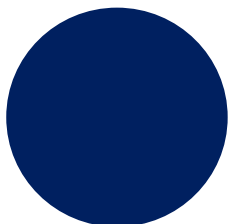
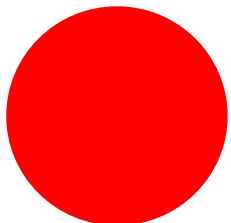
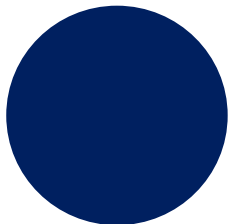
VERDE

ROSSO

BLU

ROSSO

Es. Stroop test



Es. Stroop test

VERDE

ROSSO

BLU

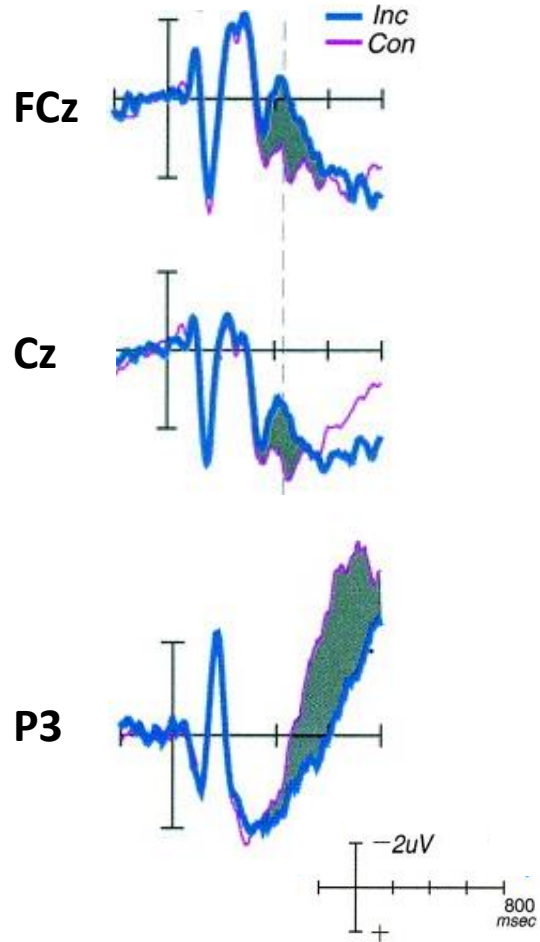
ROSSO

VERDE

BLU

ROSSO

Es. Stroop test



La nostra risposta è più lenta nel caso della condizione incongruente (**VERDE**) rispetto alla condizione congruente (**VERDE**). Questo rallentamento è **dovuto all'interferenza** tra i due compiti: **lettura e percezione del colore**. È infatti necessario inibire la risposta automatica, che ci porta a leggere, e compiere uno sforzo cognitivo per attivare la risposta che corrisponde alla percezione del colore

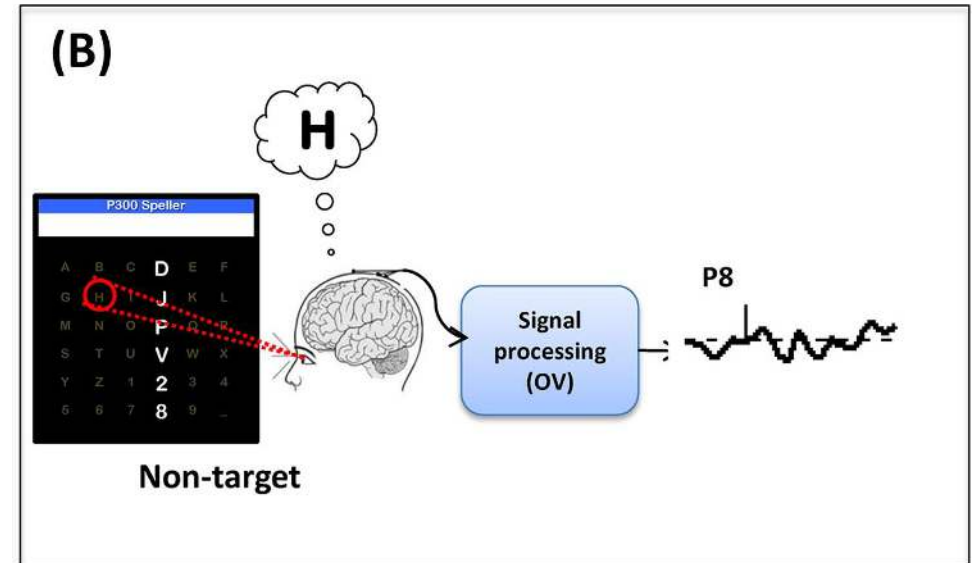
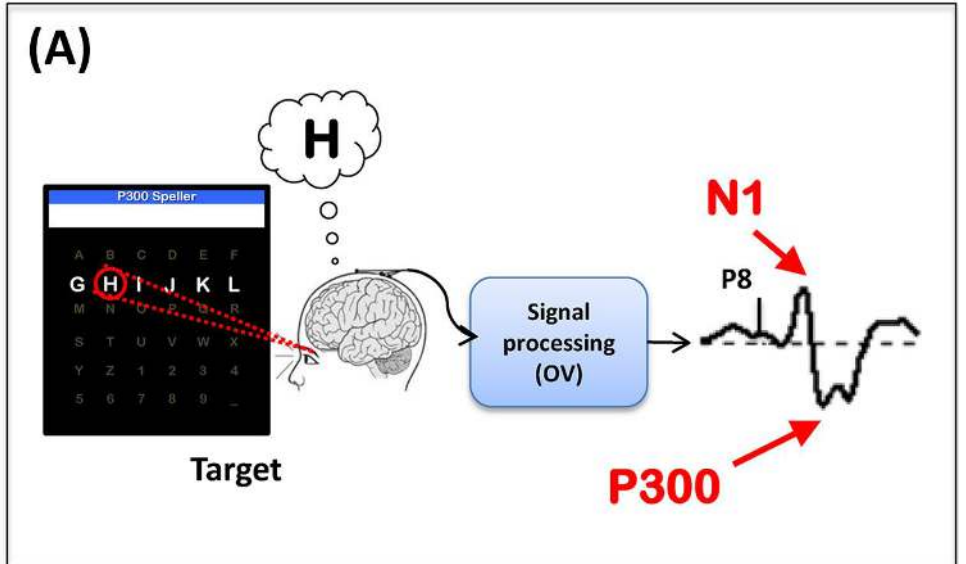
Due effetti:

- Negli elettrodi frontali e centrali tra 350-500 ms
- Negli elettrodi sinistri temporo-occipitali tra i 500-800 ms

Usato per valutare la conservazione delle funzioni esecutive in pazienti con lesioni nei lobi frontali o con malattie psichiatriche.

L'analisi del segnale EEG viene effettuata, ad esempio, per:

- Studiare l'epilessia
- Studio di potenziali evento relati (ERPs)
- Neuro-feedback and Brain Computer Interface (es. P300 BCI Speller)



L'analisi del segnale EEG viene effettuata, ad esempio, per:

- Studiare l'epilessia
- Studio di potenziali evento relati (ERPs)
- Neuro-feedback and Brain Computer Interface (es. P300 BCI Speller)
- Studi di neuromarketing



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Economic Psychology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/joep



Application of frontal EEG asymmetry to advertising research

Rafal Ohme^{a,*}, Dorota Reykowska^b, Dawid Wiener^c, Anna Choromanska^d

^aWarsaw School of Social Sciences and Humanities, 19/31 Chodakowska Str., 03-815 Warsaw, Poland

^bLaboratory & Co 107 Jerozolimskie Av., 02-011 Warsaw, Poland

^cAdam Mickiewicz University, Institute of Psychology, 89 Szamarzewskiego Str., 60-568 Poznan, Poland

^dUniversity of Warsaw, Institute for Social Studies, 5/7 Stawki Str., 00-183 Warsaw, Poland

ARTICLE INFO

Article history:

Received 16 December 2008

Accepted 11 August 2009

Available online 28 April 2010

JEL classification:

M370

PsycINFO classification:

2229

2560

3940

ABSTRACT

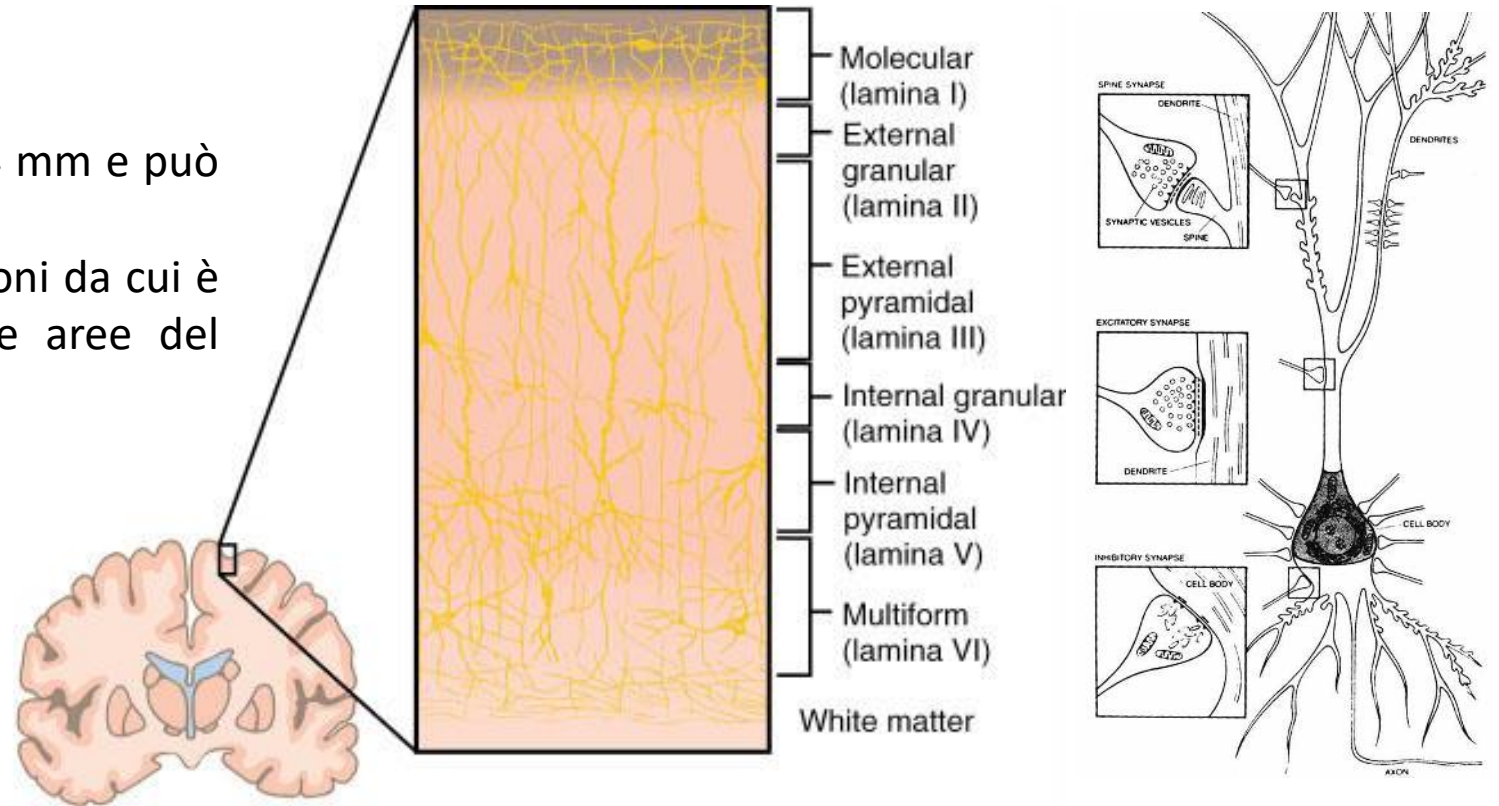
The aim of the study was to identify frontal cortex activation in reaction to TV advertisements. We compared three consecutive creative executions of the world-famous Sony Bravia ads ("Balls", "Paints", and "Play-Doh"). We were looking for left hemispheric dominance, which according to the adopted theoretical model, indicated approach reactions of respondents to incoming stimulation. We have found that dominant reactions were present only in response to one of the tested ads – "Balls". Target group respondents reacted in such way to *emotional* part of the ad, as well as to its *informational* part (including product-benefit, product, and brand exposure scenes). No similar pattern was found for the remaining two ads. It yields a conclusion that **frontal asymmetry measure may be a diagnostic tool in examining the potential of advertisements to generate approach related tendencies. We believe that methodologies based on measuring brain waves activity would soon significantly enrich marketing research portfolio and help marketers to go beyond verbal declarations of their consumers.**

Origine

La corteccia cerebrale ha uno spessore di 2-4 mm e può essere divisa in 6 strati distinti.

Ogni strato si distingue sia per il tipo di neuroni da cui è popolato, sia per come è connesso con le aree del cervello.

Sono i neuroni piramidali del III e V strato ad essere maggiormente coinvolte nella genesi del segnale EEG.



Disposizione ordinata dei dendriti (perpendicolare alla superficie della corteccia cerebrale) permette la sommazione spazio-temporale dei potenziali post-sinaptici.

Ogni dendrite è una sorgente di campo elettrico, ed essendo i diversi dendriti disposti tra di loro parallelamente, si può misurare un campo elettrico complessivo, dato dalla somma dei diversi contributi.

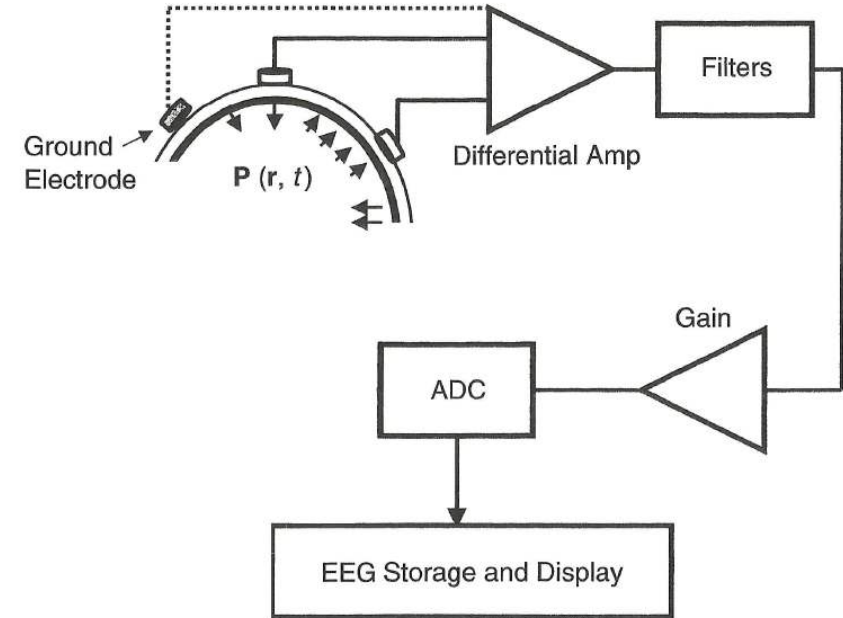
Servono circa 10^5 neuroni adiacenti che agiscono in sincronia per produrre una variazione del campo elettrico misurabile all'esterno.

Acquisizione

Gli elettrodi sono collegati ad un amplificatore differenziale con alta impedenza di ingresso e con rapporto di reiezione di modo comune.

Per ridurre gli artefatti il segnale viene successivamente filtrato con un filtro analogico passa alto e un passo basso con frequenze di cut-off rispettivamente di 0.1 e 100-200 Hz.

Il segnale viene poi ulteriormente amplificato prima di essere digitalizzato mediante un convertitore ADC e memorizzato.



La modalità di collegamento degli elettrodi all'amplificatore differenziale prende il nome di derivazione.

Le differenti modalità di disposizione delle derivazioni costituiscono i cosiddetti **montaggi**:

- montaggio **bipolare**: differenza rispetto ad elettrodo adiacente;
- montaggio **referenziale**: differenza rispetto ad un elettrodo di riferimento (es. Fpz o Cz), utile per sorgenti diffuse.

Dal sistema 10-20, è stato poi derivato il sistema 10-10 e il sistema 10-5.

Per tradizione, i sistemi EEG usavano un numero limitato di elettrodi e prevedevano l'uso di gel conduttivi e paste abrasive (poco confortevoli e lunghe preparazioni).

Recentemente si sono diffusi anche i cosiddetti sistemi ad alta densità (256 o addirittura 512 canali) utilizzabili dopo aver immerso la cuffia in una soluzione salina (preparazione veloce e più comoda per il paziente).

Questi sistemi consentono una mappatura spaziale dell'attività cerebrale più precisa e sono adatti anche per monitoraggi molto lunghi e negli studi con bambini.

Sono molto sensibili ad errori di posizionamento della cuffia.



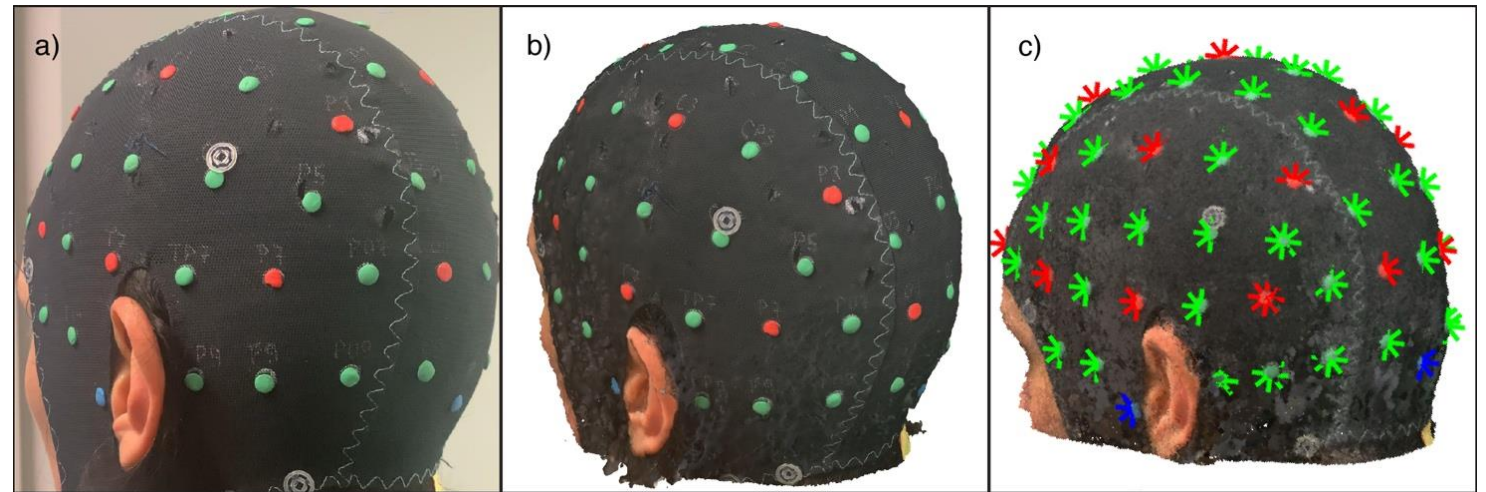
Posizione soggetto-specifica

Digitalizzatori elettromagnetici



<https://polhemus.com>

Fotogrammetria



● 10-10 system positions

● 10-20 system positions

● landmark positions

Mazzonetto et al., *Scientific Reports* (2022)

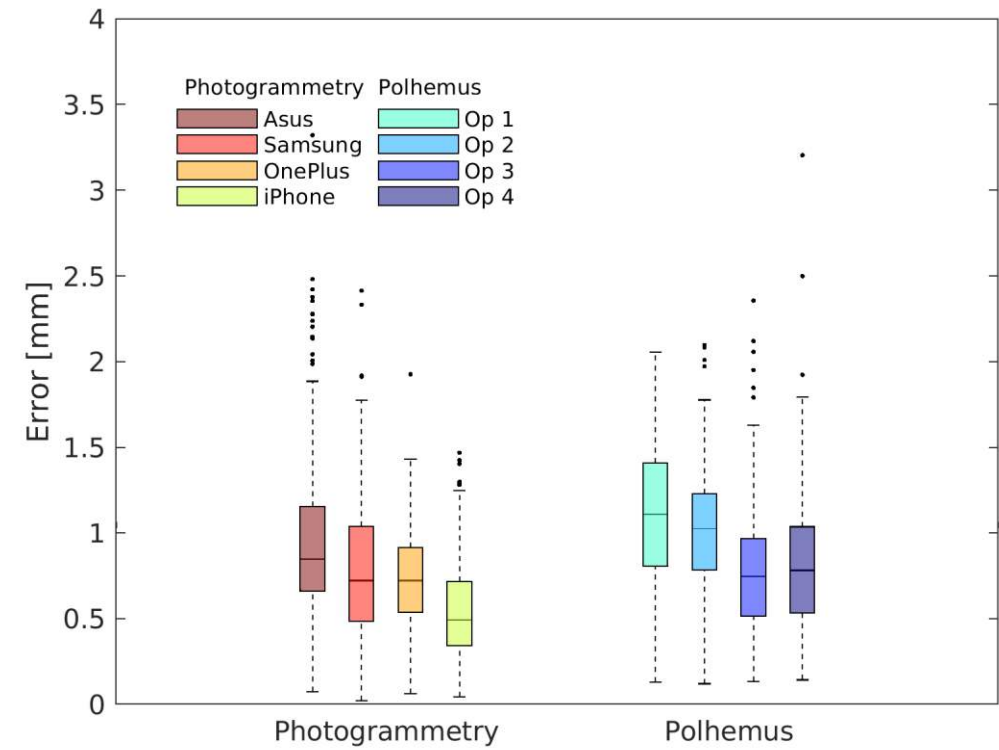
Posizione soggetto-specifica

Digitalizzatori elettromagnetici



<https://polhemus.com>

Fotogrammetria



Mazzonetto et al., *Scientific Reports* (2022)

Acquisizioni multimodali: EEG-fMRI

Risonanza magnetica funzionale è una tecnica di neuroimaging che consente di mappare l'attività cerebrale con una risoluzione spaziale di alcuni millimetri, ma avendo una risoluzione temporale dell'ordine dei secondi, non è in grado di catturare le veloci dinamiche neuronali.

Acquisizioni simultanee superano i limiti di entrambe le modalità.

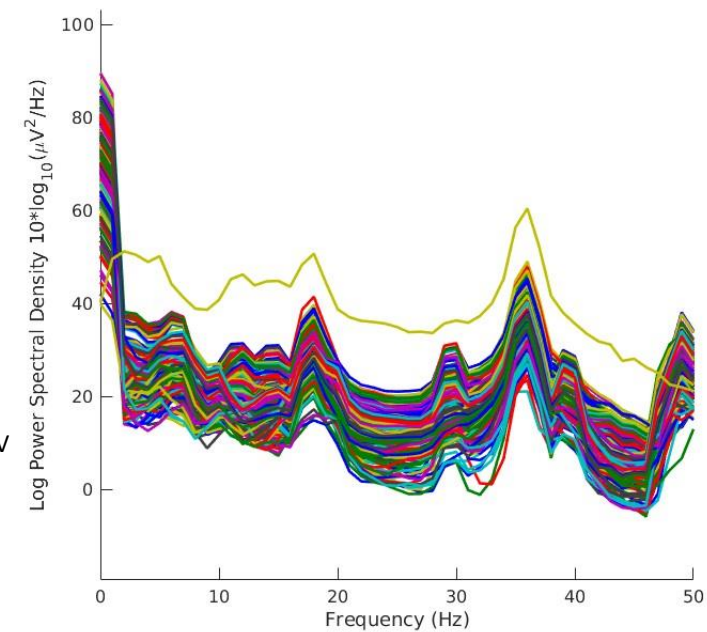
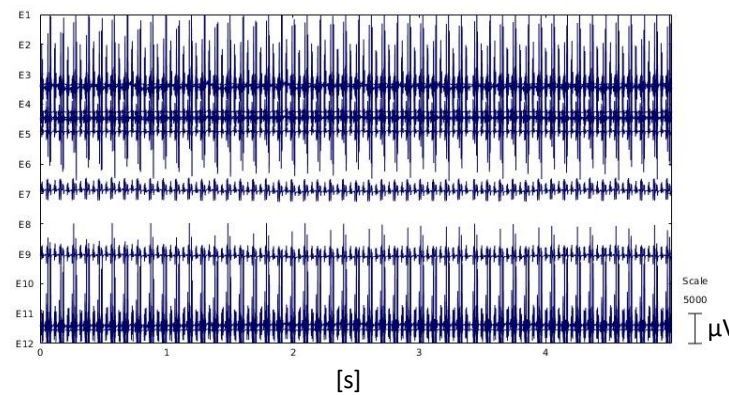




Informazioni spaziali



Informazioni temporali





Informazioni spaziali



Informazioni temporali

Artefatto da gradiente: in accordo con la legge di Faraday ogni variazione del campo magnetico induce una corrente negli elettrodi e nei cavi che si somma all'attività cerebrale.

Artefatto cardioballistografico: dovuto all'interazione tra il sistema cardiovascolare e il campo magnetico statico interno allo scanner.

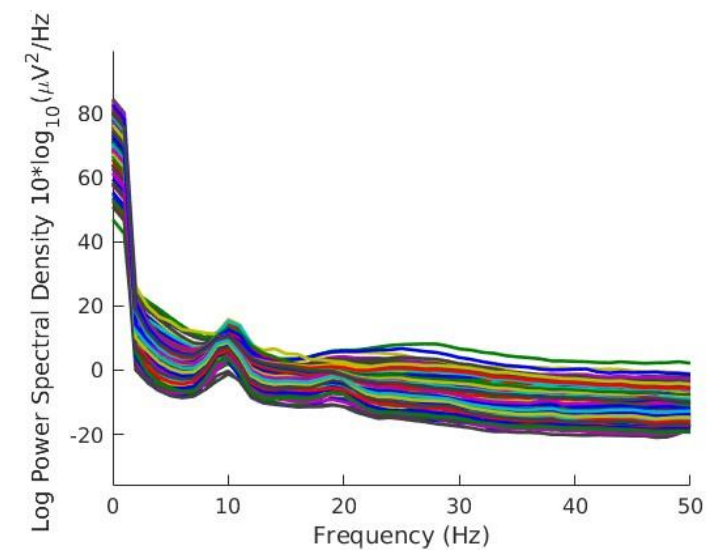
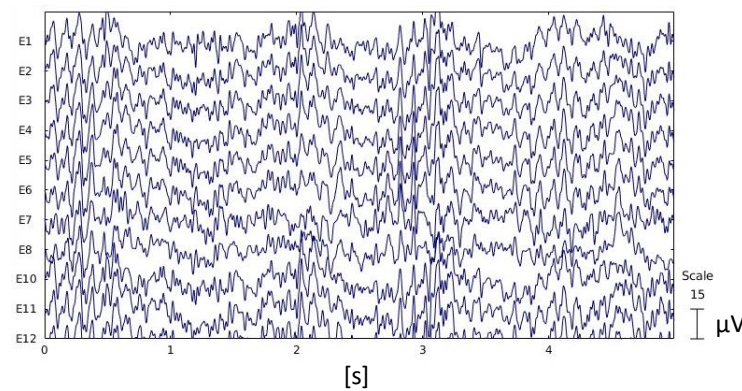




Informazioni spaziali



Informazioni temporali



La risoluzione spaziale dell'EEG



può essere migliorata
attraverso la ricostruzione
delle sorgenti

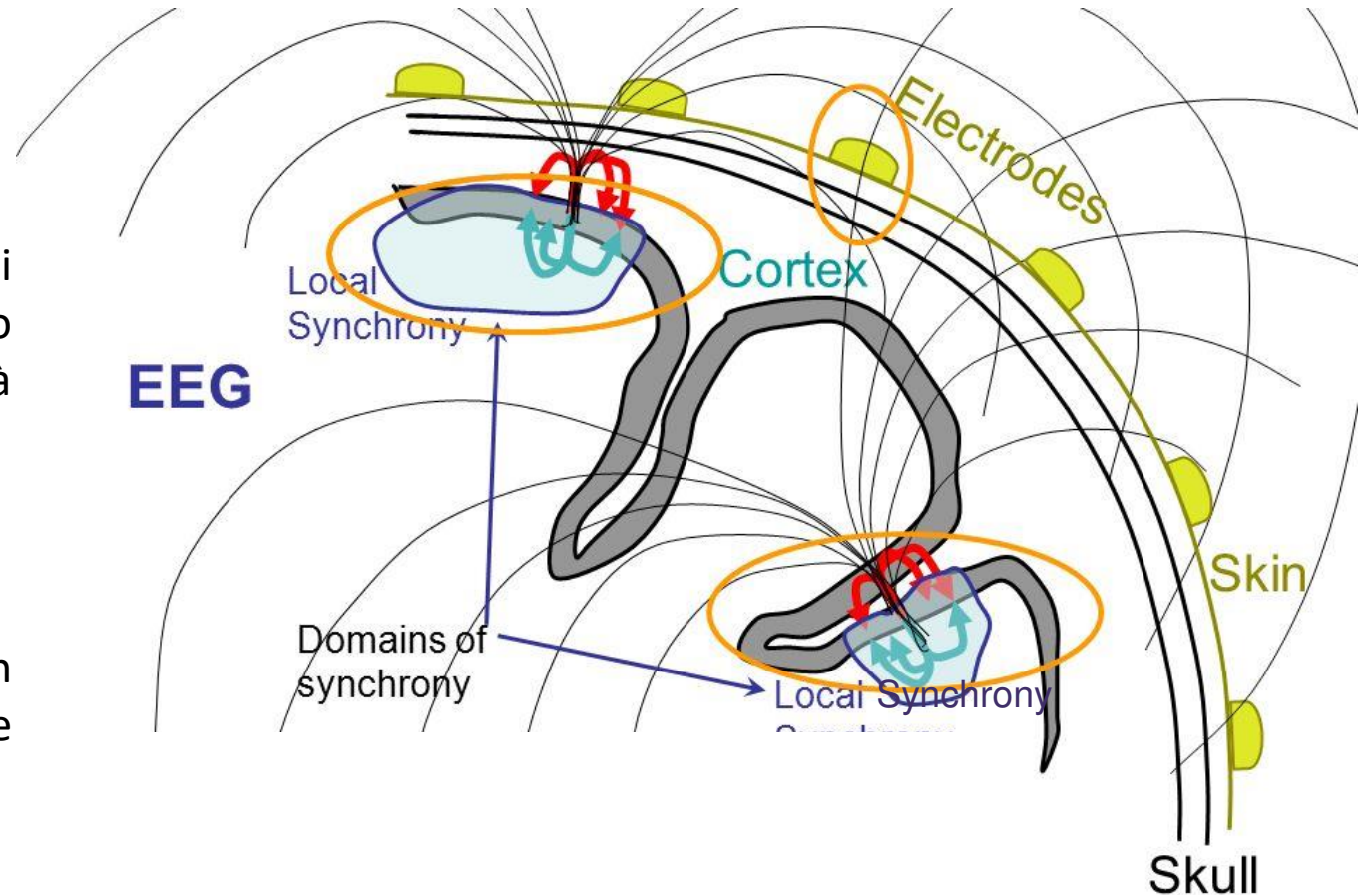


Ricostruzione delle sorgenti EEG

Il segnale, dal sito di generazione a quello di rilevazione, viene attenuato, distorto e diffuso sullo scalpo a causa delle differenti conducibilità elettriche dei tessuti cerebrali.

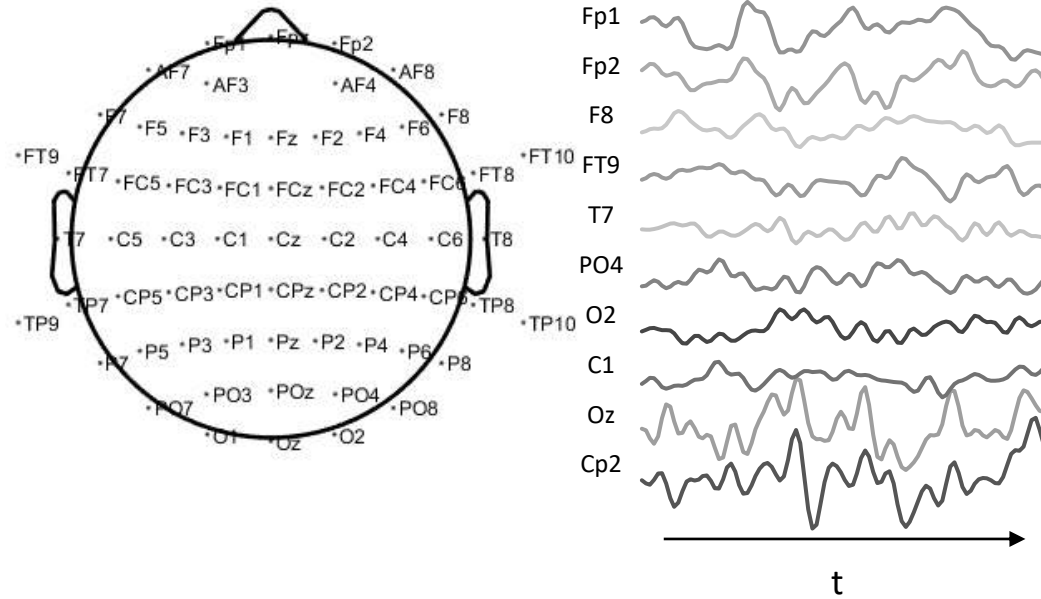
Il segnale generato decade con la distanza.

Un ampio segnale in un determinato elettrodo non ci permette di dire che la regione cerebrale coinvolta è quella sottostante



EEG

$$\mathbf{M} \in \mathbb{R}^{e \times 1}$$



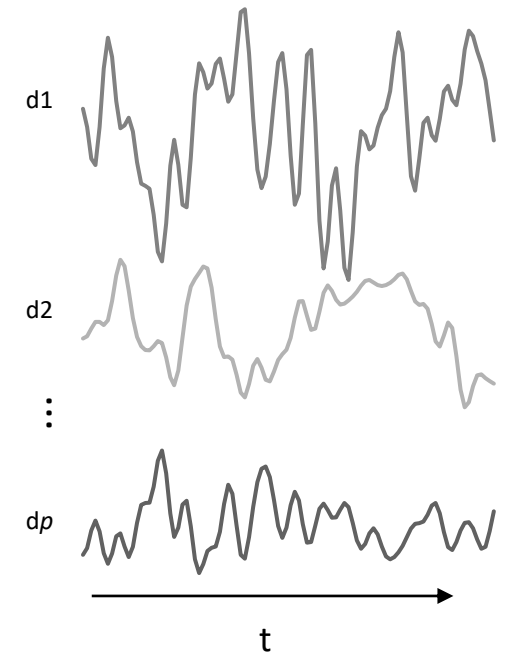
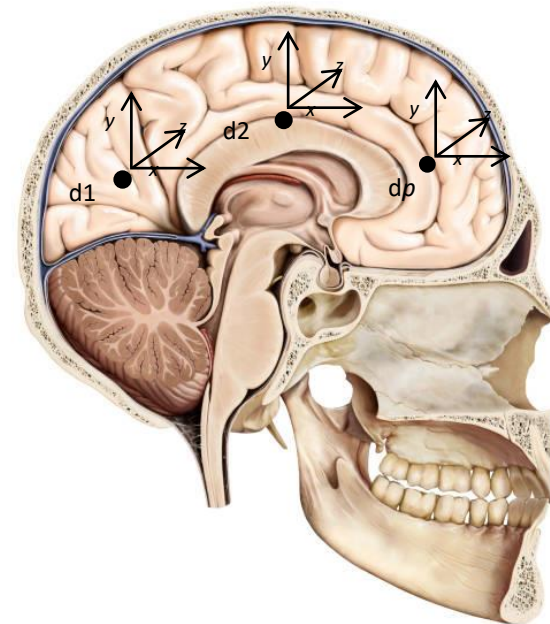
$$e \ll p$$

Forward
Problem

Inverse
Problem

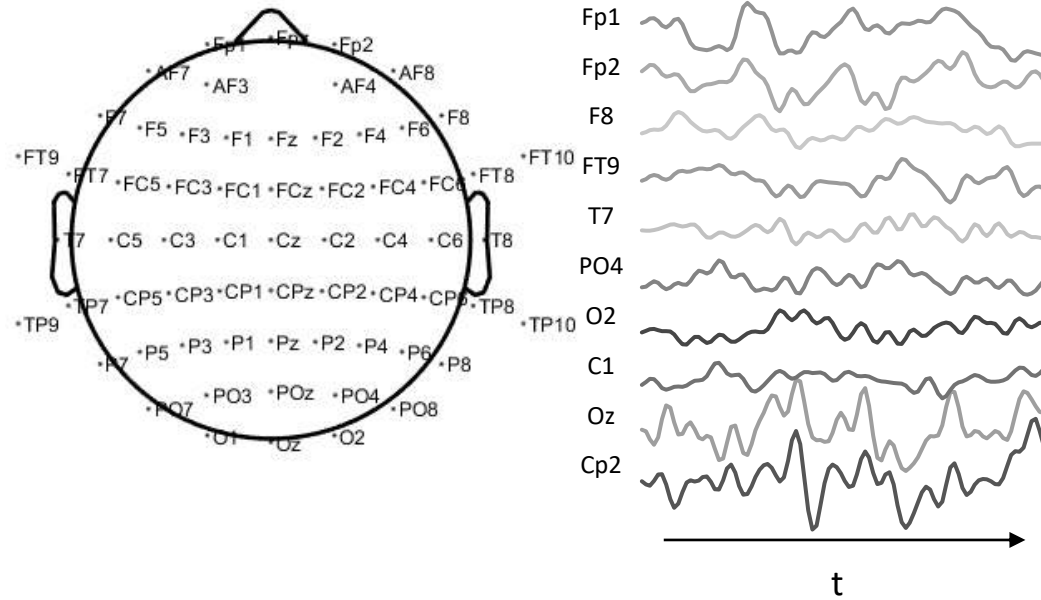
Sorgenti

$$\mathbf{D} \in \mathbb{R}^{3p \times 1}$$

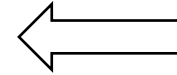


EEG

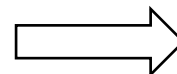
$$\mathbf{M} \in \mathbb{R}^{e \times 1}$$



Forward
Problem

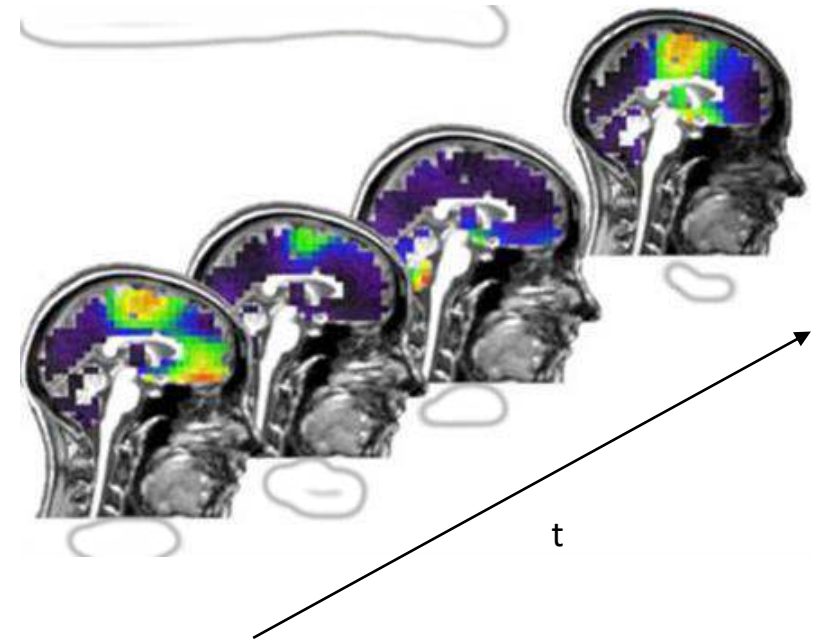


Inverse
Problem



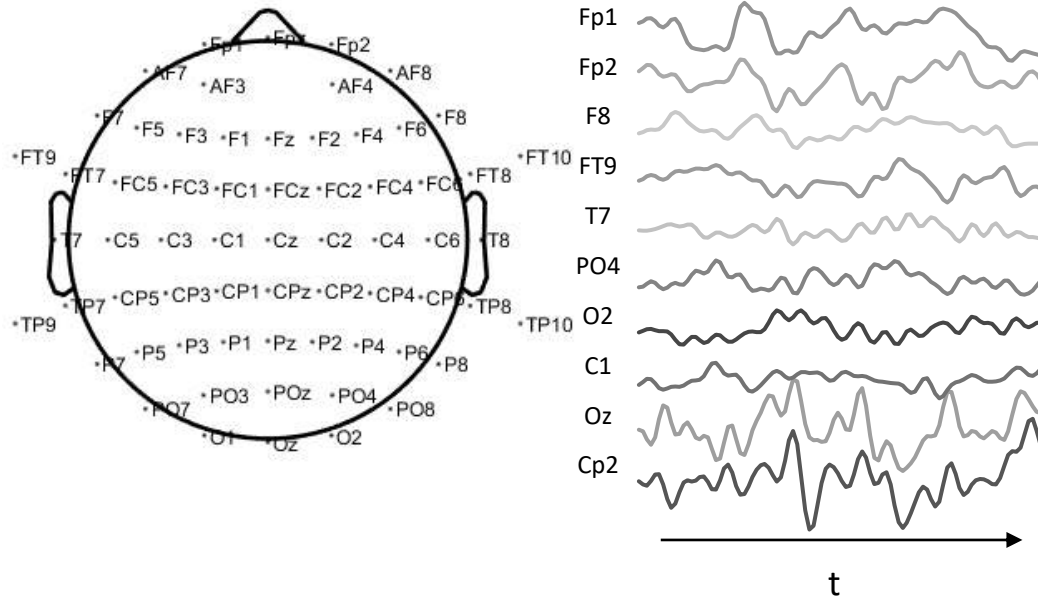
Sorgenti

$$\mathbf{D} \in \mathbb{R}^{3p \times 1}$$

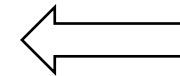


EEG

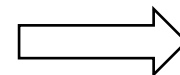
$$\mathbf{M} \in \mathbb{R}^{e \times 1}$$



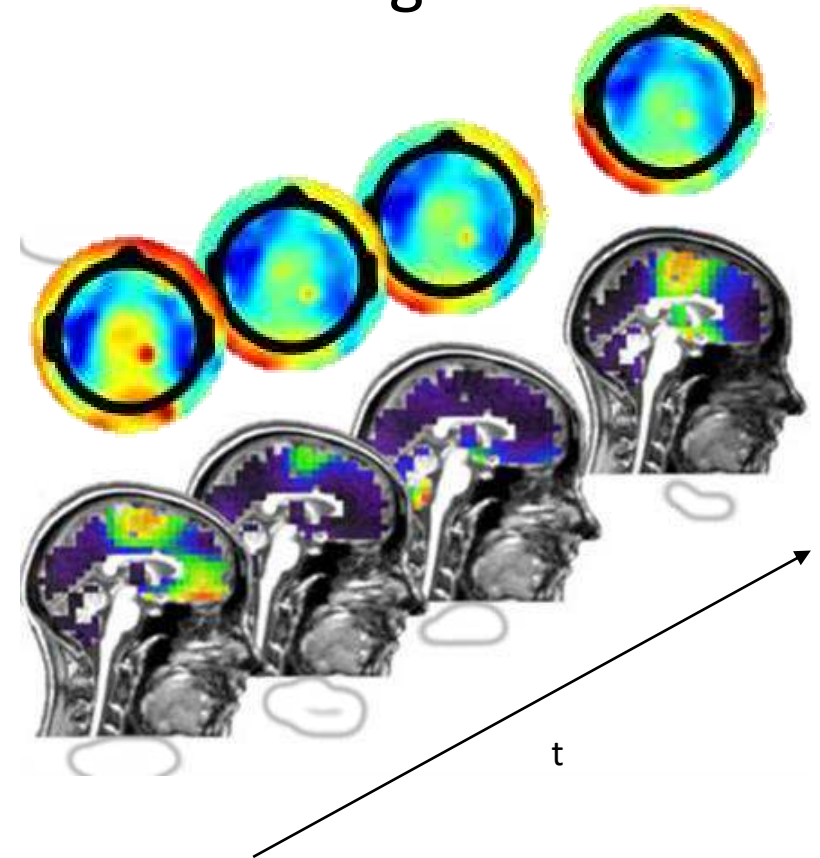
Forward
Problem



Inverse
Problem



Sorgenti

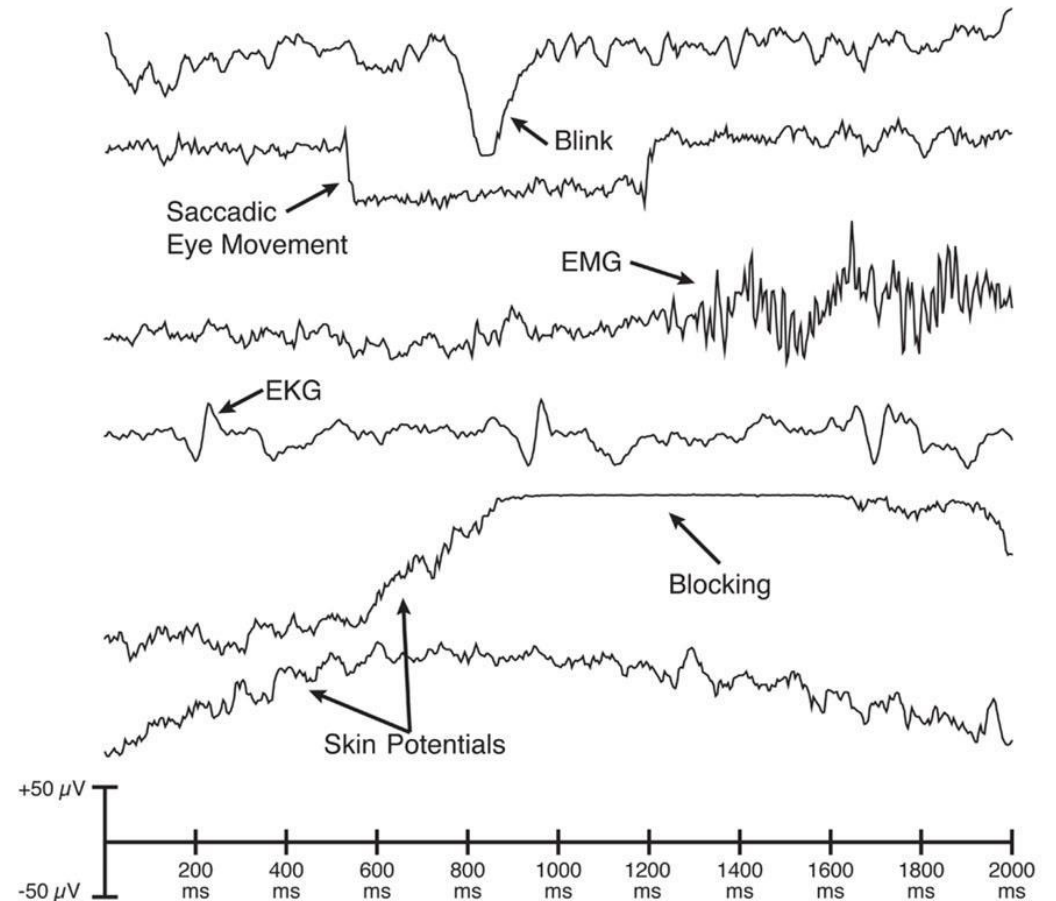


Artefatti

Se si considerano lunghi periodi, il segnale EEG deve essere trattato come un processo stocastico non stazionario (media, correlazione e momenti di ordine superiore sono tempo-varianti).

In piccoli intervalli (alcuni s) può invece essere considerato stazionario (proprietà statistiche tempo invarianti), assunzione che ne facilita l'analisi.

Gli artefatti che contaminano il segnale EEG possono essere sia di natura fisiologica (es. artefatti oculari e muscolari) che non (es. rumore di rete). Questi ultimi di solito sono più facilmente individuabili ed eliminabili perché per una data sessione sperimentale sono simili in tutti i tracciati.



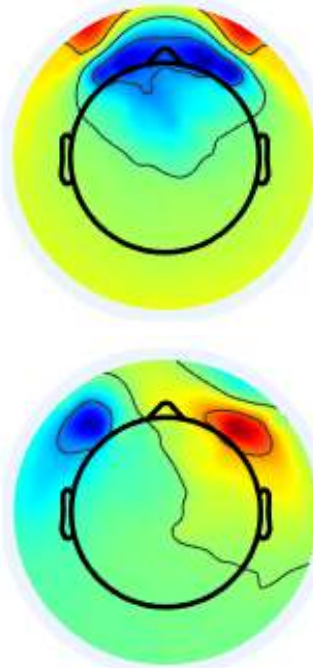
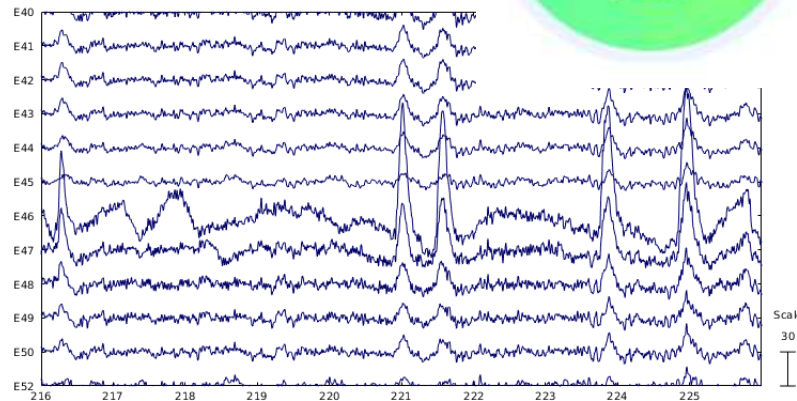
Artefatti oculari

Vengono rilevati negli elettrodi frontali e la loro ampiezza dipende dalla prossimità dell'elettrodo agli occhi.

Sono di due tipi:

Blink: ha ampiezza maggiore e lunghezza minore rispetto alle saccadi e una frequenza che si sovrappone al ritmo delta; il dipolo elettrico è orientato lungo l'asse retina-cornea.

Saccade: ha ampiezza positiva nella direzione verso il quale l'occhio si muove e ampiezza negativa in direzione opposta. Ha frequenza minore di 1Hz. Il dipolo elettrico è orientato lungo l'asse trasversale.



Artefatti muscolari

Dovuti all'attività elettrica legata alla contrazione muscolare. Contrazione dovuta, ad esempio, a deglutizione, sbadigli, tensioni cervicali, movimenti della testa, ecc..

Viene rilevato negli elettrodi vicini ai muscoli contratti, principalmente in quelli frontali e temporali, ed ha uno spettro molto esteso che si sovrappone a quello EEG soprattutto in banda gamma.

L'ampiezza e la forma dipendono dal grado di contrazione del muscolo e dal tipo di muscolatura coinvolta.

