

Riccardo Guerra (Guerra)

IL CERVELLO, VISUALIZZAZIONE DEL SUO FUNZIONAMENTO

18 May 2012

Evoluzione



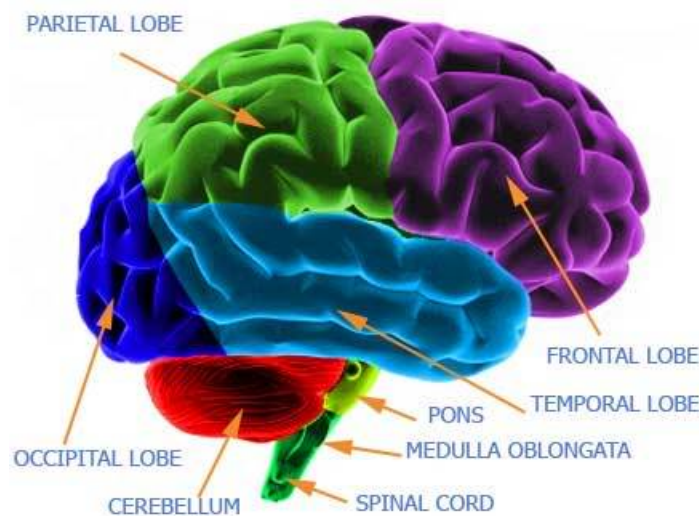
il cervello

Nelle prime ore di una mattina di 3,5 milioni di anni fa, tre figure attraversavano un'ampia radura situata a nord della Tanzania. Due di loro procedevano affiancate, mentre la terza, più piccola delle altre, le seguiva a breve distanza. Avanzando su un manto fresco di cenere vulcanica si lasciarono alle spalle un tracciato delle loro impronte. Nel 1978 è stata ritrovata la serie di 70 impronte che, secondo i paleontologi, risale alle prime forme del genere **Australopithecus**. Le orme provengono da creature che camminavano in posizione eretta, superavano il metro di altezza ed erano dotate di un cervello di dimensioni simili a quelle di un gorilla moderno.

In biologia gli esseri umani sono classificati come scimmie antropoidi africane (la famiglia degli Hominidae). Una famiglia di ominidi ha sviluppato un cervello più grande dei suoi simili, ha "estratto" dalla pietra **utensili** per aiutarsi nei suoi compiti quotidiani, ha cominciato a comunicare con una forma di linguaggio rudimentale. A partire da questa linea evolutiva ha avuto origine l'**uomo moderno**.

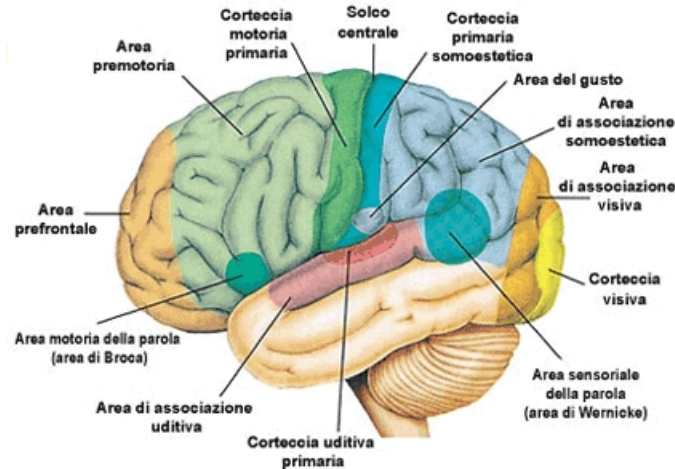
Erroneamente si pensa che l'evoluzione del cervello sia stata un processo aggiuntivo, durante il quale nuove strutture con diverse funzioni si siano aggiunte a quelle esistenti, permettendo così nuove funzionalità. Invece la maggior parte delle transizioni evolutive consistono in **un rimodellamento di strutture e funzioni già presenti**. Tuttavia il cambiamento delle strutture corporee può generare funzioni radicalmente differenti nelle diverse specie. **E' importante ricordare quindi che il cervello umano è il cervello di una scimmia antropoide.**

Il cervello umano è tra i cervelli più grandi delle specie presenti nel pianeta; più grande di qualsiasi altro primate, più piccolo soltanto di quello degli elefanti, dei grandi delfini e di quello delle balene. La massa media del cervello umano è di circa 1330 g. Il numero totale di cellule che elaborano le informazioni varia da decine a centinaia di miliardi di neuroni e il numero di connessioni neuronali che convergono su un neurone tipico è spesso stimato nell'ordine di 1000 per cellula. Infatti una delle peculiarità del cervello umano sta nella sua complessa rete di connessioni che collegano i neuroni.



lobi

Il cervello è diviso in due emisferi destro e sinistro, suddivisi in aree chiamate lobi (parietale, frontale, occipitale, temporale). Gli emisferi sono asimmetrici e gli studi eseguiti su molti primati dimostrano che la lateralizzazione funzionale era già presente in molti di loro. Non ci è ancora dato sapere in quale momento dell'evoluzione sia iniziata questa sorta di specializzazione emisferica.



anatomia e fisiologia del cervello

Nel 1994 J.L.Ringo e il suo gruppo di ricerca hanno avanzato l'ipotesi che la specializzazione emisferica nasca dalla necessità di mantenere il circuito neuronale, responsabile delle computazioni in termini temporali, entro un solo emisfero, poichè le fibre intraemisferiche sono più corte di quelle che passano per il corpo calloso e provocano quindi un piccolo ritardo nell'elaborazione.

Generalmente i tempi reali di trasmissione sono funzione del diametro, della lunghezza e della mielinizzazione di una data fibra. In un gruppo di fibre particolarmente piccole e non mielinizzate, il tempo di trasmissione di una fibra di 175 mm può essere di 300 ms, mentre in un gruppo di fibre della stessa lunghezza, ma relativamente grandi e mielinizzate il tempo di trasmissione può essere inferiore ai 5 ms.

Il ritardo registrato sarebbe chiaramente più marcato in trasmissioni interemisferiche multiple, che si tradurrebbero in un'elaborazione eccessivamente lunga.

Visualizzare il funzionamento del cervello

Inizialmente le scoperte neurofisiologiche legate al funzionamento del cervello avevano sostanzialmente carattere deduttivo, data la natura invasiva delle tecniche a disposizione.

Gli studi erano eseguiti su cervelli post mortem. Grazie ai progressi teorici e tecnologici è stato possibile sviluppare tecniche non invasive in grado di investigare il funzionamento del cervello: **le tecniche di neurovisualizzazione** (neuroimaging).

Tutte le tecniche di seguito descritte misurano direttamente o indirettamente due grandezze: i potenziali elettrici generati dal tessuto nervoso o le variazioni del flusso sanguigno cerebrale.

- **elettroencefalogramma (EEG);**
- **magnetoencefalogramma (MEG).**

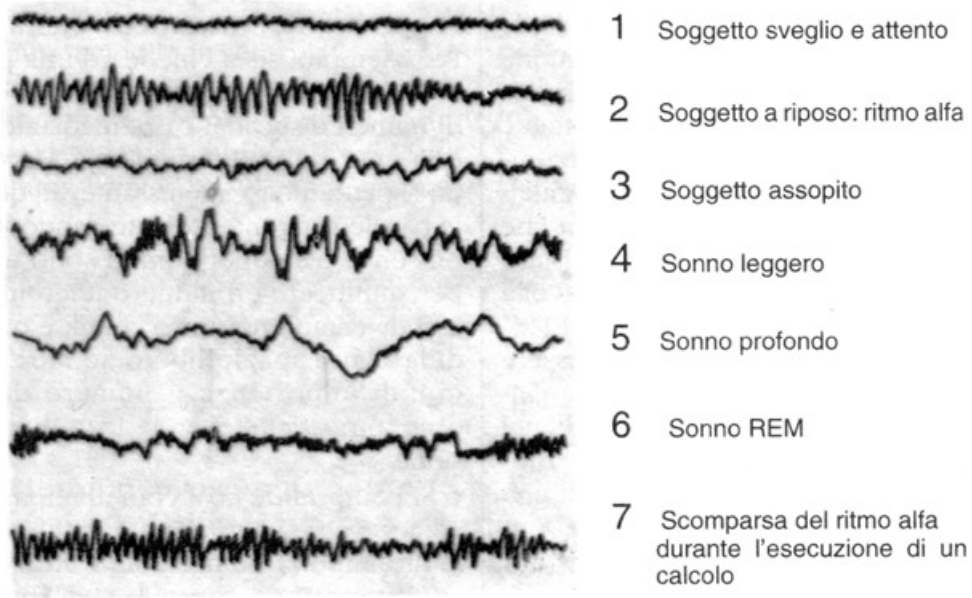
Elettroencefalogramma (EEG), magnetoencefalogramma (MEG) e certi tipi di visualizzazione ottica, sono sensibili in modo diretto o indiretto alle variazioni del potenziale elettrico nel tessuto cerebrale provocate dalla depolarizzazione e ripolarizzazione dei neuroni che costituiscono l'attività del cervello.

- **SPECT;**
- **NIRS;**
- **PET;**
- **fMRI.**

Tecniche come la tomografia computerizzata a emissione di singolo fotone (SPECT, Single Photon Emission Computed Tomography), la spettroscopia nel vicino infrarosso (NIRS, Near InfraRed Spectroscopy), la tomografia a emissione di positroni (PET, Positron Emission Tomography), la visualizzazione o imaging a risonanza magnetica funzionale (fMRI, functional Magnetic Resonance Imaging) misurano direttamente o indirettamente le variazioni del flusso sanguigno e riflettono l'attività neuronale.

Elettroencefalogramma e Magnetoencefalogramma

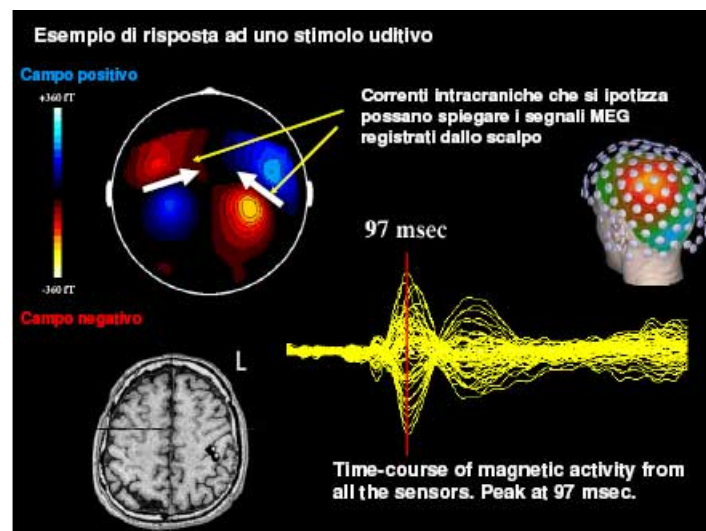
L'elettroencefalogramma utilizza un insieme di elettrodi posizionati sul cranio per rilevare le variazioni dei campi elettrici generate dall'attività neuronale.



Tracciati elettroencefalografici.

elettroencefalogramma

Analogamente il magnetoencefalogramma rileva le perturbazioni nel campo magnetico alla superficie del capo provocate dagli effetti induttivi delle variazioni dei campi elettrici che si verificano nel cervello.

*magnetoencefalogramma*

Entrambe queste tecniche possono essere usate insieme a manipolazioni cognitive e stimolazioni allo scopo di studiare gli aspetti del processo cognitivo. I metodi basati sull'EEG, quando usati in questo modo, sono spesso citati come EP (Evoked Potentials, potenziali evocati) o come ERP (Event-Related Potentials, potenziali correlati ad eventi).

I segnali elettrici o magnetici rilevati da questi metodi forniscono un'immagine in tempo reale dell'attività cerebrale. Tuttavia con questo tipo di tecniche è problematico localizzare la fonte precisa, cioè la collocazione esatta del tessuto neuronale attivo.

Così, mentre la risoluzione temporale di queste tecniche è di gran lunga superiore a quella degli altri metodi di visualizzazione del funzionamento del cervello, in molti casi si tratta di tecniche inefficaci per la localizzazione spaziale di segnali multipli.

Tecniche di visualizzazione ottica

Esistono numerose tecniche di visualizzazione ottica che utilizzano agenti di contrasto esogeni, come coloranti la cui fluorescenza dipende dalla differenza di potenziale. Allo stesso modo esistono tecniche che si basano su fattori endogeni, come la diffusione della luce in risposta al volume cellulare. Gran parte di questi metodi è però invasiva. Tuttavia la NIRS, che misura attraverso il cranio lo spettro di assorbimento della luce da parte dell'emoglobina ossigenata e di quella deossigenata, si dimostra una tecnica promettente. I principali limiti al momento sono legati al fatto che la luce non riesce a penetrare a fondo nei tessuti e che il metodo misura risposte emodinamiche relative al flusso sanguigno in siti discreti piuttosto che in tutto il cervello.

Tomografia computerizzata a emissione di singolo fotone

La SPECT misura la distribuzione di un tracciante radioattivo. Le fotocamere SPECT ruotano intorno alla testa rivelando i singoli fotoni emessi dal tracciante in decadimento. Le immagini della distribuzione del tracciante vengono ricostruite con algoritmi derivati dalla tomografia computerizzata. Simile alla PET questa tecnica è però di minore sensibilità, ma di minor costo.

Tomografia ad emissione di positroni

La PET localizza gli eventi di decadimento dei traccianti radioattivi somministrati al soggetto per via endovenosa o tramite inalazione. Nel momento in cui i traccianti decadono, emettono positroni che si annichilano quando collidono con gli elettroni, le loro antiparticelle. Il processo di annichilazione genera fotoni che si muovono in direzioni opposte.

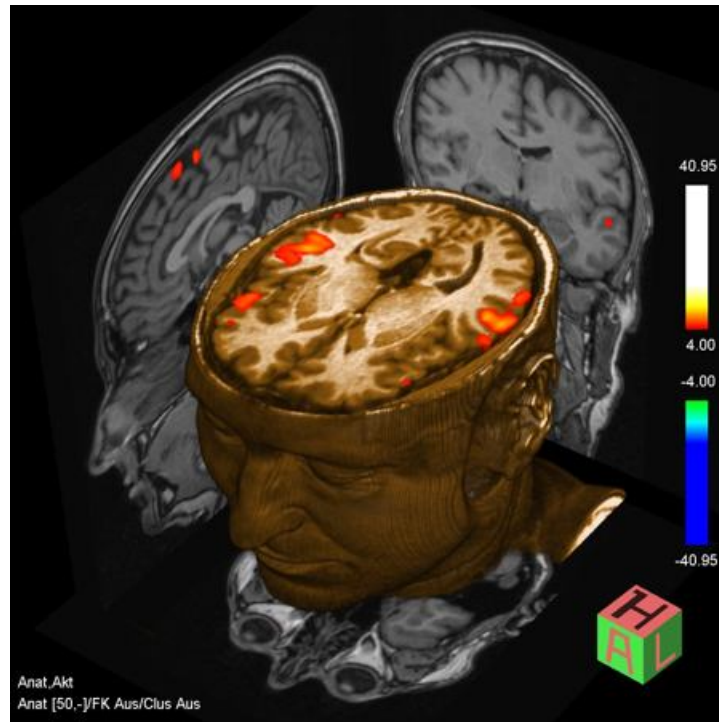


I rilevatori PET, sistemati in anelli attorno allo scanner, rilevano questi fotoni. Soltanto le coppie di fotoni registrate da rivelatori opposti in un lasso di tempo molto breve sono considerati provenienti da uno stesso atto di disintegrazione e calcolate perciò come segnali validi. Poichè le coppie di fotoni viaggiano lungo la stessa retta, si considera che la fonte dei fotoni si trovi lungo la retta che passa lungo i due opposti rivelatori. Questo principio, detto **rilevamento per coincidenza**, fornisce un mezzo molto più efficace per localizzare la fonte dei segnali radioattivi rispetto al rilevamento a fotone singolo che avviene nel caso della SPECT.

Una caratteristica della PET come modalità di neurovisualizzazione è legata al fatto che si possono usare traccianti specifici per "etichettare" variabili fisiologiche differenti.

Visualizzazione a Risonanza Magnetica funzionale

La risonanza magnetica ha reso possibile visualizzare in modo tridimensionale e non invasivo la struttura interna di oggetti composti da materiali chimicamente diversi.



risonanza magnetica funzionale

Il segnale della risonanza magnetica deriva dalle caratteristiche intrinseche dei nuclei dotati di momenti di dipolo magnetico. Tali nuclei, se posti in un campo magnetico esterno, si allineano con esso. I nuclei si possono spostare dall'equilibrio applicando un'altra forza perpendicolare al campo esterno, provocandone l'oscillazione. I dipoli entrano in precessione intorno alla direzione del campo principale con una frequenza caratteristica del tipo di nucleo e proporzionale alla forza del campo, ritornando poi lentamente al loro stato di equilibrio. Le costanti di tempo ricavate sono legate alla composizione del tipo di tessuto analizzato.

La capacità di PET e fMRI di fornire dati sull'attività cerebrale locale è dovuta ad una fondamentale caratteristica fisiologica del cervello: **l'emodinamica cerebrale locale riflette l'attività neuronale**. Il flusso sanguigno aumenta in regioni localizzate del cervello, che sono coinvolte nell'attività di elaborazione. La relazione tra attività neuronale e flusso sanguigno venne per la prima volta ipotizzata nel 1890 da Roy e Sherrington.

"Prima della comparsa del sistema nervoso l'intero processo cosmico era uno spettacolo di fronte a seggi vuoti. Dopo la sua comparsa, colori, aromi, emozioni animarono un Universo sino allora silente."

R.W.Sperry

Bibliografia

Treccani, Frontiere della vita

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Guerra:il-cervello-visualizzazione-del-suo-funzionamento>"