

# Cervello e comportamento

## Cap 1

# Cervello e comportamento

- Sono stati proposti due modi alternativi di concepire le relazioni esistenti fra cervello e comportamento
- Il cervello possiede regioni funzionalmente distinte
- Le funzioni cognitive sono focalizzate a livello della corteccia cerebrale
- Anche i tratti affettivi ed i diversi aspetti della personalità hanno localizzazioni anatomiche
- I processi mentali sono rappresentati nel cervello dalla somma delle operazioni elementari eseguite dai rispettivi circuiti nervosi

# La missione delle neuroscienze

- Quali sono le basi biologiche su cui si fondano lo stato di coscienza ed i processi mentali che ci mettono in grado di percepire, di agire, di apprendere e di ricordare?
  - Sappiamo che:
  - Ogni comportamento è il risultato di una funzione cerebrale
  - Compito quindi delle neuroscienze è quello di spiegare il comportamento (motorio, cognitivo e affettivo) in termini di attività cerebrale.

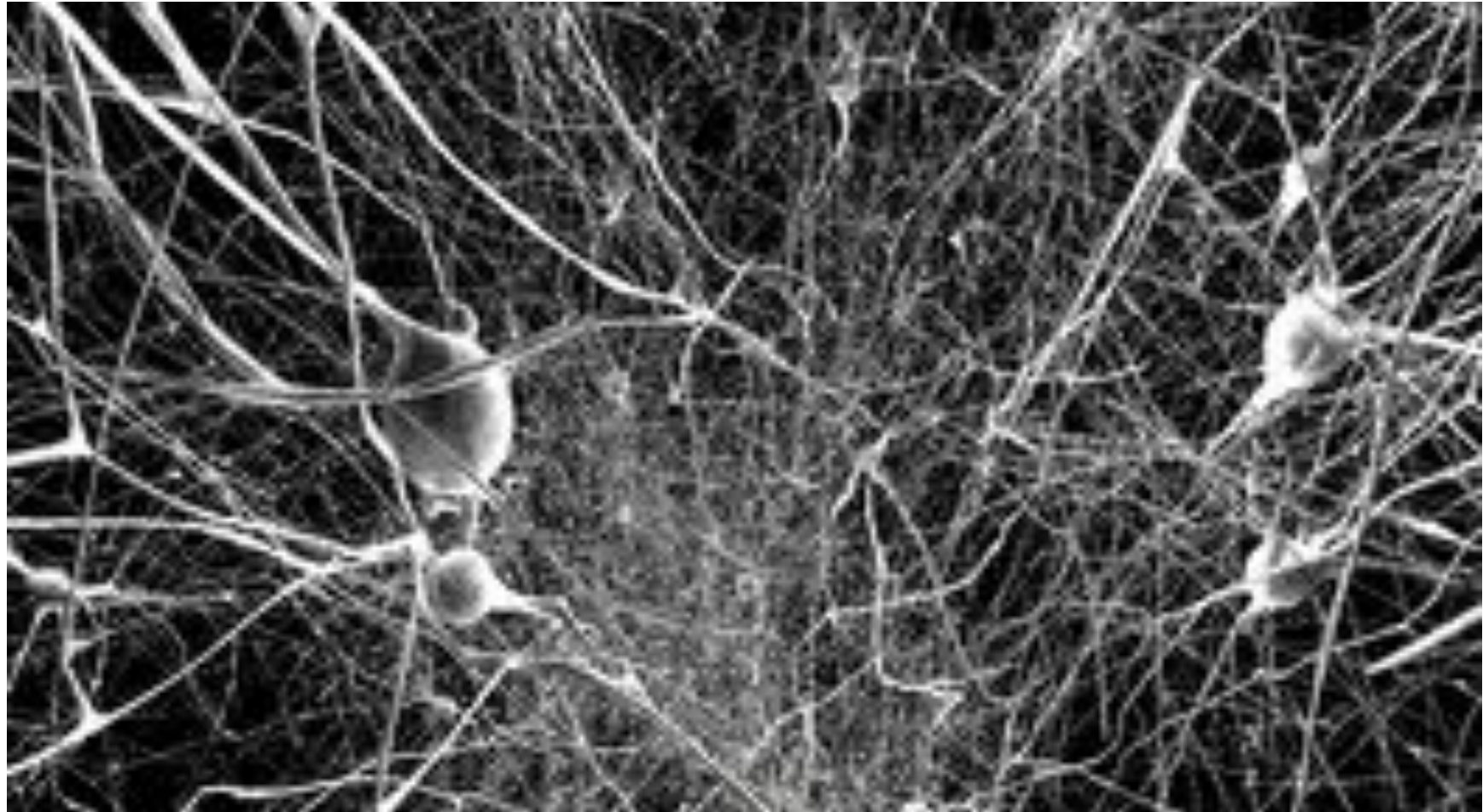


# Missione delle Neuroscienze

- Domande fondamentali:
  - I singoli processi mentali sono localizzati in parti specifiche del sistema nervoso o rappresentano invece proprietà collettive che emergono dall'intero cervello?
  - Se i processi mentali sono localizzati in particolari regioni cerebrali qual'è la relazione che lega le proprietà anatomiche e fisiologiche di una certa regione con le sue specifiche funzioni percettive, cognitive e motorie?
  - E' possibile comprendere queste relazioni esaminando queste regioni nel loro complesso oppure mediante lo studio di singole cellule nervose?

# Sono stati proposti due modi alternativi di concepire le relazioni esistenti fra cervello e comportamento

- Dopo l'invenzione del microscopio abbiamo capito che:
  - Il sistema nervoso è formato da neuroni che possiedono un corpo cellulare, dendriti e assoni
  - Questo sistema forma una rete continua costituita da un reticolo di cellule distinte
    - (vedi: Golgi, Cajal)
  - Cellule vive ed eccitabili del muscolo (come tutte le cellule nervose) sono in grado di generare elettricità
    - (Luigi Galvani) L'attività elettrica di una cellula è in grado di influenzare l'attività di cellule adiacenti in maniera del tutto prevedibile.
  - Ma anche chimica:
    - I farmaci non agiscono sulle cellule in modo casuale ma si legano a recettori specifici facendo emergere la natura anche chimica dei meccanismi di comunicazione fra cellule nervose.



- Franz Joseph Gall (1758) medico neuroanatomico avanzò per primo tre idee fondamentali:
  - Ogni comportamento emerge dal cervello
  - Singole regioni della corteccia cerebrale sono in grado di controllare funzioni specifiche
  - Il cervello non funziona come un tutt'uno ma comprende non meno di 35 organi distinti a ciascuno dei quali corrisponde una particolare funzione mentale (Fig 1.1).





**Figura 1.1** Secondo la teoria frenologica del diciannovesimo secolo, caratteristiche complesse del carattere come la combattività, la spiritualità, la speranza e la solerzia sono sotto il controllo di aree specifiche del cervello che si espandono man mano che le caratteristiche del carattere si sviluppano. Si riteneva che quest'espansione di zone localizzate della corteccia determinasse la comparsa di solchi e rilievi caratteristici sulla superficie del cranio sovrastante, dall'esame dei quali era possibile determinare il carattere delle persone. Questa mappa, presa da un disegno degli inizi dell'Ottocento, si proponeva di dimostrare la sede di 35 facoltà intellettuali ed emotive localizzate in zone distinte del cranio e della sottostante corteccia cerebrale.

- Gall sostenne inoltre che:
  - I centri deputati a ciascuna funzione mentale aumentano di dimensione con l'uso.

Per creare criteri utili per lo studio dei tratti del carattere, Gall mise in relazione la personalità dei singoli individui con le protuberanze presenti sulla superficie cranica (frenologia)

- Lo psicologo francese Flourens (1794) pratica ablazioni sistematiche in animali per mettere in relazione le zone cerebrali, individuate da Gall, con il comportamento.
- La sua visione d'insieme è che non esiste una specializzazione delle aree ma che ogni area è in grado di eseguire diverse funzioni.
- In seguito quest'idea venne denominata "teoria dei campi cerebrali associati"

# Wernicke Sherrington Cajal

- Connessionismo cerebrale
- Singole attività motrici e sensitive possono venir fatte risalire a parti diverse della corteccia cerebrale
- I singoli neuroni sono le unità responsabili dei messaggi del sistema nervoso. Essi si trovano raggruppati in unità funzionali e sono connessi l'un l'altro in maniera precisa.

# Il cervello possiede regioni funzionalmente distinte

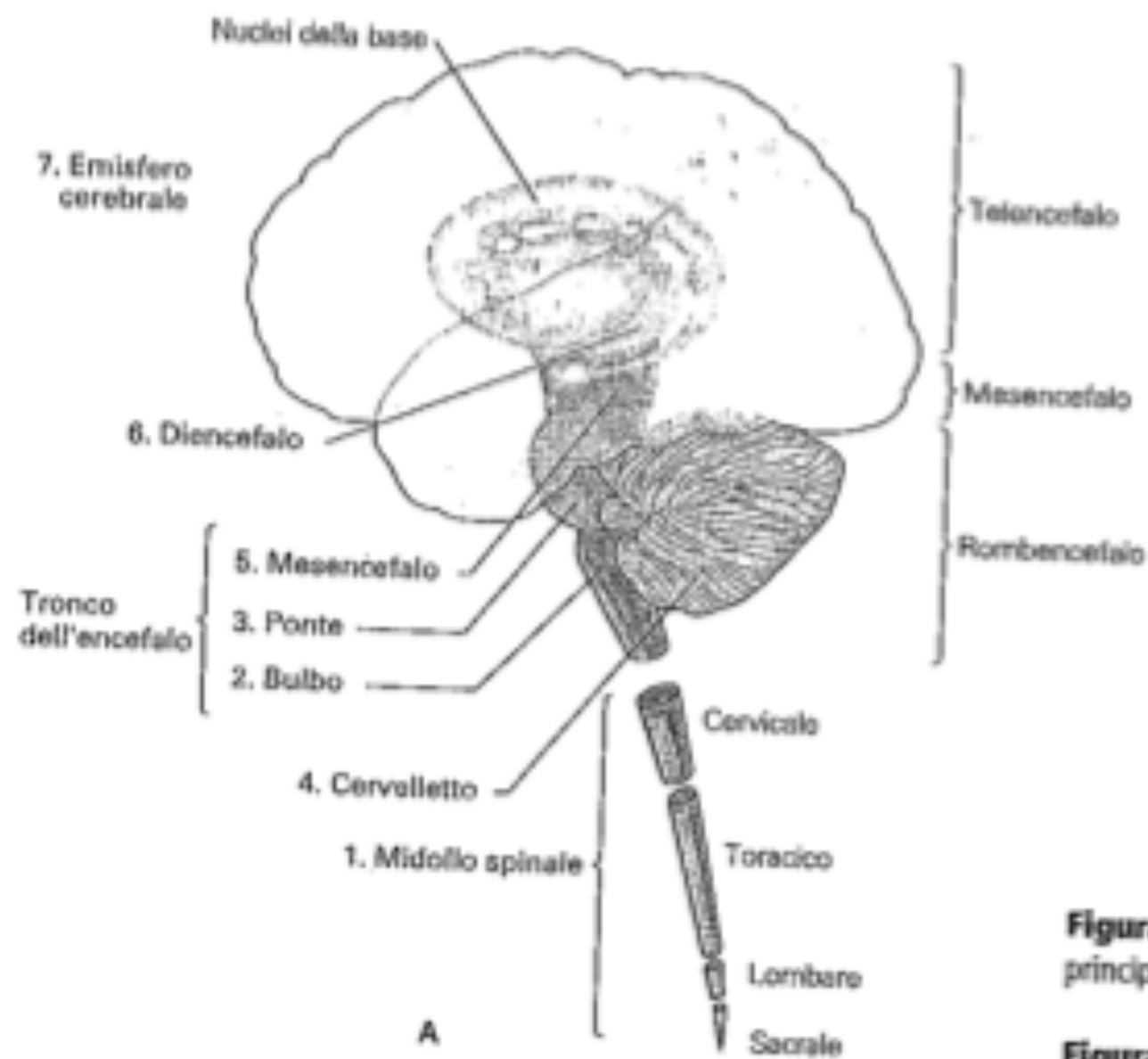
- Vedi scheda 1.1
- Attraverso tecniche di imaging siamo in grado di studiare il cervello in vivo
- Siamo in grado di osservare il cervello mentre le persone svolgono dei compiti
- L'idea originale di Gall che diverse regioni cerebrali sono specializzate per singole funzioni oramai è stata verificata

# Scheda1.1 Il SNC

- Il sistema nervoso centrale comprende sette parti principali:
- 1-Midollo spinale
- 2- Il bulbo
- 3- Il ponte
- 4- Il cervelletto
- 5- Il mesencefalo
- 6- il diencefalo
- 7- Gli emisferi cerebrali

# Il midollo spinale

- Riceve e analizza le informazioni sensitive provenienti dalla cute, dalle articolazioni, e dai muscoli degli arti e del tronco, inoltre controlla i movimenti degli arti e del tronco.
- E' suddiviso in una regione cervicale, toracica lombare e sacrale.
- Continua rostralmente nel tronco dell'encefalo (bulbo ponte mesencefalo).
- Nel tronco dell'encefalo decorrono anche informazioni che provengono dal midollo spinale proiettano al cervello e viceversa

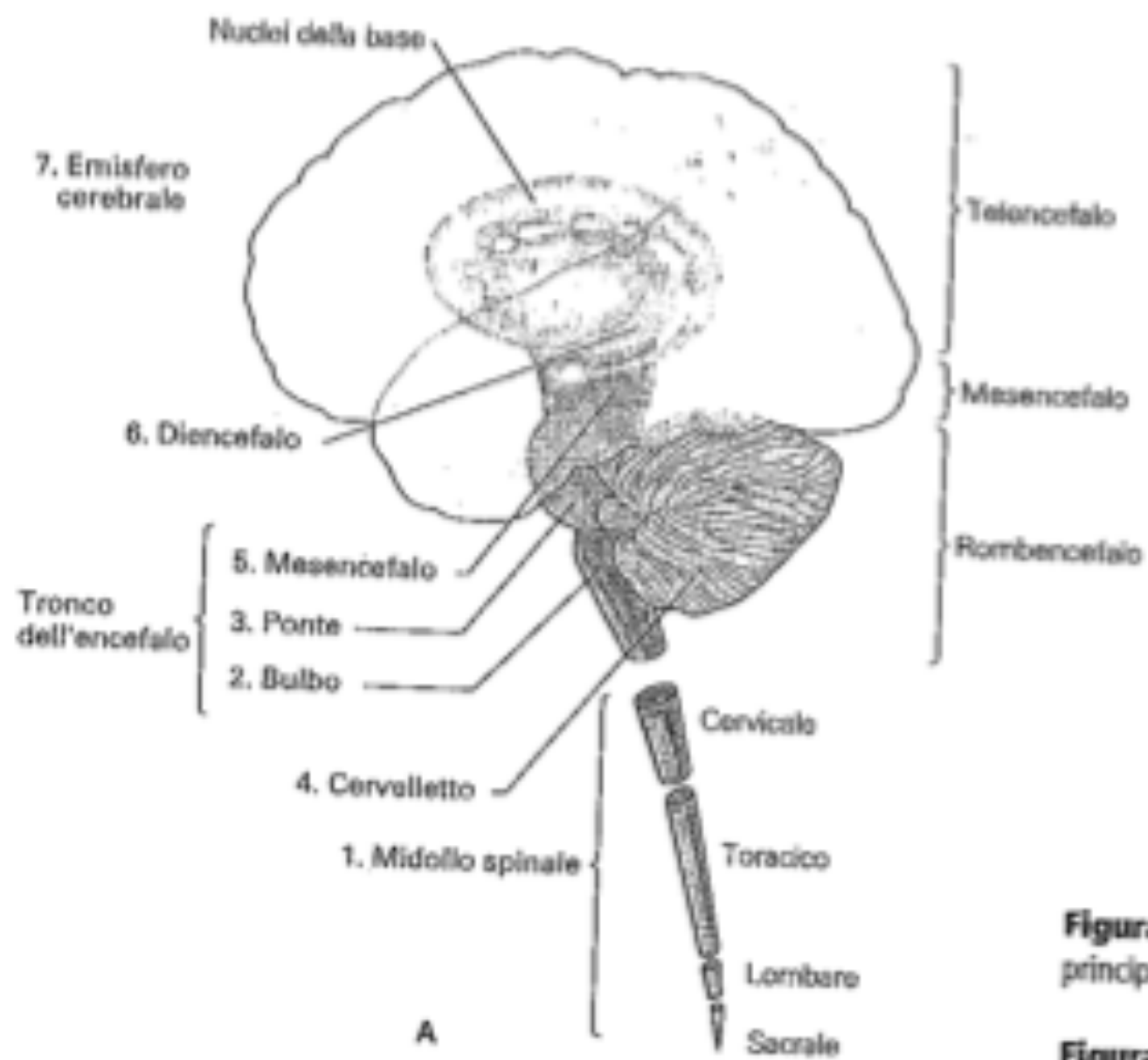


**Figura 1**  
**principali**

**Figura 1**



- Bulbo comprende centri responsabili a funzioni quali: digestione respiro controllo ritmo cardiaco
- Ponte trasporta informazioni che provengono dagli emisferi cerebrali e sono destinate al cervelletto
- Cervelletto modula la forza e l'ampiezza dei movimenti ed è implicato nell'apprendimento motorio
- Mesencefalo controlla molte funzioni sensitive e motorie (movimenti oculari, coordinazione riflessi visivi e uditivi)



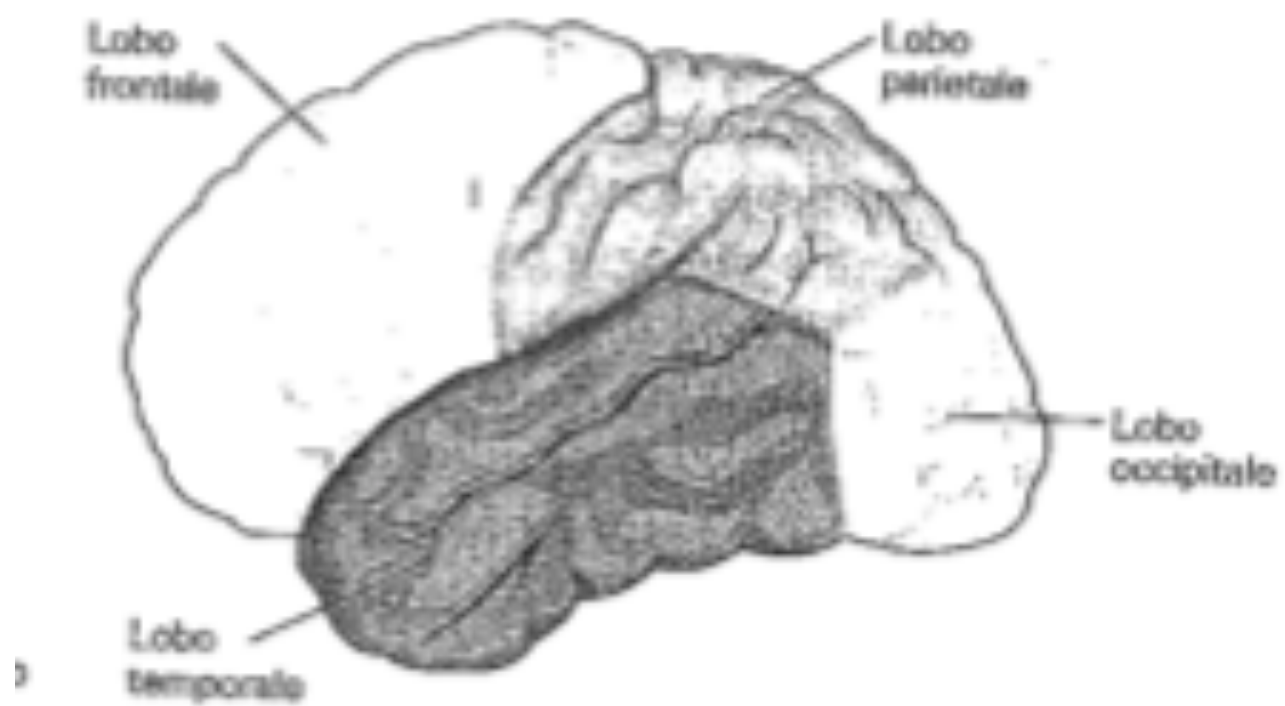
- Diencefalo: Talamo, analisi preliminare delle informazioni che raggiungono la corteccia cerebrale provenendo dal resto del sistema nervoso. Ipotalamo, regola le funzioni del sistema nervoso autonomo, sistema endocrino e le funzioni viscerali
- Emisferi cerebrali comprendono uno strato esterno (corteccia cerebrale) e tre strutture localizzate in profondità: nuclei della base (regolazione prestazioni motorie), ippocampo (tracce mnemoniche) e amigdala (risposte endocrine, stati emotivi).



- Allo stesso tempo sappiamo che molte funzioni cerebrali sensitive motorie e cognitive hanno a disposizione più di una via nervosa
- Principio delle analisi distribuite in parallelo
  - Quando viene danneggiata una regione cerebrale altre regioni sono in grado di compensare parzialmente la lesione.

# Le funzioni cognitive sono localizzate a livello della corteccia cerebrale

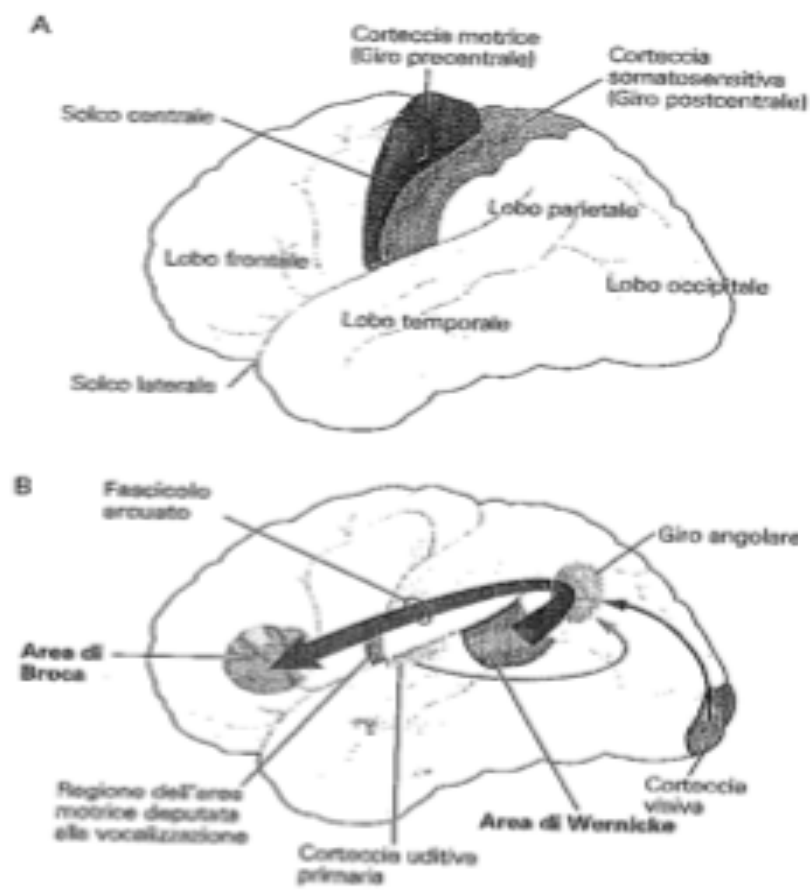
- Ciascun emisfero è diviso in lobi
  - Frontale, parietale, temporale, occipitale
- I lobi presentano funzioni specializzate:
  - Lobo frontale: programmazione di azioni e controllo del movimento
  - Lobo parietale: sensazioni somatiche, schema corporeo, relazione schema corporeo e ambiente
  - Lobo occipitale: visione
  - Lobo temporale: udito, memoria, apprendimento e comportamento emotivo



B

- Ciascun lobo possiede una serie di circonvoluzioni e ripiegamenti profondi per consentire il raggruppamento di un gran numero di neuroni in uno spazio ristretto.
- Le parti sporgenti sono chiamate GIRI
- Gli avvallamenti sono detti SOLCHI
- I giri ed i solchi sono simili in tutti gli individui
  
- Ad esempio il solco centrale separa il giro precentrale (che è connesso con la funzione motoria) dal giro post centrale (che è in rapporto con la funzione sensitiva). Figura 1.4A





**Figura 1.4** In questa veduta laterale dell'emisfero sinistro si possono osservare le principali aree della corteccia cerebrale.

**A.** Aspetto esterno dell'emisfero sinistro.

**B.** Aree interessate nei processi del linguaggio. L'area di Wernicke analizza l'informazione uditiva necessaria per il linguaggio ed è importante per la comprensione delle parole. L'area di Wernicke giace accanto alla corteccia uditiva primaria e al giro angolare che associa le informazioni acustiche con quelle provenienti da altre modalità sensoriali. L'area di Broca controlla l'emissione dei suoni delle parole. Essa è adiacente alla zona della corteccia motrice che controlla i movimenti della bocca e della lingua che danno origine alle parole. L'area di Wernicke è in comunicazione con l'area di Broca attraverso un tronco nervoso bidirezionale costituito, in parte, dal fascicolo arcuato. (Modificata, da Geschwind, 1979.)

# Organizzazione della corteccia cerebrale

- Ogni emisfero è in rapporto con i processi sensitivi e motori della parte opposta (controlaterale) del corpo.
  - Ad esempio: le aree motrici dell'emisfero destro esercitano il proprio controllo sui movimenti della parte sinistra del corpo. Le aree sensitive che vengono percepite a livello destro del corpo (mano) si incrociano e passano dalla parte sinistra (sia a livello del midollo che del tronco encefalico) prima di arrivare alla corteccia.

# Organizzazione della corteccia

- Gli emisferi cerebrali, sebbene appaiono simili, non hanno una struttura del tutto simmetrica nè sono equivalenti dal punto di vista funzionale
  - Esempio: il linguaggio (emisfero sinistro)

# Il linguaggio

- Linguaggio ottimo esempio per mostrare:
  - Specificità degli emisferi
  - Localizzazione delle funzioni cerebrali
- Come spesso avviene tutto parte dall'analisi delle patologie specifiche

# Linguaggio

- Afasie : disturbi del linguaggio
- 1861 Broca: localizzare le funzioni mentali basandosi sull'esame delle lesioni cerebrali.
  - Caso di un paziente: in grado di comprendere il senso del linguaggio ma non in grado di parlare.
    - Nessun deficit motorio (lingua bocca corde vocali)
    - Era in grado di pronunciare parole isolate, fischiare cantare ma non sapeva dire una frase compiuta

# Esame autoptico

- Lesione parte posteriore del lobo frontale (detta dopo di lui area di Broca, vedi fig 1.4B).
- Altri pazienti diagnosticati da Broca, identiche lesioni
- TUTTE emisfero sinistro!

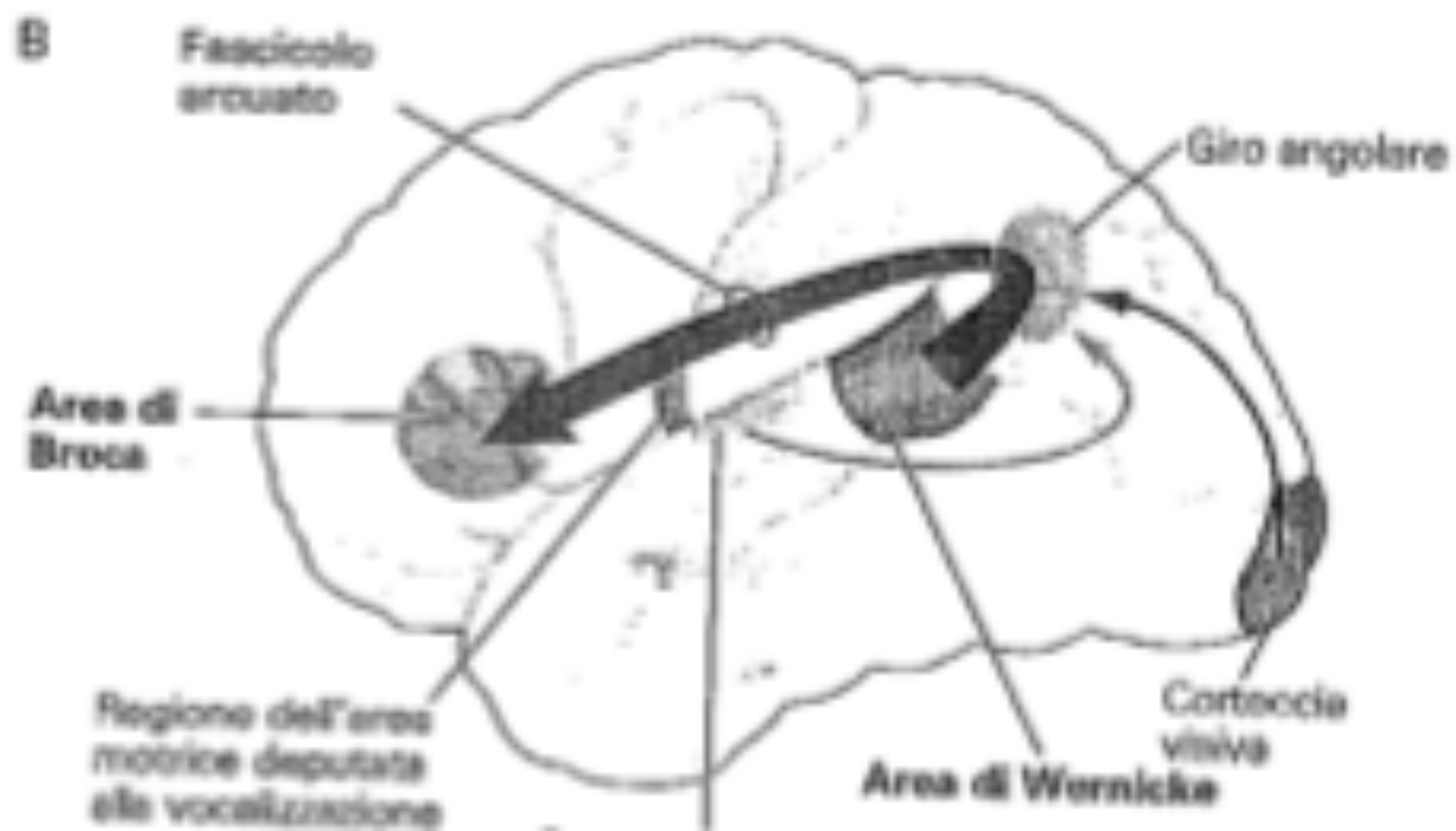
# Localizzazioni cerebrali

- 1870 Hitzing: comparsa di movimenti localizzati e caratteristici degli arti (estensione della zampa) stimolando elettricamente una zona particolare del giro cerebrale pre-frontale e nella corteccia motrice controlaterale.

# Localizzazioni cerebrali

- 1876 Wernicke studia afasia ma...
  - Pazienti che parlano ma non riescono a capire il senso (opposto dei pazienti di Broca)
  - Lesione localizzata in un luogo diverso: parte posteriore del lobo temporale





# Diverse idee

- **Frenologia**: la corteccia è un mosaico di aree aventi ciascuna una funzione specifica
- **Teoria dei campi associati**: le funzioni mentali sono distribuite in modo uniforme in tutta la corteccia cerebrale (attraverso le interconnessioni diverse componenti di un singolo comportamento possono essere elaborate in zone diverse del cervello).

- Infatti...
- Area di Broca: posta vicino all'area motoria che controlla bocca lingua e corde vocali.
- Area di Wernicke : circondata dalla corteccia uditiva e dalle corteccie associative (integrano info acustiche visive e somatiche)
- Nasce il primo modello coerente dell'organizzazione del linguaggio! (in parte usato tutt'ora)

# Modello

- L'analisi della parola scritta e udita coinvolge diverse aree della corteccia sensoriale
- Queste informazioni raggiungono un'area associativa specializzata per informazioni di natura visiva e uditiva
- Questa rappresentazione nervosa viene trasferita nell'area di Wernicke dove viene riconosciuta come espressione linguistica e associata al suo significato.



- 1920 Brodmann: distinguere le singole aree funzionali della corteccia cerebrale in base alla diversa struttura dei tipi cellulari presenti ed alla loro caratteristica disposizione in strati
- 52 aree funzionalmente distinte

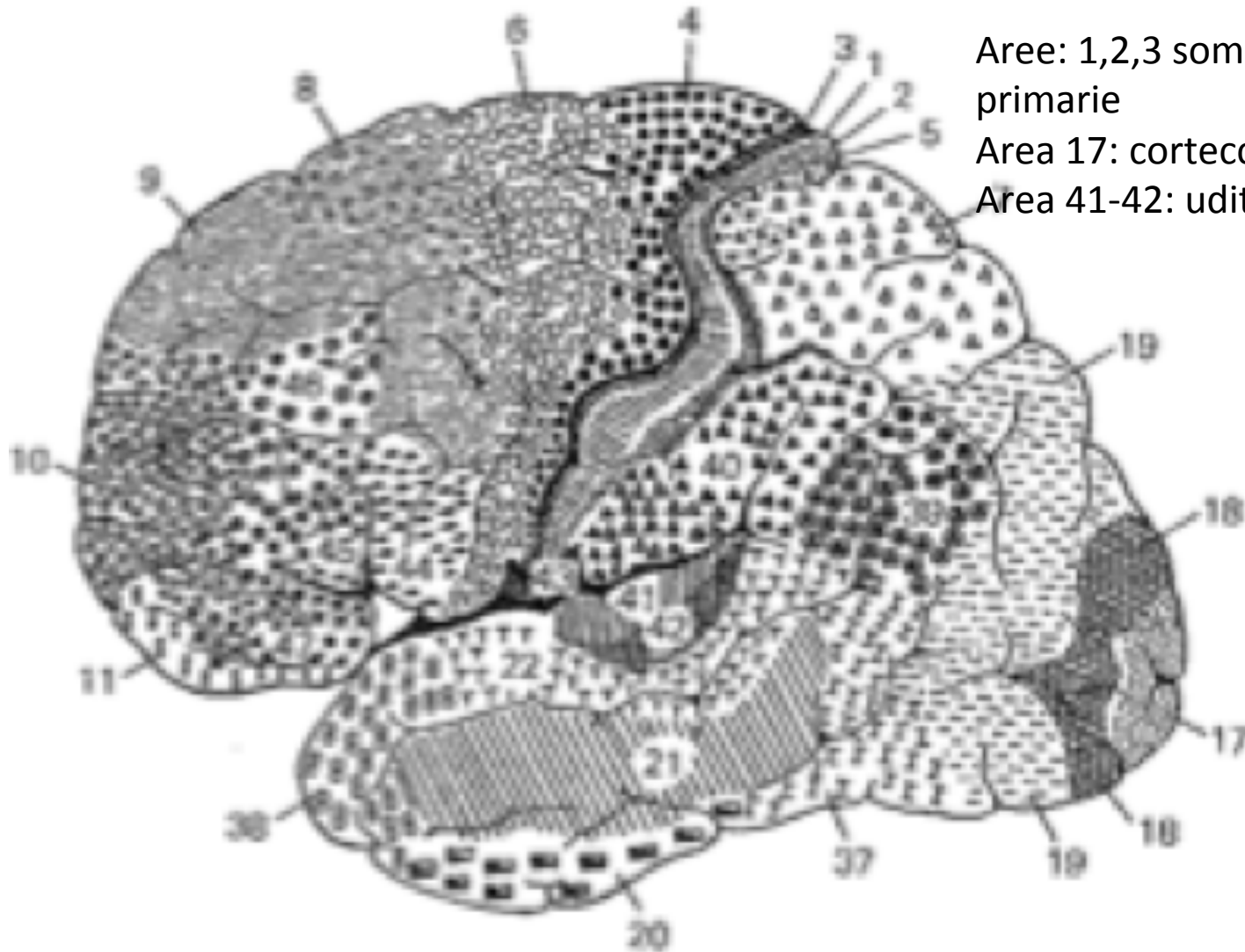
# Brodmann

Area 4 : corteccia motoria

Are: 1,2,3 somato- sensitive primarie

Area 17: corteccia visiva

Area 41-42: uditiva



# Penfield 1950

- Conferma della localizzazione delle aree del linguaggio (Broca e Wernicke) su pazienti svegli e coscienti via stimolazione elettrica (microelettrodi)
- Le due aree si mostrano anche più estese di quanto si pensasse



# Oggi

- Aree molto diversificate e ben definite riconosciute attraverso l'impiego delle nuove tecnologie di Imaging
- Ad esempio area di Wernicke:
  - Lesioni zona fronto-temporale---disturbi analisi lessicale (capire il senso delle parole)
  - Lesioni porzione parieto-temporale----disturbi analisi sintattica (capire il senso di relazione fra le parole)

# Ogni modalità percettiva ha la sua via specifica

- L'area di Wernicke si attiva quando le parole vengono ascoltate
  - L'area di Broca si attiva quando le parole vengono viste ma non ascoltate.
- 
- Posner (1992)

# Quindi

- Informazione visiva proveniente dalla corteccia occipitale viene trasferita direttamente all'area di Broca senza essere stata prima trasformata in rappresentazione acustica
- Le vie nervose impiegate per ascoltare le parole sono diverse da quelle impiegate per vedere le parole

A Leggere parole



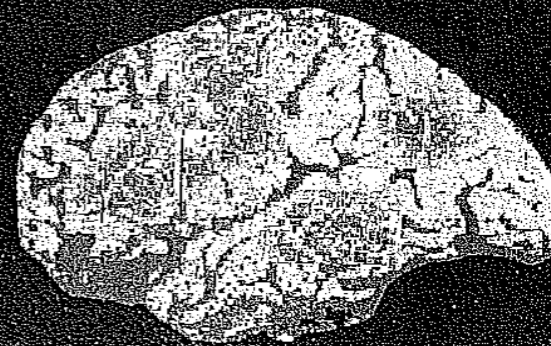
B Ascoltare parole



C Pronunciare parole



D Pensare parole



# Attivazioni specifiche

- Leggere parole e ascoltare parole
  - Vie diverse - informazione di entrata
- Pronunciare parole pensare a parole
  - Vie diverse- informazione di uscita
  - Pronunciare parole attiva l'area motoria supplementare

- Pazienti sordi che avevano perduto la capacità di parlare con il linguaggio dei segni a causa di ictus cerebrale (emisfero sinistro), presentavano afasia

Afasie: incapacità di comprensione e produzione di linguaggio

# Riassumendo

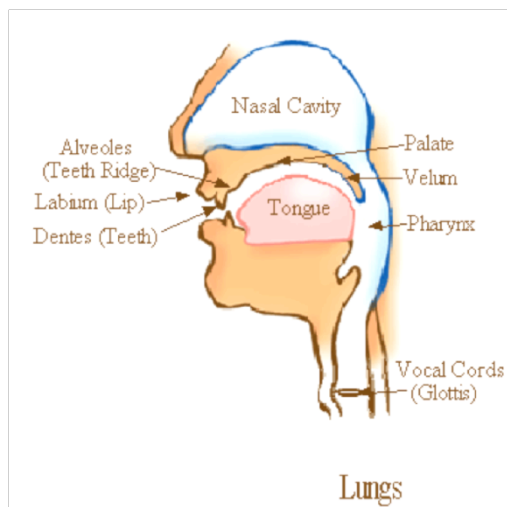
- 1- I processi deputati al linguaggio hanno luogo nell'emisfero sinistro
- 2-il linguaggio parlato non rappresenta che una delle diverse capacità cognitive localizzate nell'emisfero sinistro

# Comprendere il linguaggio dei segni





## Organi del linguaggio



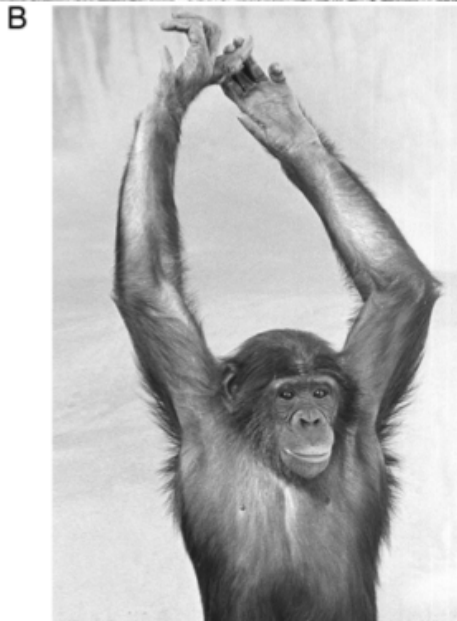
Fra tutti questi organi la lingua riveste un ruolo principale

## Gesti comunicativi con le mani



**Linguaggio e gesti condividono lo stesso substrato neurale.** [e.g., Cook et al., 2007; Goldin-Meadow and Singer, 2003; Kelly et al., 1999; Kendon, 1972; McNeill et al., 1992, 1994].

- Rizzolatti, G., & Arbib, M. A. (1998)
- L'idea è che il linguaggio parlato si è evoluto attraverso la comunicazione gestuale.
- Durante l'evoluzione i gesti hanno progressivamente lasciato spazio alla vocalizzazione



# Il sistema motorio è coinvolto nella percezione del linguaggio?

(Pulvermüller and colleagues 2006)

Percezione di parole che contengono la [p] (che coinvolge le labbra) e la [t] (che coinvolge la lingua)

- Attività modulata nel giro precentrale dove rispettivamente le labbra e la lingua sono rappresentate

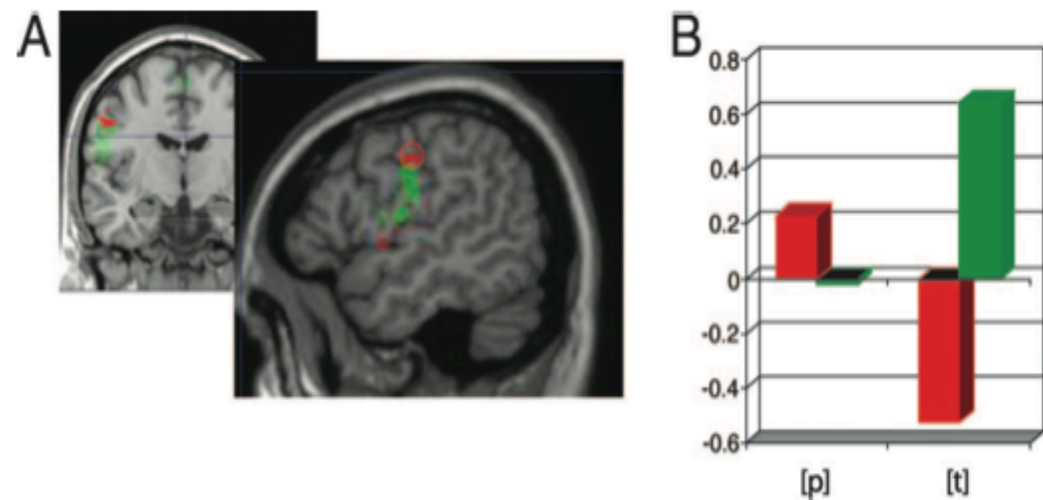
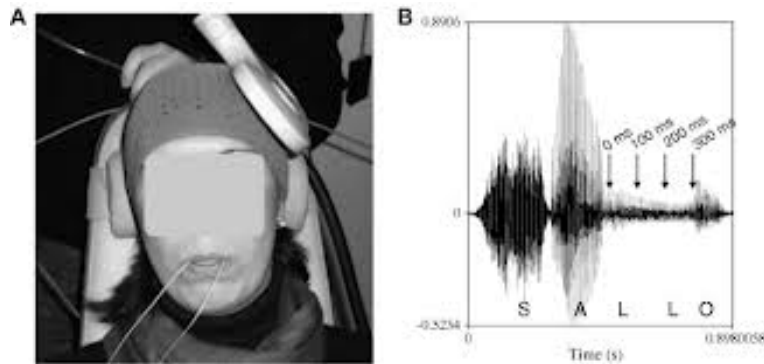


Fig. 2. Phoneme-specific activation in precentral cortex during speech perception. (A) Frontal and sagittal slices of the standard MNI brain showing activation during lip (red) and tongue (green) movement along with the ROIs centered in precentral gyrus. (B) Activation (arbitrary units) during listening to syllables including [p] and [t] in precentral ROIs where pronounced activation for lip (red) and tongue (green) movements was found. The significant interaction demonstrates differential activation of these motor areas related to perception of [p] and [t].

- Registrazione corteccia motoria mentre i soggetti ascoltano delle parole

Attività della lingua (Fadiga et al. 2002)



- E delle labbra (Watkins et al. 2003)

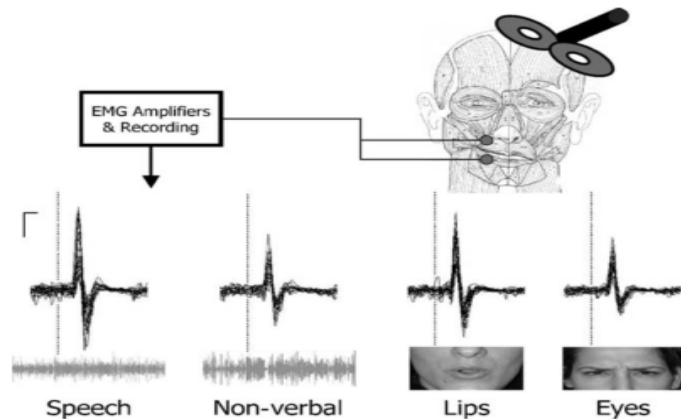
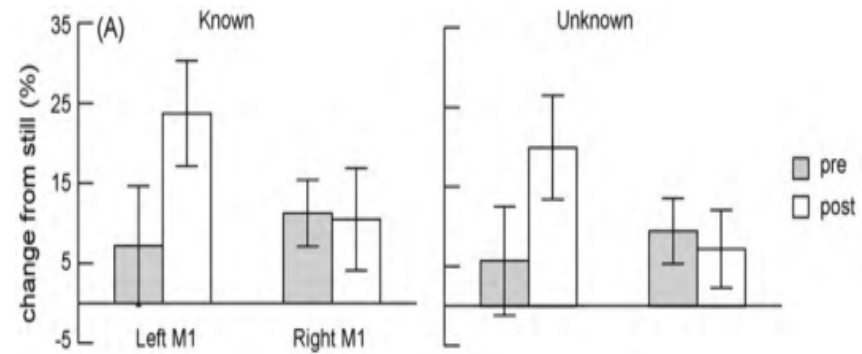




Fig. 1. Examples of signs. (A) String. (B) Magic. (C) Rain.



Möttönen et al., (2010)

Eccitabilità di M1 misurata sia nell'emisfero sinistro che destro

Prima che le persone sapessero che quei gesti rappresentavano delle parole attività di M1 di dx uguale a M1 di sx

Dopo che le persone avevano imparato il significato dei gesti (parole) eccitabilità più alta M1 dell'emisfero di sx

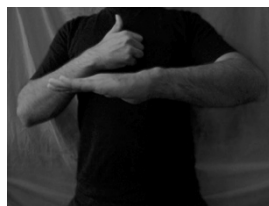
# In generale

Linguaggio e gesti che esprimono significati condividono gli stessi substrati neurali

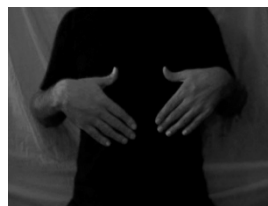
Il linguaggio parlato evolve dalla gestualità

Le regioni motorie coinvolte nella percezione del linguaggio si sovrappongono con quelle coinvolte nella produzione del linguaggio

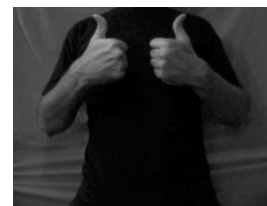
# 6 video



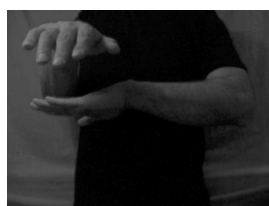
Sotto



Terre



Collisione



Notte

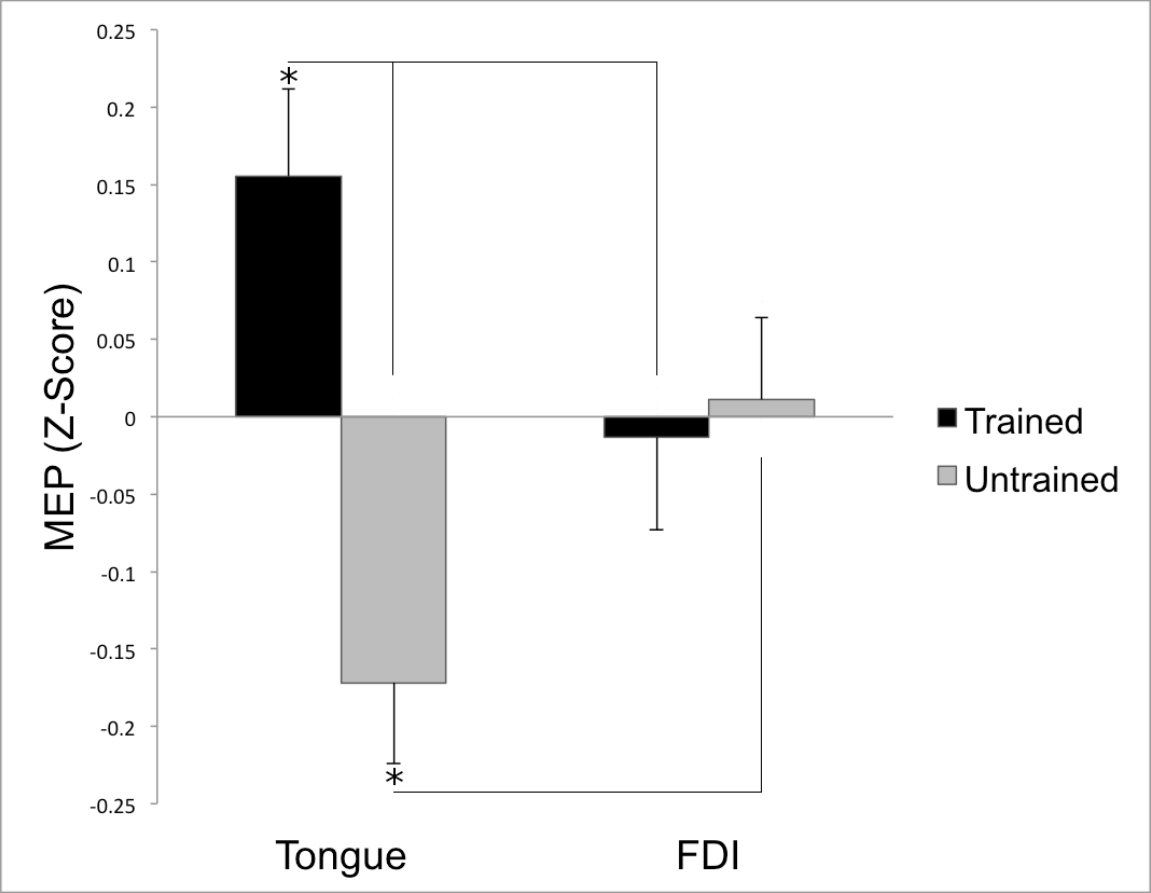


Corrente



Collana





- Il sistema motorio a livello delle mani si attiva in egual misura per gesti con e senza significato
- Il sistema motorio a livello della lingua si attiva di più se l'azione osservata ha un significato

Anche i tratti affettivi ed i diversi aspetti della personalità hanno localizzazioni anatomiche



# Esiste una localizzazione corticale per le emozioni?

- Poco si sa su questo, ma ...
- È stato possibile evocare sensazioni emotive particolari stimolando regioni cerebrali specifiche
- Una lesione dell'area temporale DESTRA omologa a quella di Wernicke (emisfero sinistro) determina disturbi della comprensione delle componenti emotive del linguaggio (ad esempio il soggetto è incapace di recepire l'intonazione di una frase).

- Una lesione dell'area frontale destra omologa a quella di Broca (emisfero sinistro) determina una alterazione della capacità di espressione delle componenti emotive del linguaggio.
- Quindi
  - 1 anche nell'emisfero destro esistono delle componenti legate al linguaggio
  - 2 ma rivestono un carattere emozionale

# Amigdala

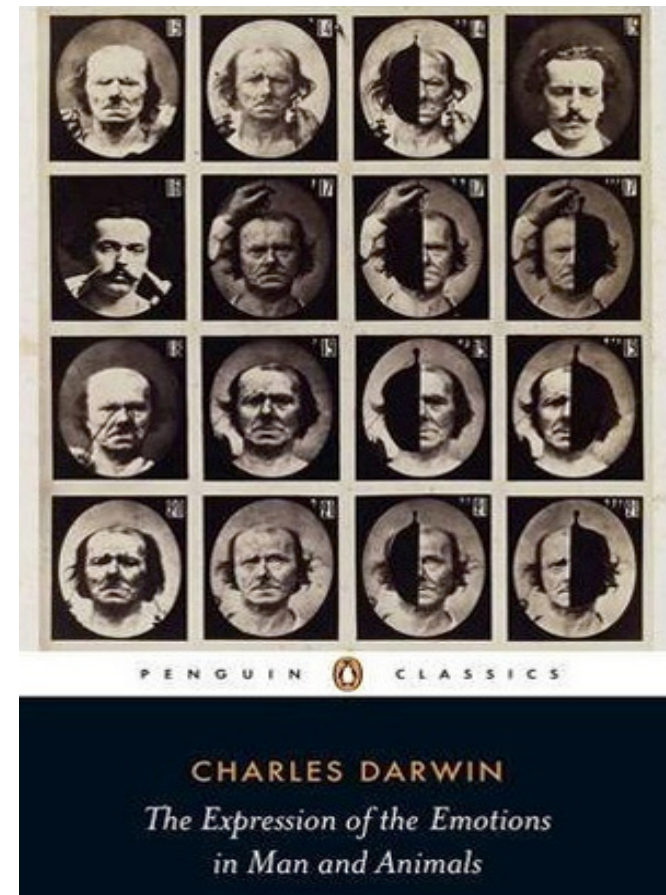
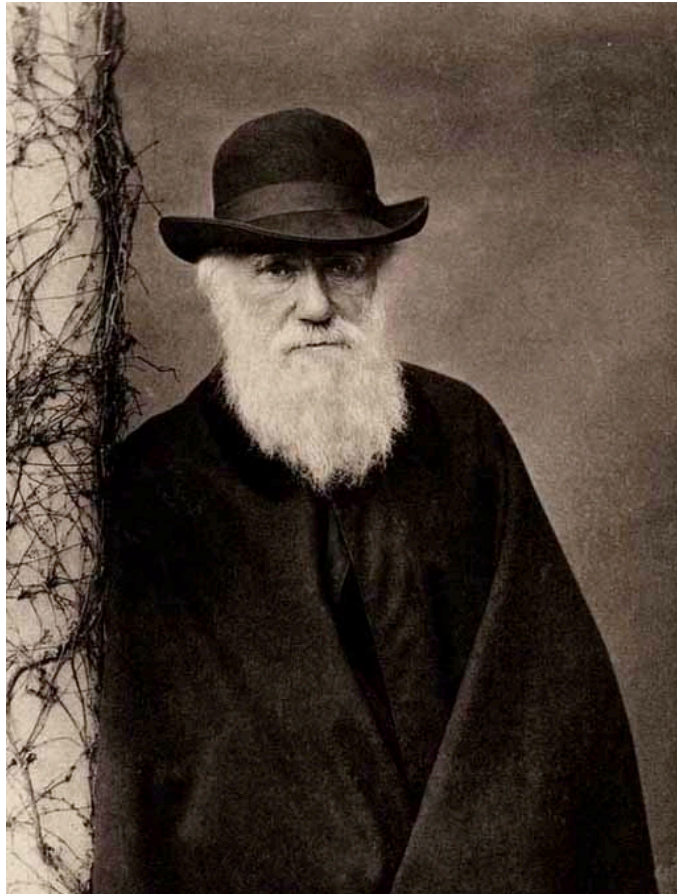
- Effetti di lesioni epilettiche hanno mostrato un ruolo centrale della amigdala nelle emozioni
- Iper attività o ipo attività

# Emozioni





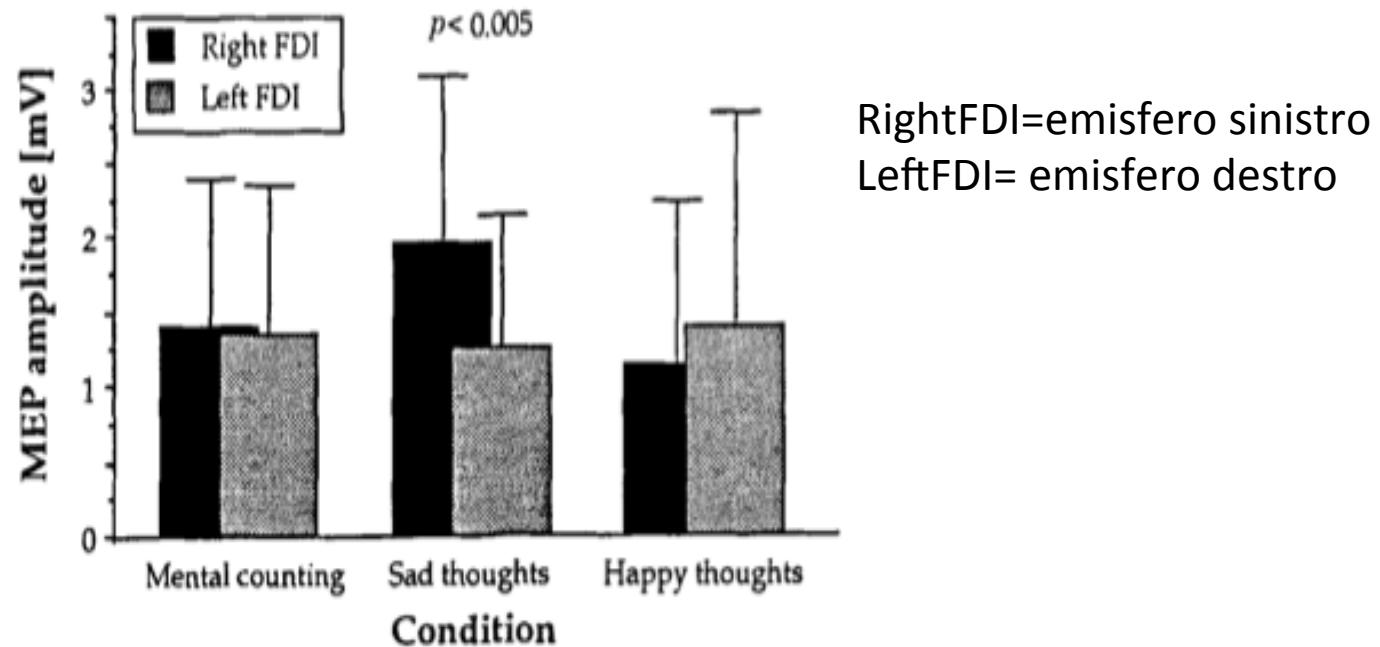
Azioni di allontanamento-→spiacevoli  
Azioni di avvicinamento-→ piacevoli





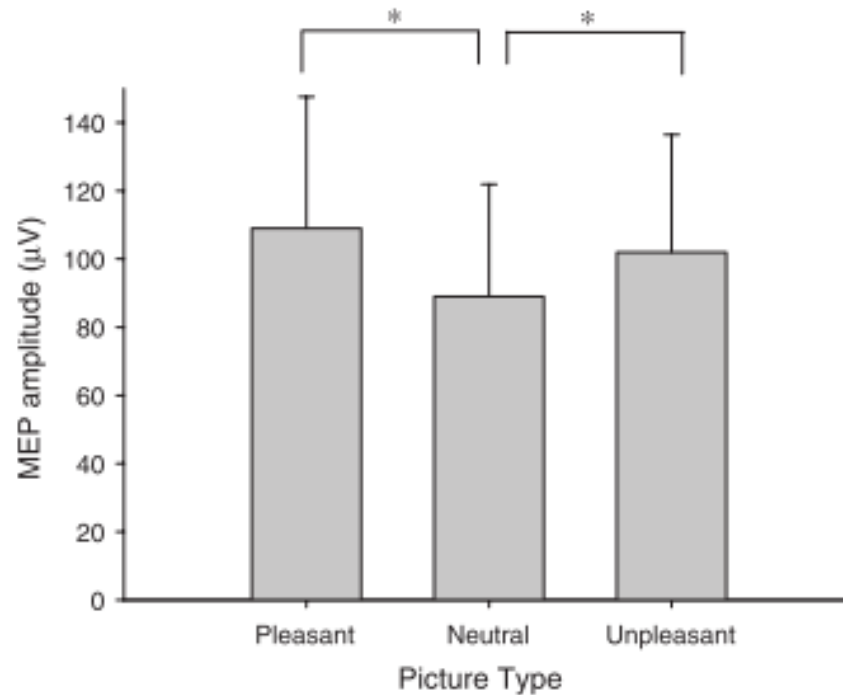
# Pensieri tristi + attivazione

- Tormos JM et al. (1997) . Neurology



# Emozioni attivano maggiormente la corteccia motoria

- Hajcak, et al., (2007). Psychophysiology

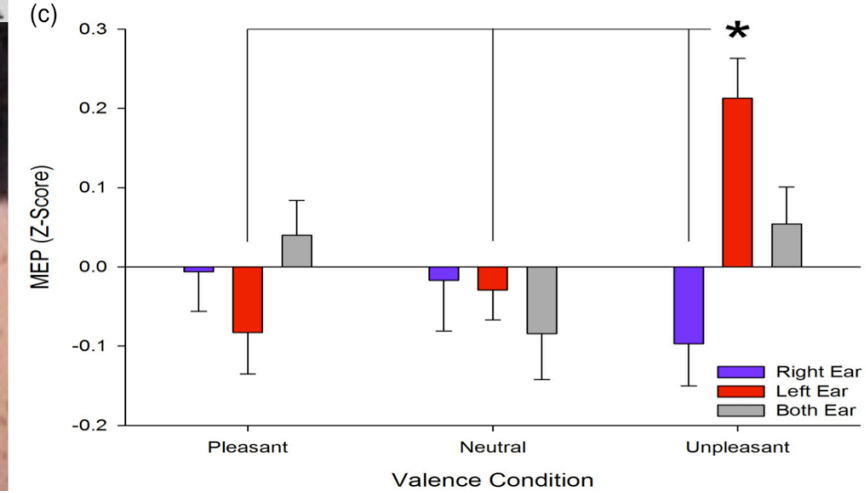
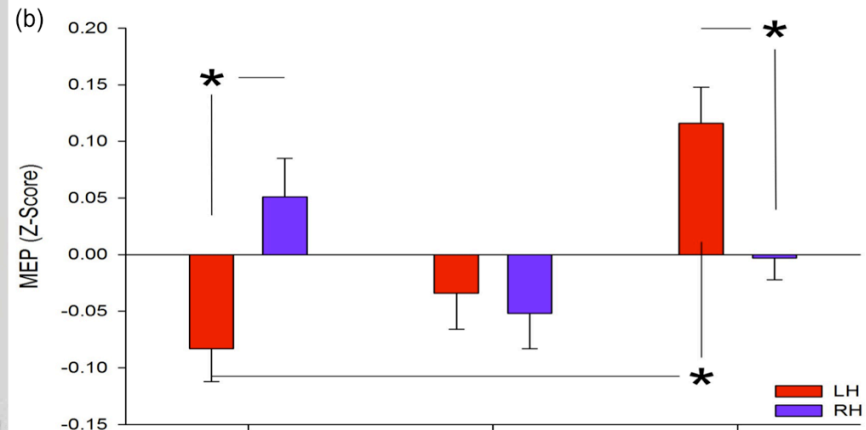
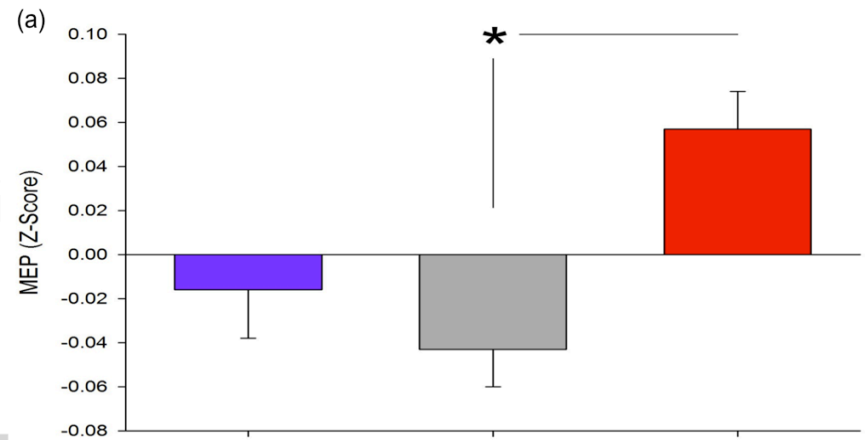
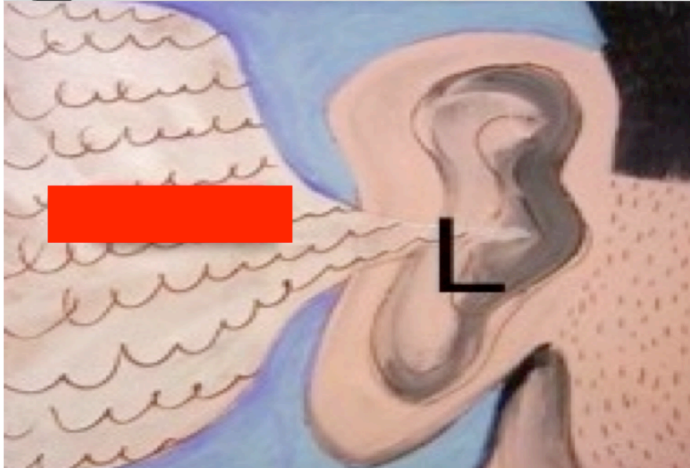
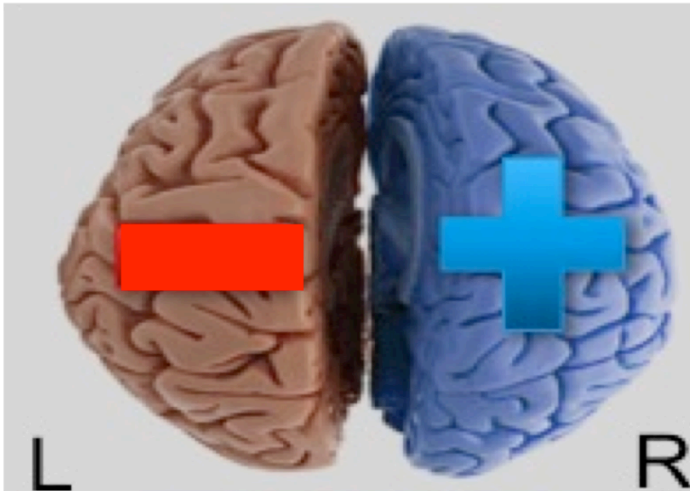


# Esperimento

- Registrare l'attività della corteccia motoria sia dall'emisfero destro che sinistro

Far sentire suoni con valenza emotiva (Piacevoli, Neutri, Spiacevoli)

far sentire i suoni da (orecchio destro, sinistro, ambedue le orecchie)



Oggi sappiamo che: i processi mentali sono rappresentati nel cervello dall'insieme delle operazioni elementari eseguite dai rispettivi circuiti nervosi

- Ogni singola regione cerebrale non è totalmente responsabile di una facoltà mentale ma è la sede di un complesso di operazioni analitiche elementari

- Una lesione che interessa un'area specifica non determina necessariamente la perdita di un'intera facoltà
- Anche se inizialmente un comportamento è compromesso esso può ricomparire mano a mano che le parti indenni del cervello riorganizzano le loro connessioni.
- Il cervello è plastico!

- I processi mentali quindi non sono posti in serie ma anche in parallelo.
- I processi mentali possono essere pensati come un complesso di linee ferroviarie che fanno capo ad un unico terminale:
  - Il cattivo funzionamento lungo una delle vie non comporta un difetto permanente nella prestazione dell'intero sistema

# Circuiti dipendenti e indipendenti

- La struttura del cervello è modulare
  - “Convivono” ed interagiscono tra loro circuiti indipendenti e dipendenti
  - Circuiti dipendenti: struttura rete neurale
  - Circuiti indipendenti: responsabili di operazioni mentali diverse che hanno sede in emisferi diversi



# Split Brain (Sperry e Gazzaniga)

- Taglio del corpo calloso e separazione fra i due emisferi
  - Ogni emisfero possiede un suo stato di coscienza in grado di funzionare indipendentemente dall'altro
    - L'emisfero destro non è in grado di parlare e non comprende il linguaggio cosa che l'emisfero sinistro sa fare
  - E' possibile quindi impartire ordini diversi a ciascuno dei due emisferi

# Split Brain

- A livello motorio:
  - Caso di un paziente che si vestiva con la mano destra e si svestiva con la sinistra
  - La mano destra è in grado di disegnare un cerchio mentre la mano sinistra sta disegnando un quadrato

- Comprendere le relazioni che intercorrono fra un processo mentale ed una particolare regione cerebrale
- Comprendere come avvengono le “compensazioni” quando una regione cerebrale viene danneggiata
- Comprendere la complessità anatomica del cervello

- Oggi per rispondere a queste domande è necessario abbinare:
- 1- Strumenti concettuali della psicologia cognitiva
- 2- Tecniche fisiologiche
- 3- Tecniche di imaging