

# PSICOLOGIA GENERALE

Mirta Fiorio

- ◉ Ricevimento: dopo lezione
- ◉ Recapiti: [mirta.fiorio@univr.it](mailto:mirta.fiorio@univr.it)

045 8425133

- ◉ Esame: colloquio orale

# PSICOLOGIA GENERALE

Testi di riferimento (APPUNTI!!):

- Legrenzi P (a cura di). Manuale di Psicologia Generale. Ed Il Mulino.
- Zorzi M, Girotto V. (a cura di) Fondamenti di psicologia generale. Ed Il Mulino.

# PSICOLOGIA GENERALE

## Programma:

1. I metodi in psicologia sperimentale
2. Il ciclo “percezione-azione”
3. Il movimento
4. Ruolo della psicologia sperimentale nella neuro-riabilitazione
5. L'attenzione
6. La memoria e l'apprendimento
7. Il linguaggio

# Storia della psicologia

Come è nata la psicologia sperimentale?

# PSICOLOGIA E SCIENZA

*Psychè* e *logos* = scienza dell'anima.  
Ma il termine è stato creato nel  
rinascimento.

La psicologia è oggi una scienza della  
natura, una scienza empirica, al  
contrario delle scienze formali come  
la matematica e la logica.

Studio scientifico del comportamento  
e dei processi mentali.

Psicologo  
Psicoterapeut  
a  
Psichiatra



# La misurazione dell'attività psichica

## *Il contributo dell'Astronomia*

Nel 1800 le osservazioni astronomiche consistevano nella misurazione del tempo di passaggio dei corpi celesti scandito da un metronomo, attraverso un retino applicato sul telescopio.

Il tutto dipendeva quindi strettamente dall'abilità di ogni singolo astronomo nelle *misurazioni occhio-orecchio*.

Un astronomo, **Bessel** (1861), notò che le misurazioni variavano molto tra i diversi osservatori e in base al momento della giornata, alla stanchezza, all'attenzione ...  
... c'era un fattore *soggettivo*, detto *equazione personale* che influiva sul tempo di rilevazione.

# La Fisiologia e la conduzione nervosa

Misurare la **velocità di conduzione** degli impulsi nervosi.

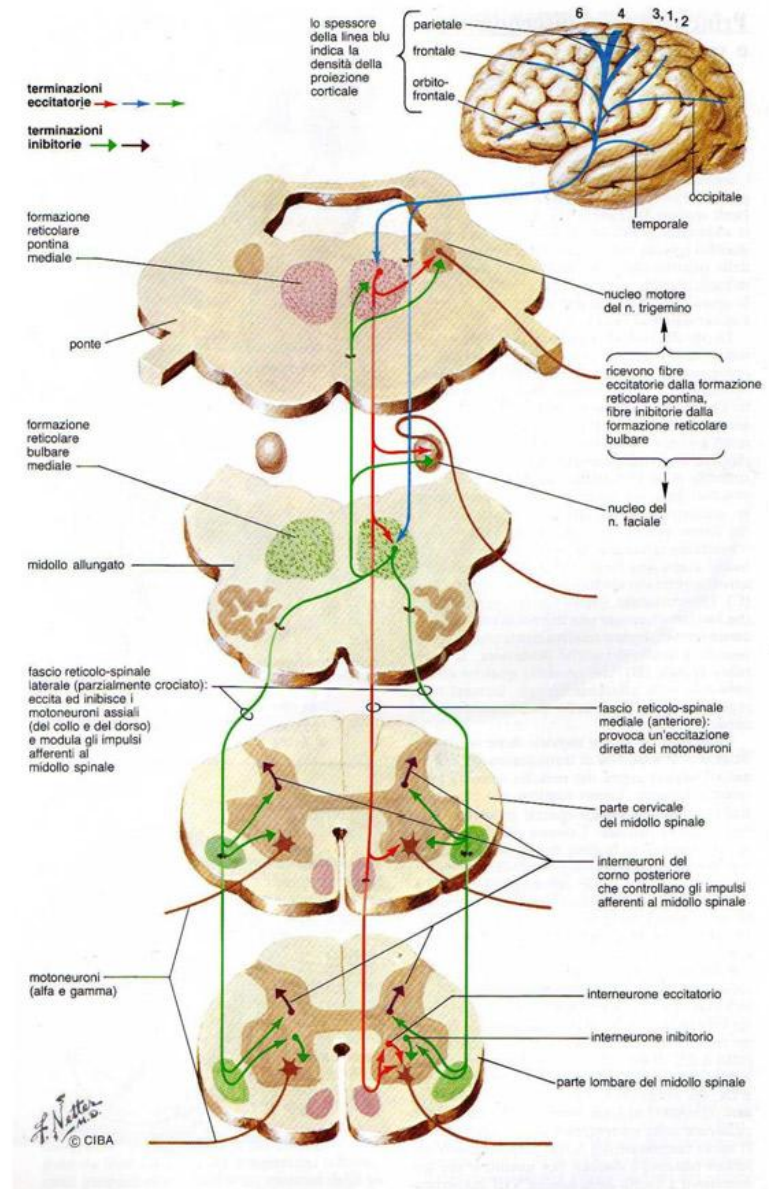
**Müller** (1844). La velocità degli impulsi nervosi è infinita e non può essere misurata. Definì il principio dell'**energia nervosa specifica**, in base al quale la natura degli impulsi trasmessi non dipende dagli agenti che hanno stimolato, ma dalla natura del nervo.

**Von Helmholtz** (1850). **Cronometria**: la conduzione richiede un tempo definito e può essere misurata.

**Teoria tricromatica**: la percezione del colore deriva dall'esistenza nella retina di tre tipi di recettori, i coni sensibili a tre lunghezze d'onda della luce, rosso, verde e blu.

**Exner** (1873). **Tempo di reazione**. Misurò la velocità di conduzione stimolando in diversi punti del corpo.

*Per ora ancora siamo ancora ad un livello nettamente **fisiologico** e non **psicologico**!!*



# Dalla Fisiologia alla Psicologia sperimentale

## Donders (1818-1889)

La complessità dei processi mentali può essere misurata calcolando le differenze di tempo necessario allo svolgimento di processi mentali diversi.

**Metodo cronometrico:** usato per calcolare il tempo di esecuzione mentale in diverse funzioni cognitive: attenzione, memoria ecc...





# La Psicologia Fisiologia



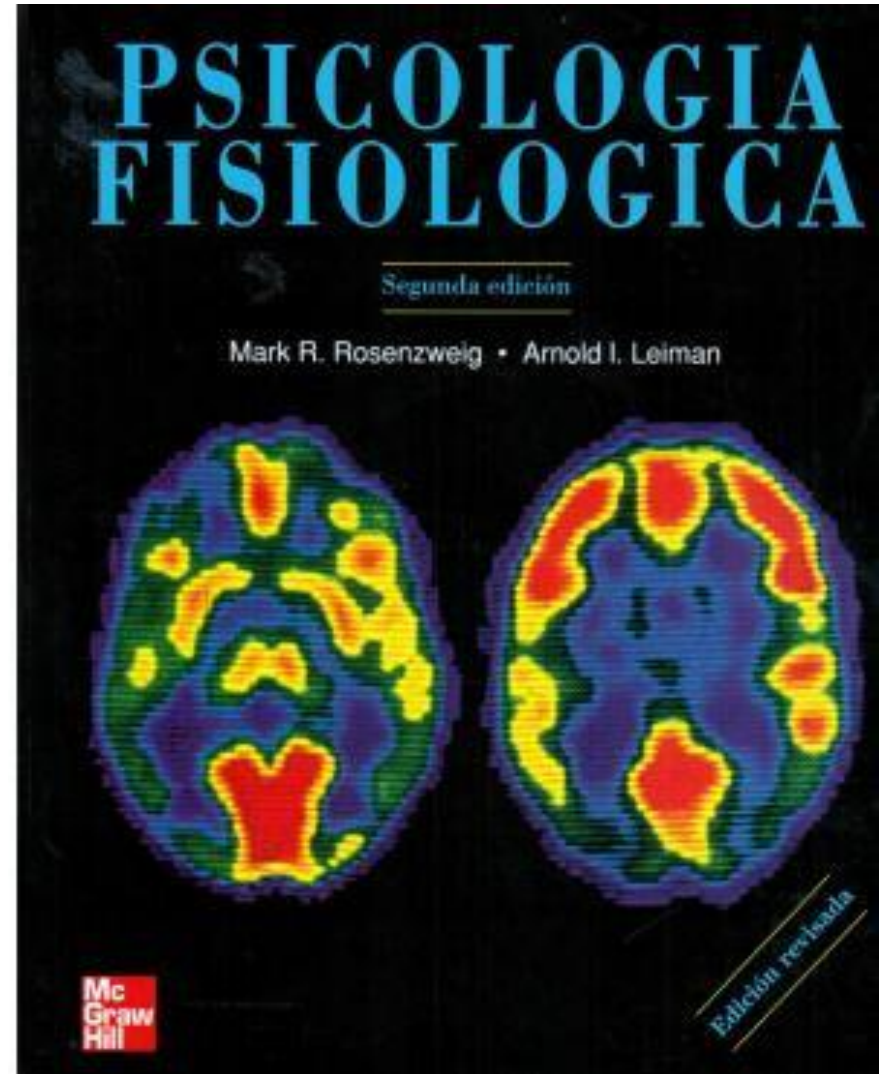
*Wilhelm Max Wundt (1832-1920)*

Il metodo cronometrico venne usato anche da Wundt, allievo di von Helmholtz.

È considerato uno dei padri fondatori della psicologia sperimentale, in particolare chiamò la sua disciplina: psicologia fisiologica.

Wundt ha realizzato il primo laboratorio di Psicologia nel 1879 a Lipsia.

La sua idea era di trattare la psicologia come le altre scienze esatte, fisica, chimica, medicina.



## La psicologia della Gestalt

Si occupa dei processi cognitivi, tra cui percezione e pensiero. **Wertheimer** (1912) formulò delle leggi di organizzazione dei processi percettivi.

## Comportamentismo

**Watson** (1913): l'oggetto di studio è il comportamento inteso come l'insieme delle risposte muscolari e ghiandolari. Il metodo di studio è quello sperimentale in cui si considerano gli stimoli ambientali come variabili indipendenti e il comportamento come variabile dipendente.

## Cognitivismo

Nasce come opposizione al comportamentismo. L'oggetto di studio sono i processi cognitivi. Il metodo è di vario tipo. **Neisser** (1967) studiare il processo di elaborazione delle informazioni. Metodo sia introspezione sia comportamento.

# La psicologia come scienza biologica

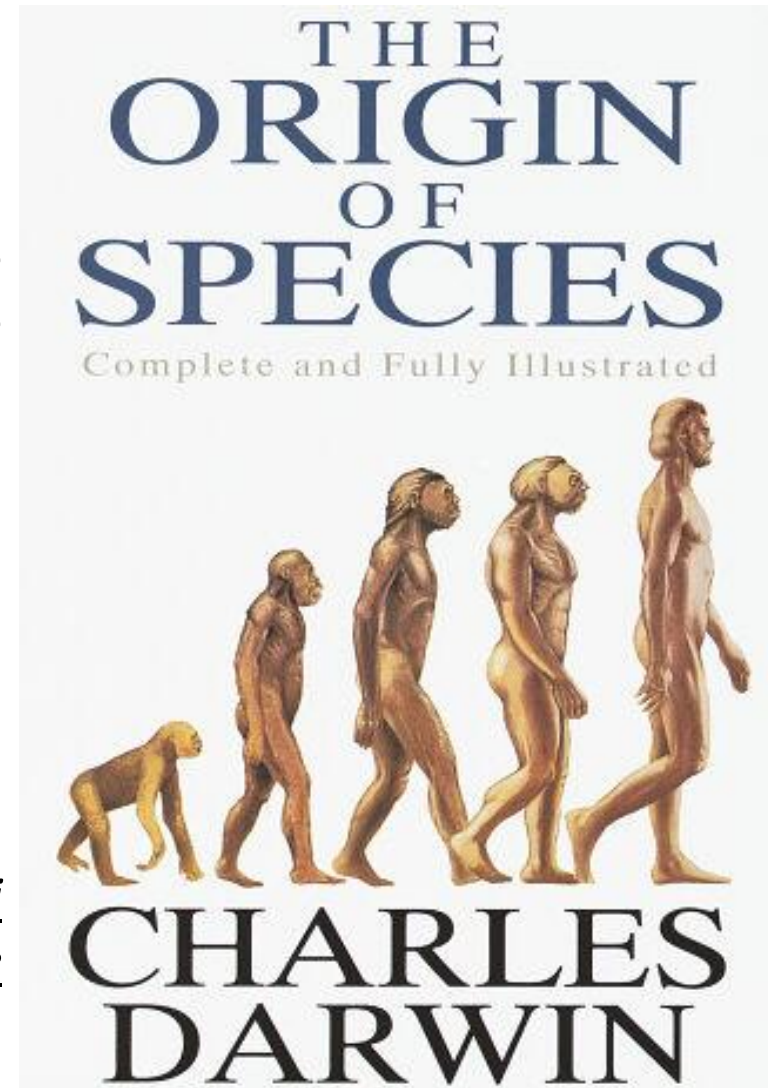
- ⊙ Studia il **comportamento** e le **funzioni cognitive**.
- ⊙ **Scienza biologica** perché:
  - Gli esseri umani sono il prodotto dell'evoluzione. Possiamo fare confronti con i comportamenti di altre specie. L'evoluzione modella il comportamento umano.
  - Il comportamento e le funzioni cognitive dipendono dal sistema nervoso.

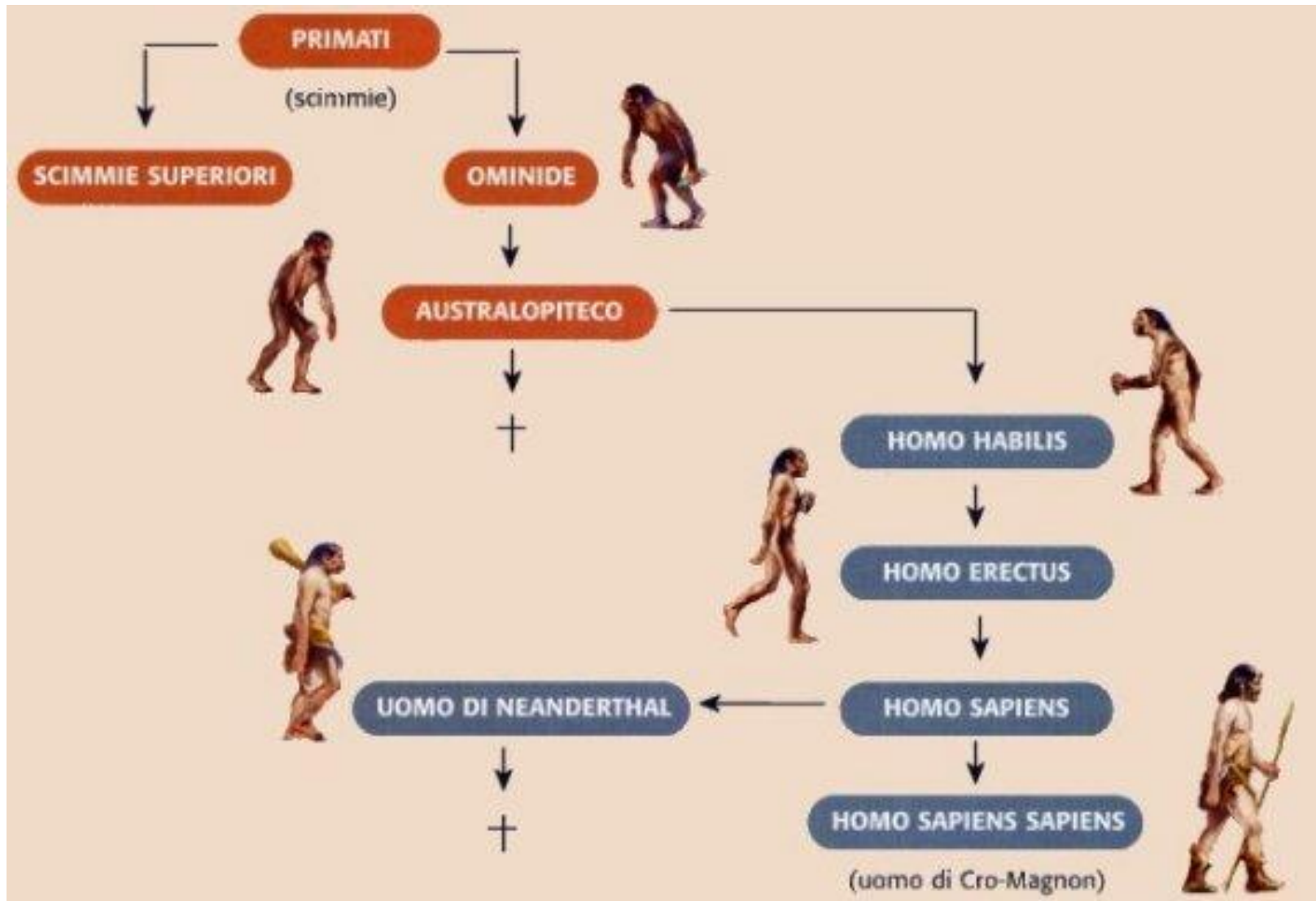
# Psicologia evoluzionistica

- Studia l'evoluzione del comportamento umano.
- Una disciplina associata è la **sociobiologia** che applica i principi dell'evoluzione allo studio del comportamento sociale.
- Il comportamento animale è interpretato come finalizzato ad aumentare la proporzione dei geni dell'individuo nella generazione successiva.

# Psicologia evolutivista

- ✓ L'evoluzione segue la **selezione naturale**: l'individuo con le caratteristiche più adatte sopravvive.
- ✓ Le **mutazioni genetiche** vantaggiose possono aumentare il livello di adattamento dell'individuo all'ambiente e quindi rappresentano un vantaggio selettivo.
- ✓ Noi non discendiamo da nessuna delle specie attualmente esistenti: la nostra linea di discendenza si è separata da quella degli scimpanzé partendo da un antenato comune circa 5-7 milioni di anni fa.
- ✓ Condividiamo comunque molti geni e meccanismi fisiologici con altre specie. Quindi studiando le altre specie possiamo capire meglio anche la nostra.





# Fattori interagenti

✓ Ambiente

✓ Caso

✓ Geni

Il corredo genetico di un individuo costituisce il suo **genotipo**. Il modo in cui un gene esercita i suoi effetti dipende dall'**influenza ambientale**. L'espressione genetica di un individuo costituisce il suo **fenotipo**.

Per i processi **psicologici**, i fattori genetici e ambientali interagiscono dando origine al fenotipo comportamentale.

I geni non determinano i comportamenti; producono molecole che influenzano le caratteristiche strutturali (es. strutture cerebrali, recettori ...) e queste caratteristiche influenzano il comportamento.

# Fattori interagenti

Gli esseri umani condividono circa il **98% del DNA** con altri primati (scimpanzé e gorilla)

Questo vuol dire che circa il 2% del DNA che non condividiamo con altre specie è di importanza estrema e stabilisce la nostra differenziazione dagli altri primati.

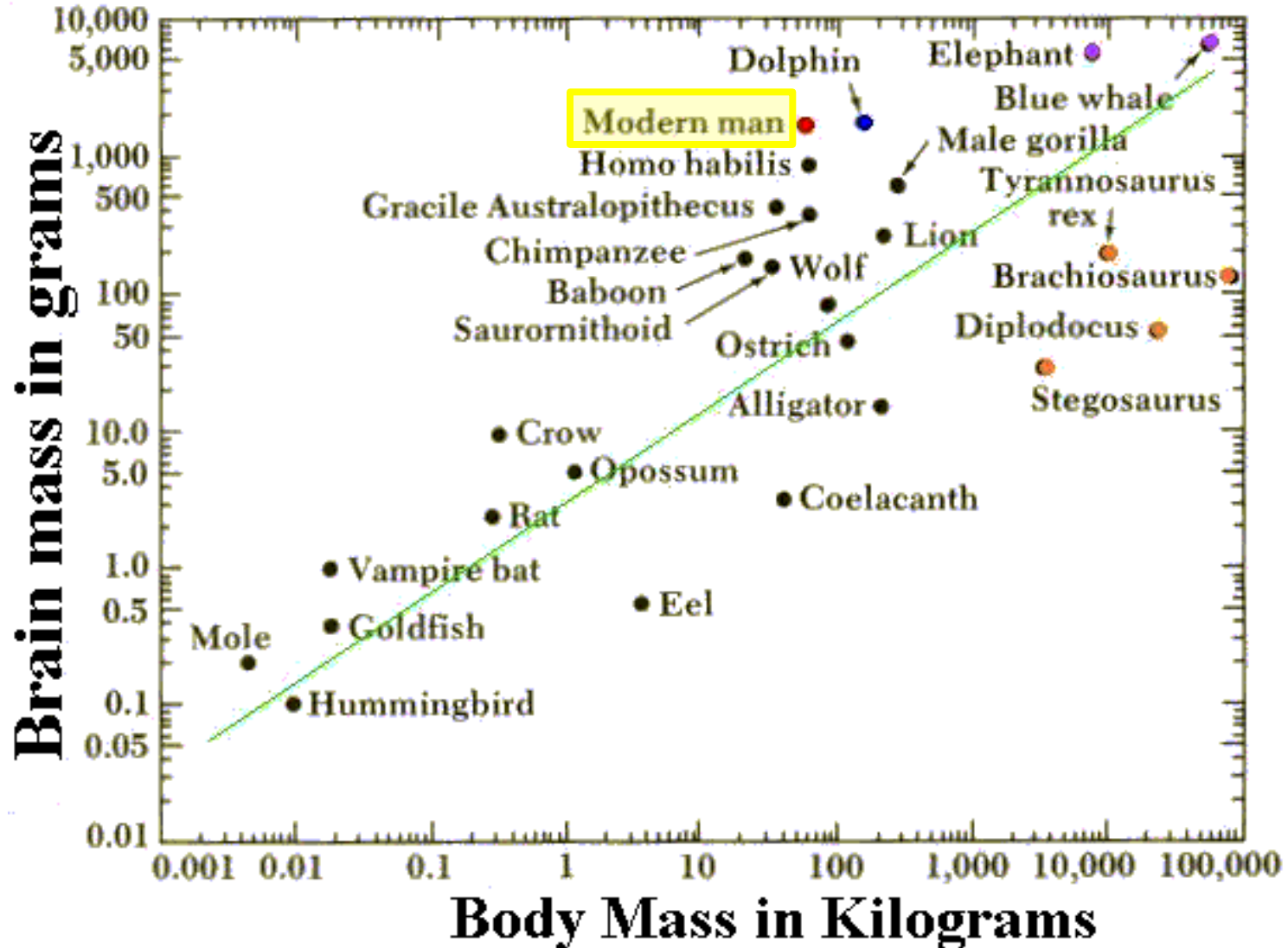


**Cosa ci differenzia di più dalle altre specie dal punto di vista evolutivo?**



# Processo di encefalizzazione

Evoluzione di un cervello di volume progressivamente maggiore in rapporto alla massa corporea



# Il cervello



Quindi importante studiare il funzionamento del cervello!

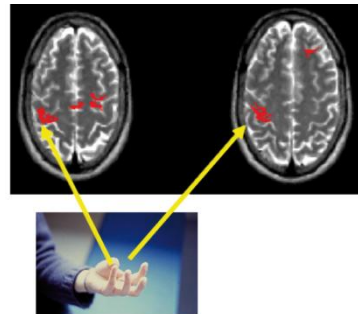
Nel 1875, grazie alla scoperta delle **tecniche di colorazione** (da parte di un italiano, **Camillo Golgi**), è stato possibile studiare al microscopio le cellule che per la maggior parte costituiscono il cervello: i **NEURONI**.

# Neuroscienze cognitive

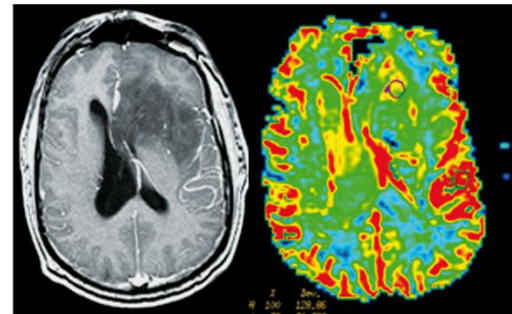
Studiano come il cervello realizza le funzioni cognitive.

Si basano su nuove tecniche di studio del cervello e studiano il funzionamento cerebrale mentre i soggetti sperimentali svolgono un compito cognitivo.

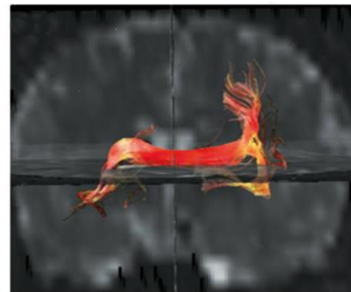
Tecniche di neuroimaging e di registrazione/stimolazione elettrica e magnetica.



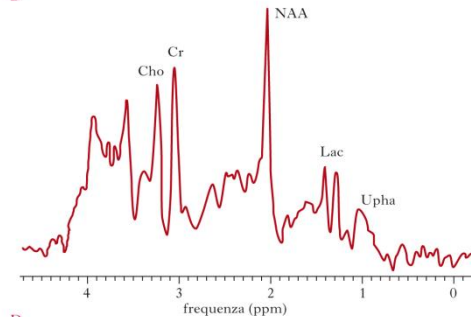
A



B



C



D

# Alcuni metodi di indagine in psicologia

- ✓ La psicofisica
- ✓ I metodi cronometrici
- ✓ La neuropsicologia
- ✓ La neuroimmagine funzionale
- ✓ La stimolazione magnetica

# Psicofisica: quantificare l'esperienza percettiva



# Mondo fisico vs. mondo fenomenico

- ◉ Mondo fisico: le proprietà degli oggetti non cambiano
- ◉ Mondo fenomenico: uno stesso oggetto può apparire diverso a seconda, ad esempio, del punto di vista dell'osservatore



# PSICOFISICA

Metodo scientifico per lo studio della relazione tra mondo fisico e mondo fenomenico.

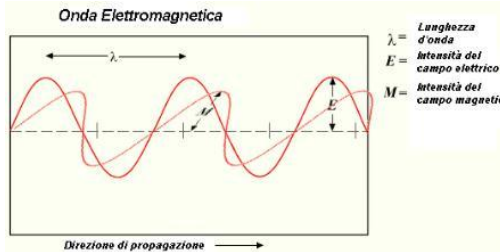
## Obiettivi:

- Studiare con metodi oggettivi delle variabili soggettive (percepto).
- Definire il rapporto tra grandezze fisiche e grandezze percepite.



# Catena psicofisica

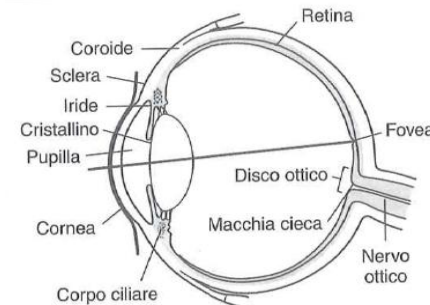
## Stimolo distale



Stimolo dell'ambiente  
Es. luce riflessa dalla  
superficie di un oggetto



## Stimolo prossimale



Attivazione organi di senso  
Es. Immagine dell'oggetto  
sulla retina

## Percetto



Sintesi soggettiva  
dei dati sensoriali  
Es. Questo è un  
albero

Esperienza soggettiva dovuta all'elaborazione ed interpretazione delle modificazioni che lo stimolo prossimale ha creato negli organi di senso.

## 3 fasi

- 1) Uno stimolo fisico
- 2) Eventi attraverso i quali lo stimolo viene trasdotto in un messaggio costituito da impulsi nervosi
- 3) Una risposta al messaggio, costituita dalla percezione o esperienza cosciente delle sensazioni

# PSICOFISICA

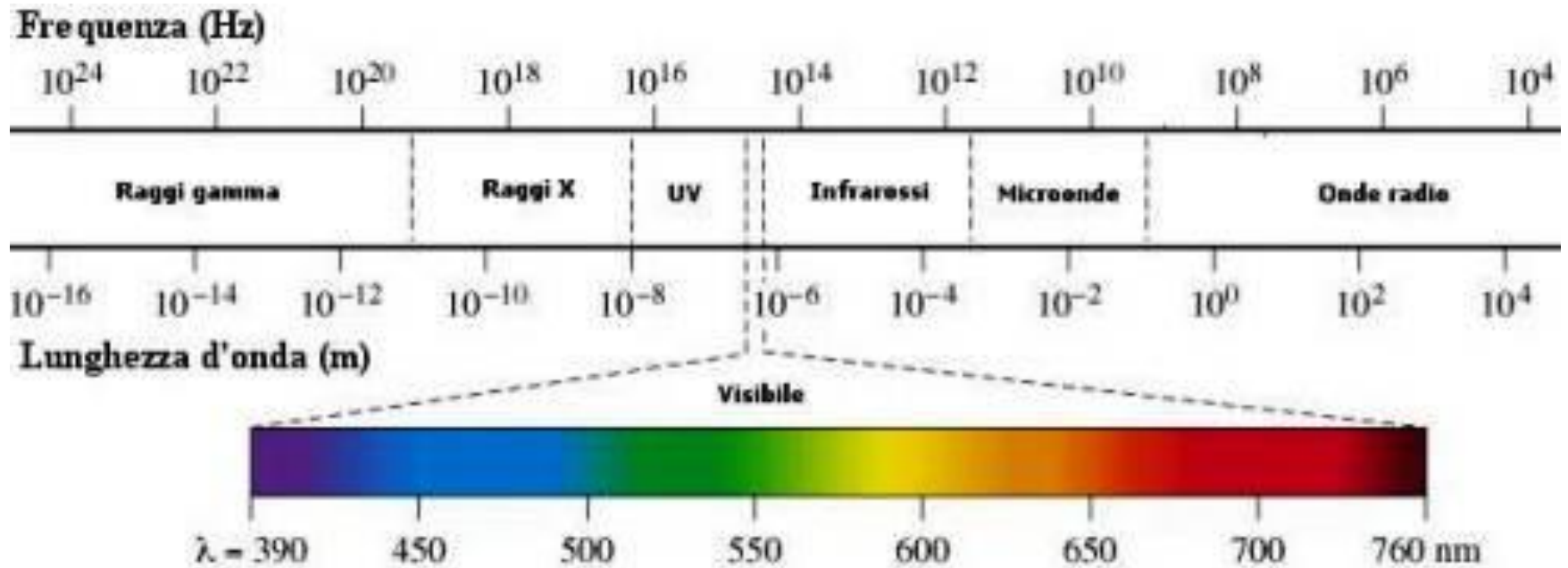
Concetti base della psicofisica

**STIMOLO**: qualsiasi forma di energia fisica in grado di elicitare una reazione.

Dalla reazione del soggetto è possibile stabilire se c'è stata ricezione dello stimolo = **RISPOSTA**.

*MA ... non tutte le forme di energia sono in grado di produrre reazioni !!*

# Radiazioni elettromagnetiche



Siamo in grado di vedere solo una parte delle radiazioni elettromagnetiche (tra i 400 e i 770 nanometri)

Quanto deve essere intenso uno stimolo per produrre una sensazione?

L'intensità dello stimolo tale da produrre una sensazione è assoluta o varia in base alle condizioni esterne?

Come vengono distinti due stimoli di intensità diversa?

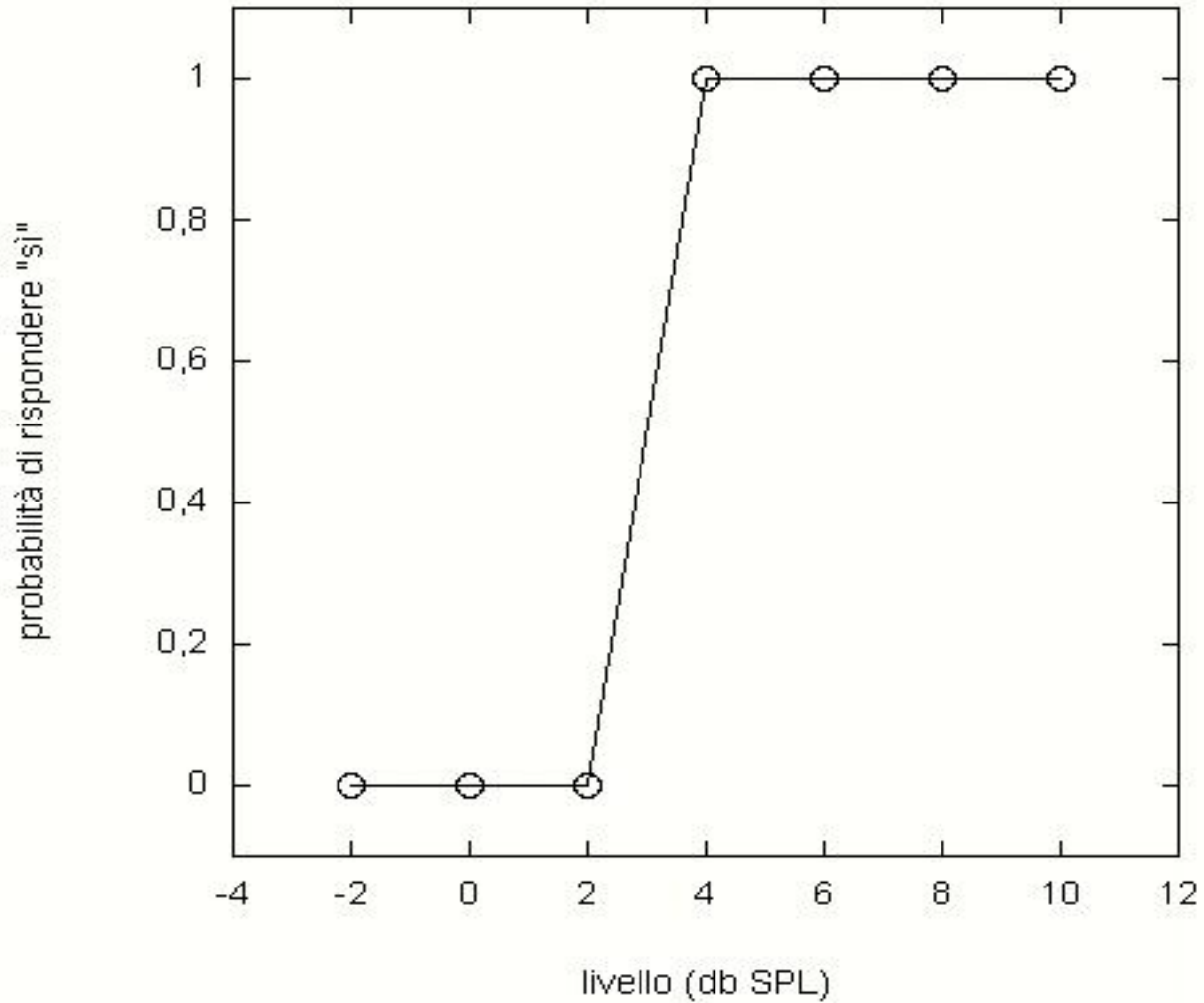


## SOGLIA PSICOFISICA

SOGLIA ASSOLUTA: la più bassa intensità dello stimolo capace di produrre una sensazione.

SOGLIA DIFFERENZIALE: l'intensità per la quale uno stimolo deve differire da un altro affinché la differenza possa dar luogo a una sensazione.

# Soglia assoluta

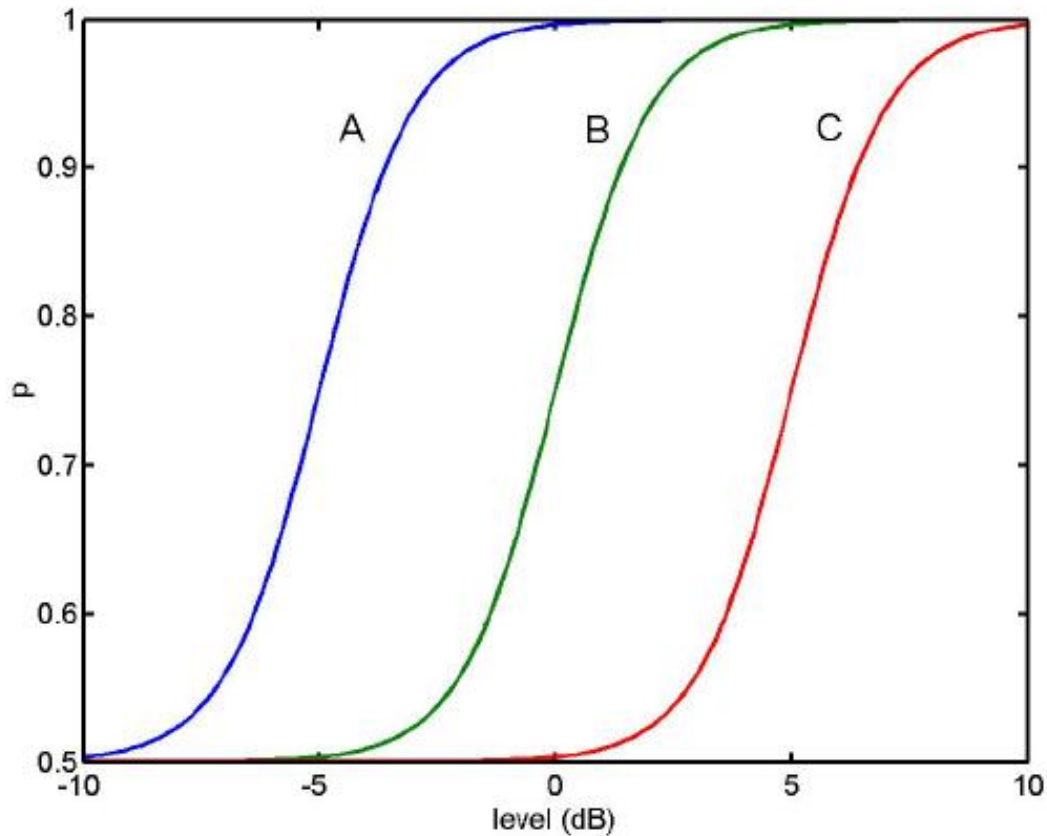


# Soglia assoluta

- ⊙ Il passaggio da SI a NO non è “tutto-nulla”, ma graduale ....
- ⊙ Ripetendo la misurazione più volte, il passaggio da “sì” a “no” non avverrà sempre in corrispondenza dello stesso valore di intensità, ma ogni volta a valori diversi ....



# Funzione psicometrica



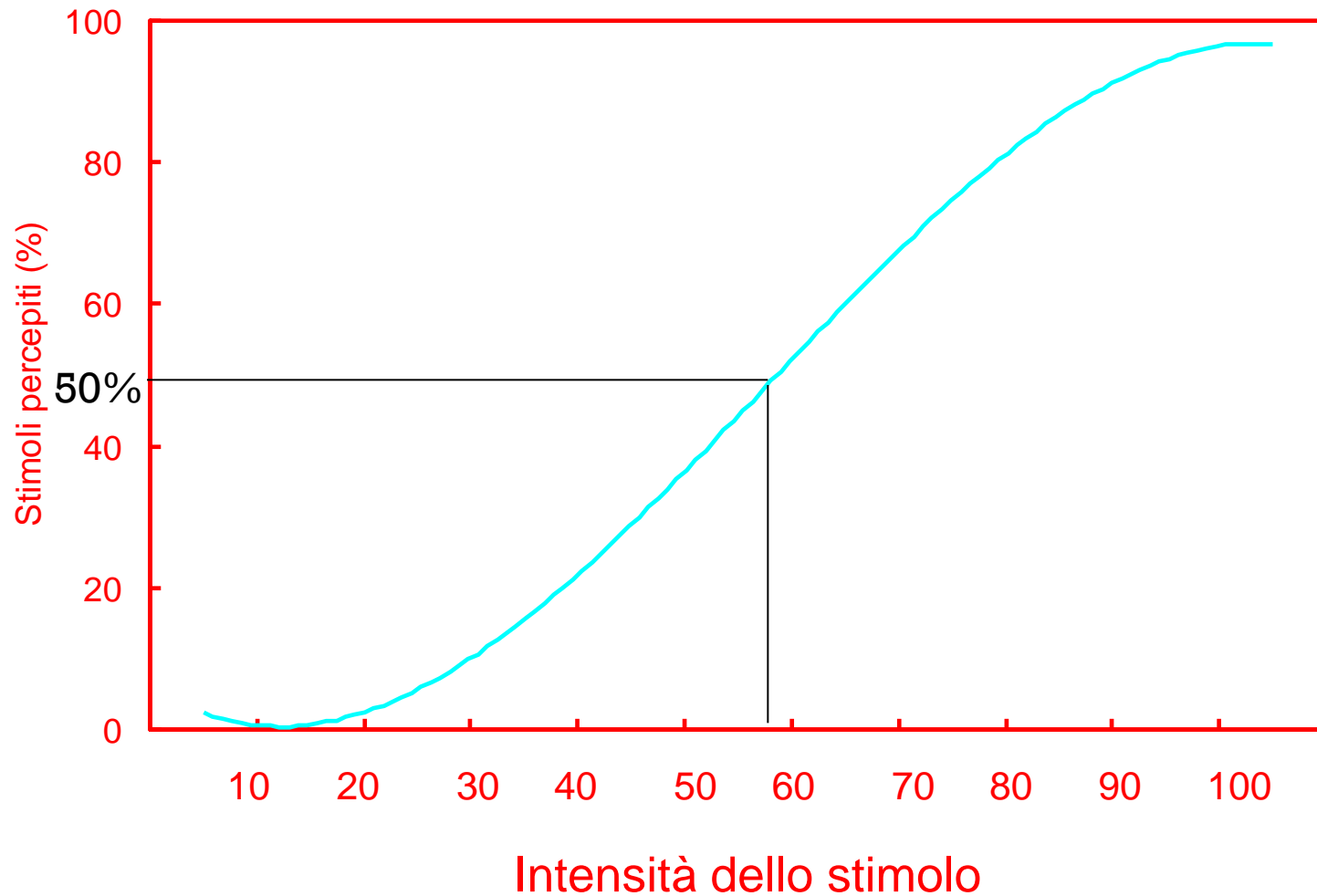
La gradualità è espressa dalla funzione psicometrica

Queste fluttuazioni sono legate a diversi fattori: condizioni ambientali, stanchezza, attenzione, motivazione, criteri di risposta ...

# Soglia assoluta

Per convenzione si definisce soglia assoluta quel valore dello stimolo al quale il soggetto risponde affermativamente il 50% delle volte.

# Soglia assoluta



# Soglia differenziale

- La soglia assoluta delimita i confini della nostra percezione (valori fisici massimi e minimi entro cui abbiamo delle sensazioni).
- Ma quante sensazioni differenti proviamo entro questa gamma?

# Soglia differenziale

Minimo cambiamento percepito (Differenza appena percepibile).

L'insieme delle nostre sensazioni va dalla soglia assoluta inferiore a quella superiore e si suddivide in tanti passi quanti sono le soglie differenziali.

# Weber

Weber, studiando il tatto e l'udito ha scoperto che se si presenta al soggetto in una modalità sensoriale uno stimolo di una certa intensità  $I$  e si cerca poi di vedere di quanto questo stimolo debba essere fatto variare affinché il soggetto percepisca l'avvenuta variazione, questa differenza appena percepibile ( $\Delta I$ ) non è costante, ma dipende dal valore iniziale di  $I$ . Ciò che è costante (*detto costante di Weber,  $k$* ) è il rapporto tra  $\Delta I$  e  $I$ .



# Weber

Metodo delle minime differenze percepibili.



Esempio:

un peso di **1Kg** è facilmente riconoscibile da uno di 2Kg, mentre un peso di **10Kg** è difficilmente distinguibile da uno di 11kg, nonostante la differenza tra i due sia sempre di 1Kg.

*La sensibilità dei sistemi sensoriali alle differenze di intensità dipende dall'intensità iniziale degli stimoli stessi.*

# Legge di Weber

$$\Delta I / I = K$$

**I** = intensità dello stimolo

**$\Delta I$**  = differenza appena percepibile -> quanto lo stimolo deve essere fatto variare perché il soggetto percepisca la variazione

**K** = costante



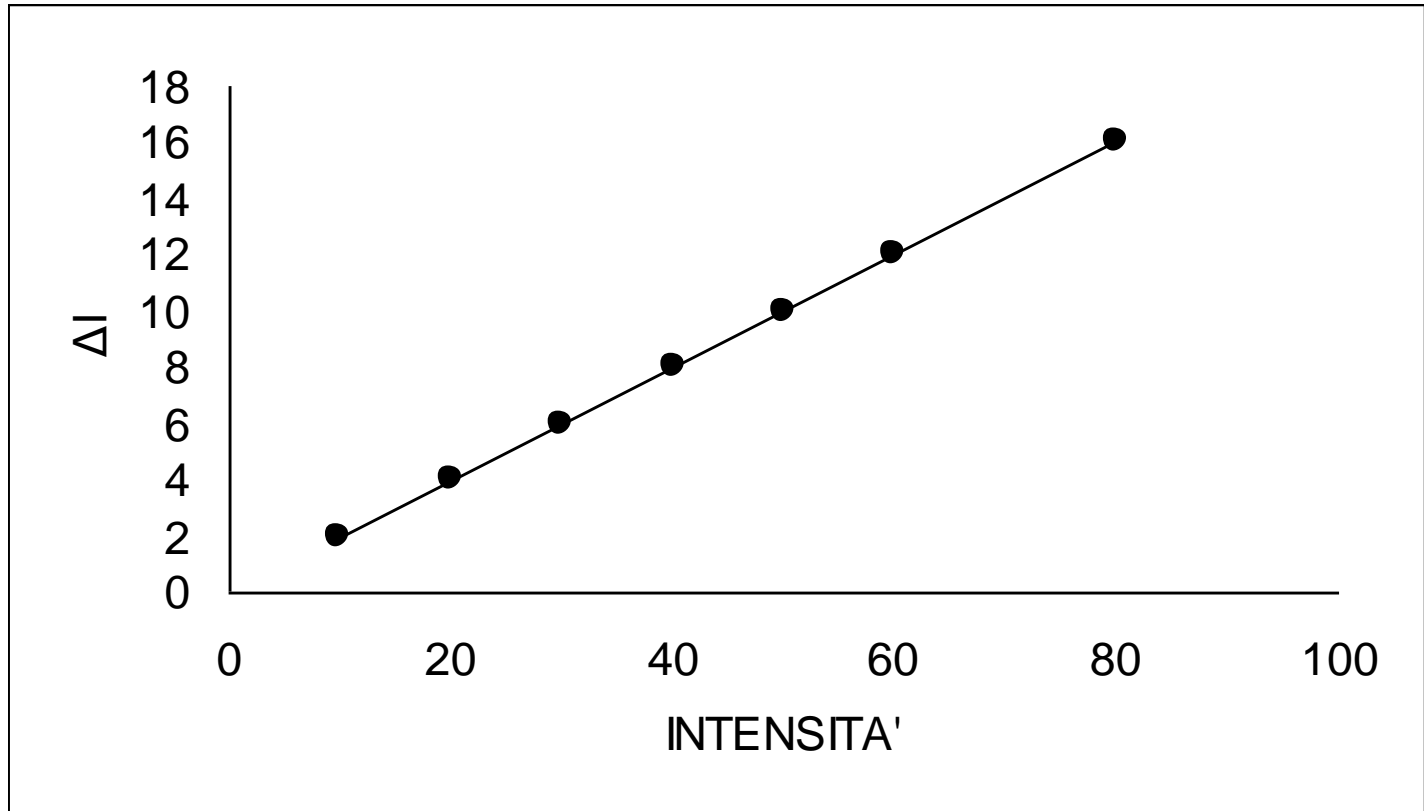
# Weber

$$\Delta I / I = K$$

I	I + ΔI	ΔI	ΔI/I	
50Kg	51Kg	1Kg	0.02	
70Kg	71,4Kg	1,4Kg	0.02	[0.02 • 70 = 1,4 ]
100Kg	102Kg	2Kg	0.02	

- *Maggiore* è il valore oggettivo dello stimolo, *tanto più esso andrà aumentato* (o diminuito) per provocare un cambiamento nella sensazione soggettiva corrispondente.
- Il rapporto tra l'intensità dello stimolo e la quantità da aggiungere (o togliere) è *costante*.

# Weber



All'aumentare del valore dello stimolo, aumenta l'intensità differenziale.

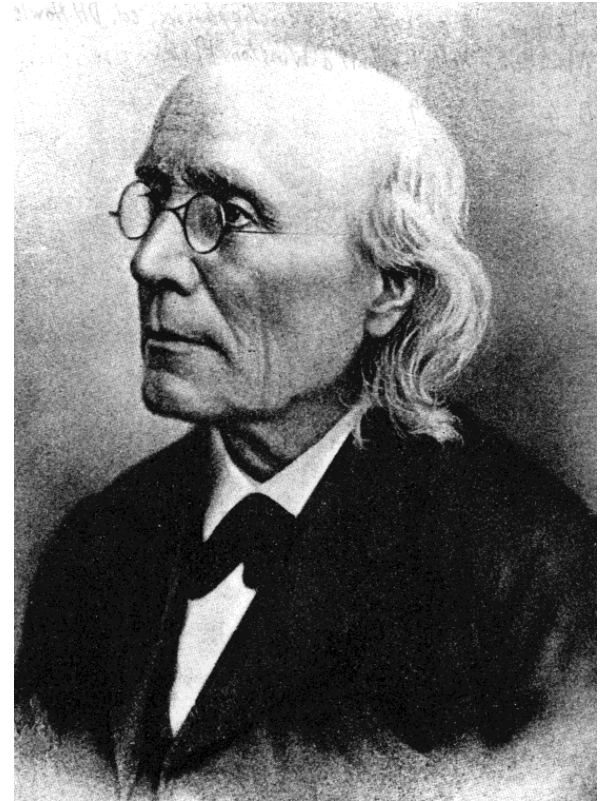
# Fechner

Al continuum fisico dello stimolo corrisponde un *continuum della risposta*.

Intensità della stimolazione e della sensazione sono dimensioni *quantificabili*.

Le soglie differenziali di Weber hanno un *valore unitario* nella dimensione quantitativa della sensazione soggettiva.

Per produrre una stessa differenza nella sensazione, servono *incrementi dello stimolo progressivamente più grandi*.



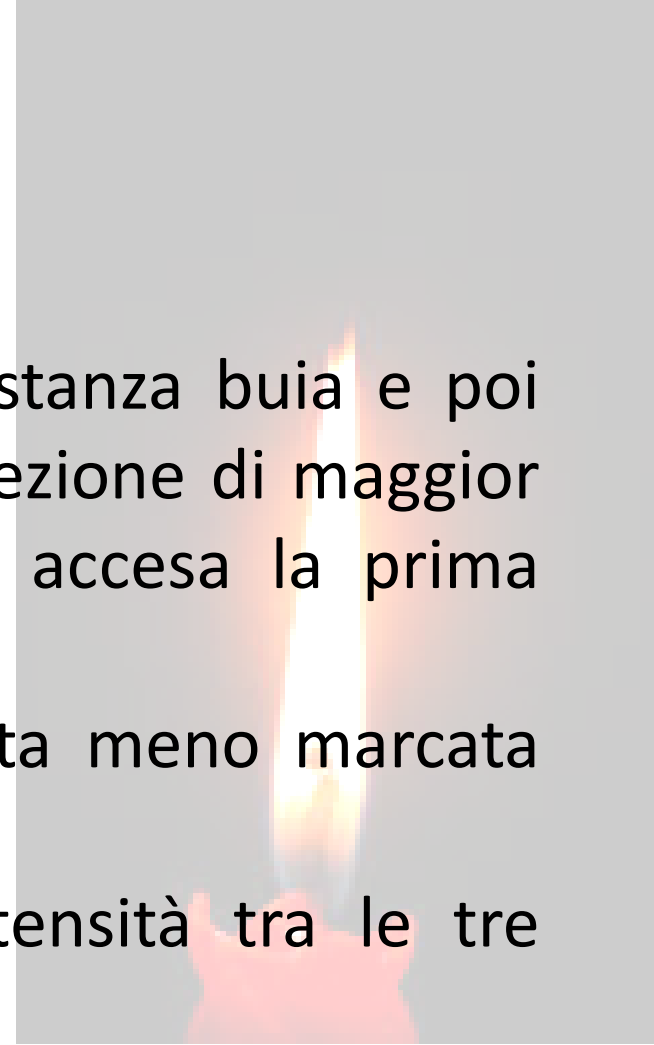
## ● Esempio:

Se accendiamo una candela in una stanza buia e poi una seconda e poi una terza, la percezione di maggior cambiamento si avrà quando viene accesa la prima candela.

La percezione della differenza diventa meno marcata quando si passa da due a tre candele.

In realtà le differenze fisiche di intensità tra le tre candele sono sempre le stesse.

Ciò che cambia è la compressione della sensazione all'aumentare della stimolazione.



# Legge di Weber-Fechner

$$R = K \log I$$

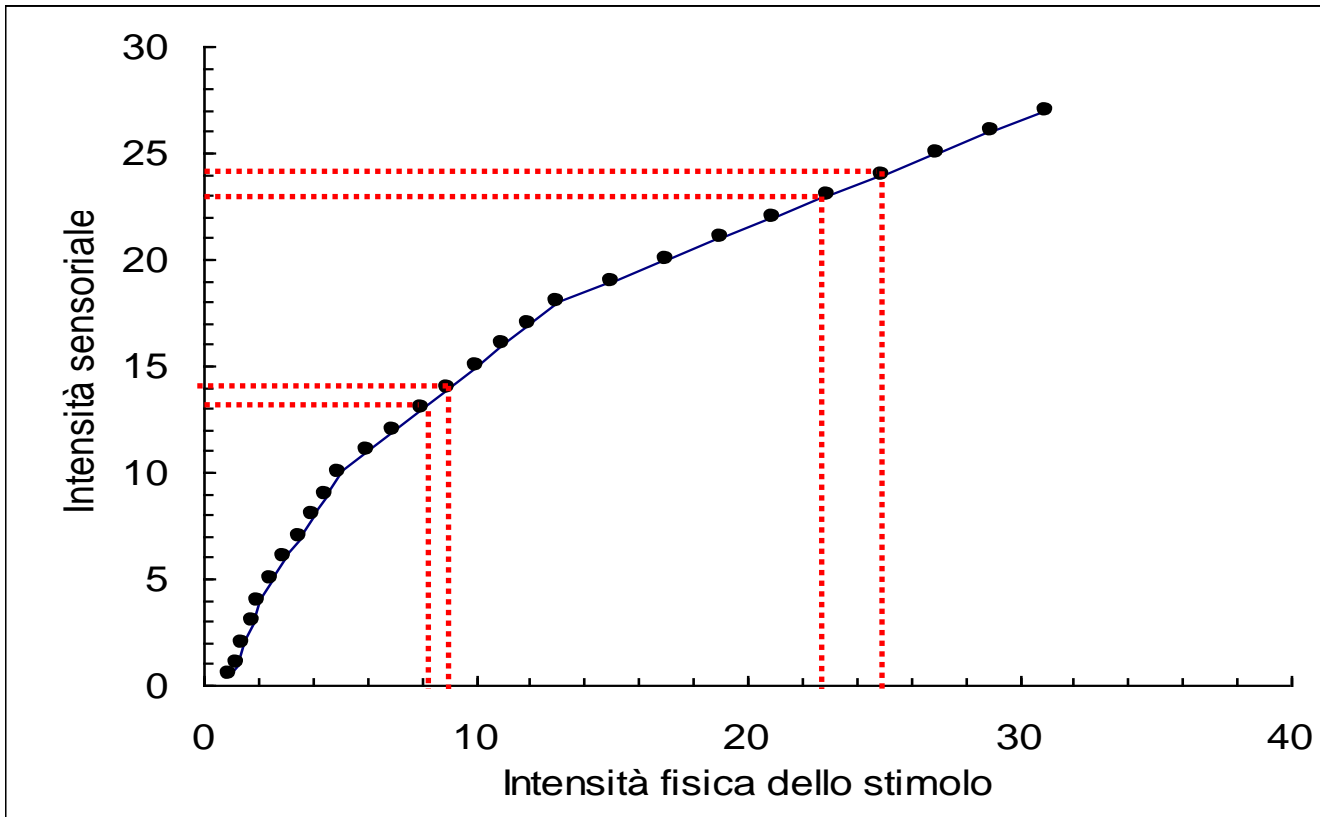
**R** = intensità della sensazione

**K** = costante di Weber

**I** = intensità dello stimolo fisico

- La sensazione si accresce con il logaritmo dell'intensità dello stimolo -> Incrementi di valore costante dell'intensità *fisica* corrispondono ad incrementi sempre più piccoli dell'intensità della sensazione soggettiva.
- *Permette di esprimere il valore della sensazione.*

# Fechner



Il rapporto tra l'intensità dello stimolo fisico e la forza della sensazione è una funzione logaritmica.

# Stevens

Quale funzione psicofisica spiega meglio un dato *continuum sensoriale*?

La differenza appena percettibile non è sufficiente come misura della sensazione, in quanto è un metodo indiretto.

# Stevens

La misura della sensazione può essere ricavata tramite procedure psicofisiche di stima ***diretta*** delle grandezze sensoriali.

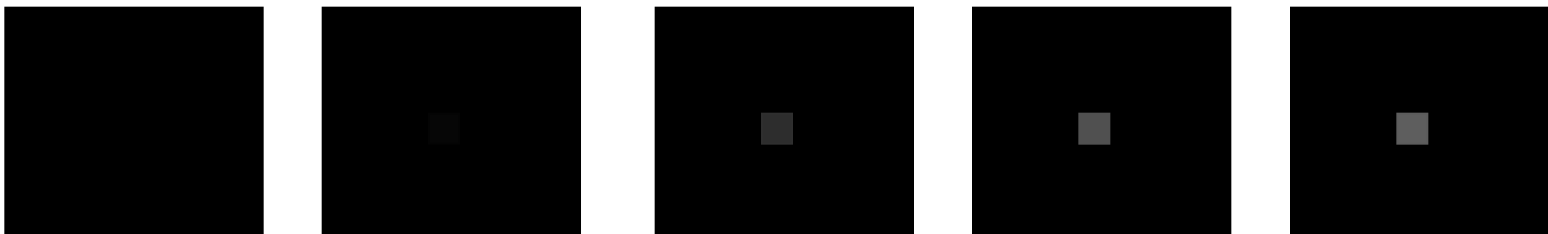
Rapporti uguali tra gli stimoli producono rapporti uguali tra le sensazioni.



# Stevens

Chiede ai soggetti di stimare direttamente la grandezza delle loro sensazione

Esempio: se la luminosità del primo quadrato ti evoca una sensazione di 0 allora quella del secondo quadrato che numero ti evoca?



- Assegnare direttamente dei valori numerici agli stimoli

# Stevens

Riformulazione della legge di Weber-Fechner

$$R = k S^n$$

**R** = grandezza psicologica

**S** = grandezza fisica

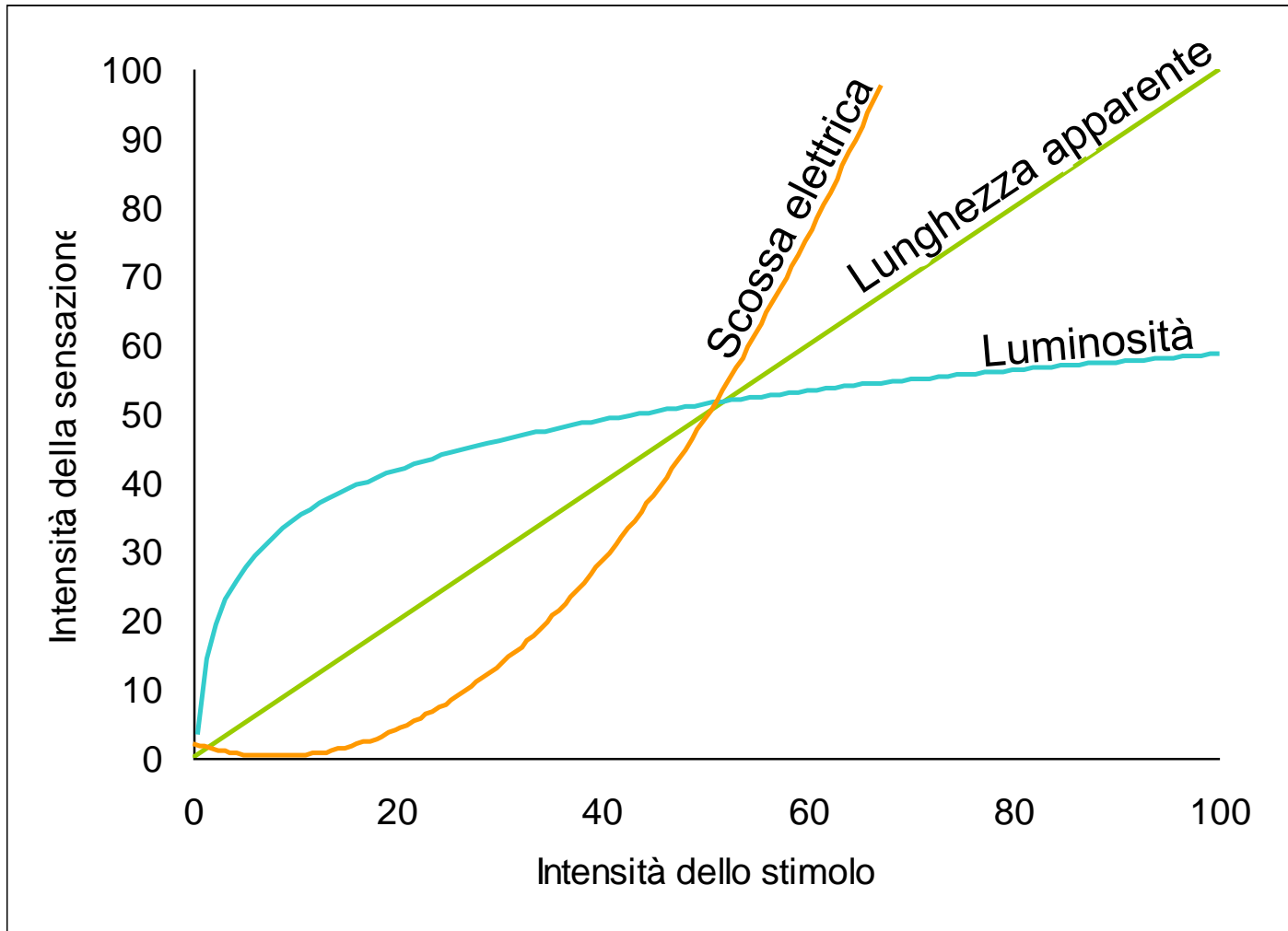
**k** = costante

**n** = esponente

L'esperienza soggettiva è proporzionale non al logaritmo, ma alla potenza  $n$ -sima dell'intensità dello stimolo sopra soglia.

$n$  è specifico per ogni modalità sensoriale e varia da 0.33 per l'intensità luminosa a 3.5 per le sensazioni evocate da una scossa elettrica.

# Stevens



- ◎  **$n < 1$** : all'aumentare dell'intensità dello stimolo corrisponde un aumento sempre più lento della sensazione (incremento logaritmico). In questo caso la legge di Stevens incorpora quella di Weber-Fechner. **Luminosità ambientale**, es. candele.
- ◎  **$n = 1$** : l'equazione assume una corrispondenza di tipo lineare tra sensazione e intensità fisica. Aumenti costanti della grandezza fisica si accompagnano ad aumenti costanti della sensazione. **Lunghezze visive**, es. stima di lunghezze millimetriche e chilometriche.
- ◎  **$n > 1$** : aumenti costanti della stimolazione fisica determinano aumenti di tipo sempre maggiore della sensazione corrispondente (incremento esponenziale). **Scosse elettriche**

# I metodi cronometrici

- ◎ Cronometria mentale: la durata delle operazioni mentali può essere misurata con i **tempi di reazione** = latenza della risposta (Donders 1818-1889).
- ◎ Detezione
- ◎ Discriminazione
- ◎ Compito di scelta

# Detezione

- Premere un tasto con il dito indice il più rapidamente possibile alla comparsa di uno stimolo visivo.

# Discriminazione

- Premere un tasto con il dito indice il più rapidamente possibile alla comparsa di uno stimolo visivo di colore **rosso** (*target*) e non premere per gli altri **colori** (*distrattori*).

# Compito di scelta

- Premere con l'indice della **mano destra** un tasto alla comparsa di uno stimolo visivo di colore **rosso** e con l'indice della **mano sinistra** un altro tasto alla comparsa di uno stimolo **verde**.

In questo caso è importante non solo discriminare le caratteristiche rilevanti dello stimolo ma anche selezionare la risposta adatta.



# Il metodo sottrattivo

- Secondo Donders è possibile misurare la durata di un processo mentale sottraendo i Tempi di Reazione di due compiti (dal TR a un compito che richiede un dato processo cognitivo si sottrae il TR a un compito che non lo richiede).

TR\_1: *Premi un pulsante quando vedi una luce;*

TR\_2: *Premi un pulsante quando la luce è **rossa** ma non quando è **verde**;*

TR\_3: *Premi il pulsante **destra** quando la luce è **rossa** e il pulsante **sinistra** quando è **verde**.*

TR\_2 – TR\_1 = Tempo necessario per discriminare i colori

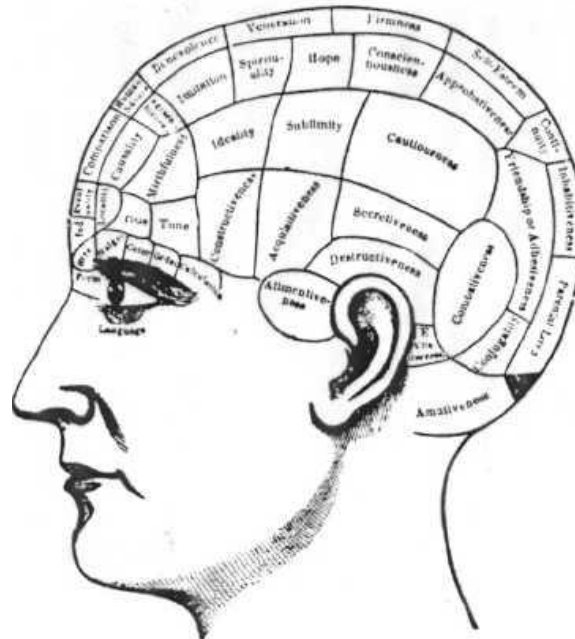
TR\_3 – TR\_2 = Tempo necessario per compiere una decisione motoria

# Applicazioni

- ⦿ La cronometria mentale ha dato il via a una serie di studi per misurare la durata dei processi cognitivi in diverse situazioni sperimentali.
- ⦿ Nell'ambito degli studi sull'**attenzione** (v. effetto Stroop...).
- ⦿ Nell'ambito degli studi sulla **memoria**.

# La neuropsicologia

- ◉ Studia le basi delle funzioni mentali.
- ◉ **Gall** (1825) fu uno dei primi fisiologi a proporre una localizzazione cerebrale delle funzioni mentali.
- ◉ **Frenologia**: ogni facoltà mentale ha una sua sede cerebrale precisa e separata dalle altre. Corrispondenza diretta tra attività cerebrali e attività mentali.



Da [www.phrenology.com/phrenology.jpg](http://www.phrenology.com/phrenology.jpg)

# La neuropsicologia

- ⊙ Questa visione dei processi mentali è “**verticale**”, cioè ogni funzione sarebbe separata dalle altre e ben localizzata.
- ⊙ In realtà oggi sappiamo che ci sono anche dei processi “**orizzontali**” che sono al servizio di diverse funzioni (memoria, percezione ...)

# La neuropsicologia

Il metodo neuropsicologico classico nasce con Broca e Wernicke e si basa sullo studio dei disturbi del linguaggio causati da lesioni a specifiche aree del cervello.



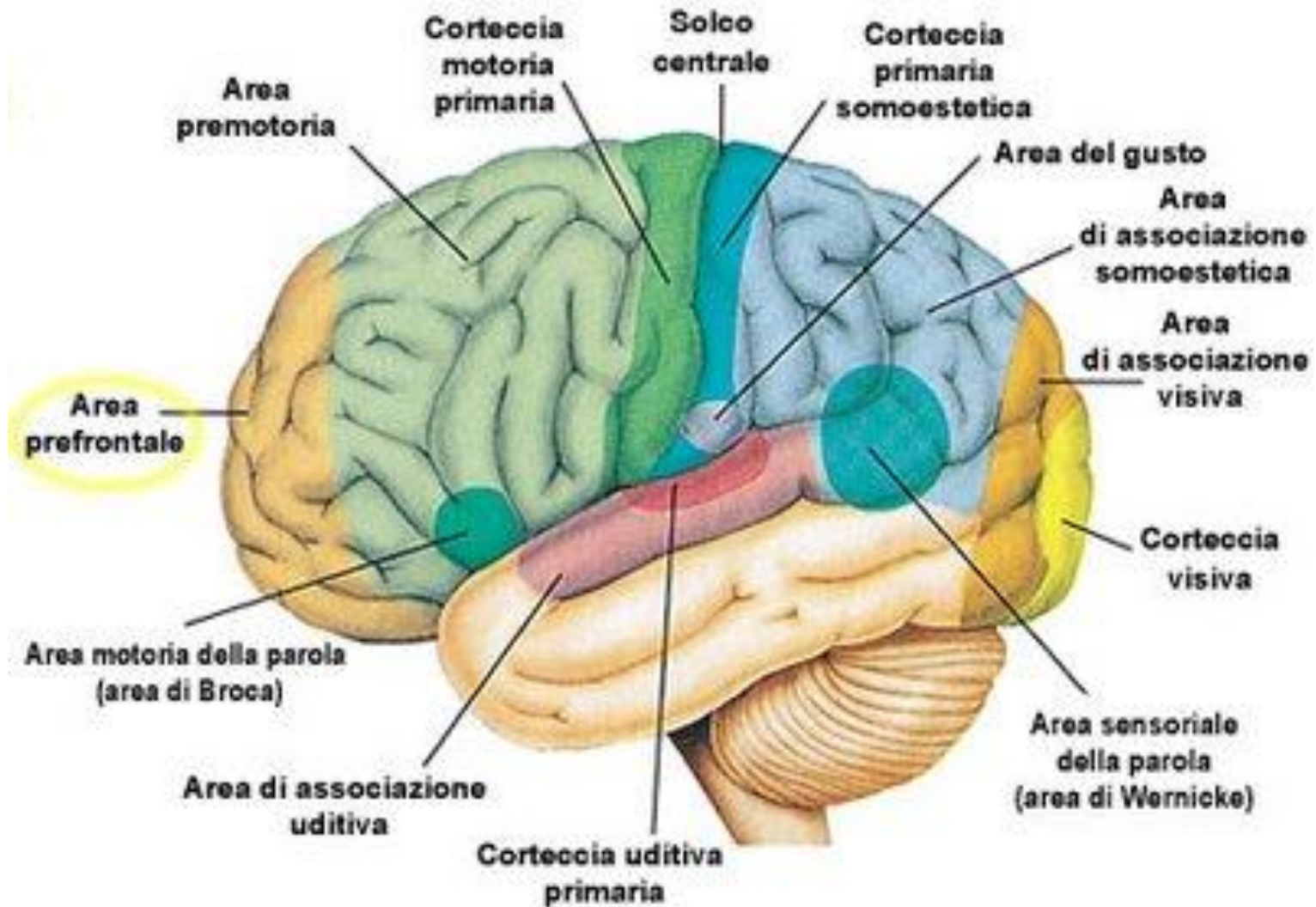
*Broca*



*Wernicke*

# Correlazioni anatomo-funzionali

- ⊙ Le diverse componenti del linguaggio, come produzione, comprensione, lettura hanno diversi correlati anatomici.
- ⊙ Questo metodo è stato poi applicato anche ad altre funzioni mentali, come percezione, memoria, emozioni ...



Le principali funzioni cognitive sono state localizzate nel cervello grazie agli studi di neuropsicologia e di neuroimmagine.

# La neuropsicologia cognitiva

- ⊙ Studia il comportamento di pazienti con lesioni cerebrali allo scopo di capire meglio il funzionamento dei processi mentali normali.
- ⊙ La presenza di un'associazione tra un **disturbo** comportamentale o cognitivo specifico e la **lesione** di una regione specifica del cervello porta all'inferenza che quella funzione sia rappresentata in quell'area cerebrale.



# La neuropsicologia cognitiva

Tuttavia l'associazione tra la situazione patologica (= *il danno alla funzione F in seguito alla lesione della regione R*) e la situazione normale (= *la regione R è la sede della funzione F*) non sempre è ovvia.

# La neuropsicologia cognitiva

- ⊙ Le aree cerebrali sono connesse e quindi un danno ad un'area danneggia anche le connessioni che sottendono questo circuito.
- ⊙ Quindi la correlazione va fatta non solo con l'area lesa ma con il **circuito** danneggiato.
- ⊙ Più che di localizzazione oggi si parla di **correlazione**.

# La neuropsicologia cognitiva

- ⊙ Si reclutano **gruppi di pazienti** selezionati non sulla base del sintomo che presentano, ma sulla base della lesione cerebrale.
- ⊙ Il campione di pazienti è tanto più rappresentativo della popolazione a cui appartiene, quanto più è esteso.
- ⊙ La prestazione dei pazienti va poi confrontata con quella di un **gruppo di controllo** che può essere di 2 tipi:
  - gruppo di soggetti sani
  - gruppo di pazienti con una lesione cerebrale in altre regioni.

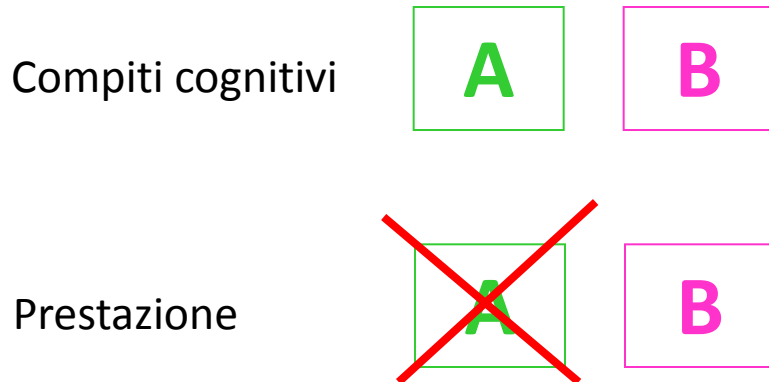
# La neuropsicologia cognitiva

- Usa come metodo la dissociazione:

danno selettivo di un paziente per una data funzione mentale e non per un'altra.

# Dissociazione semplice

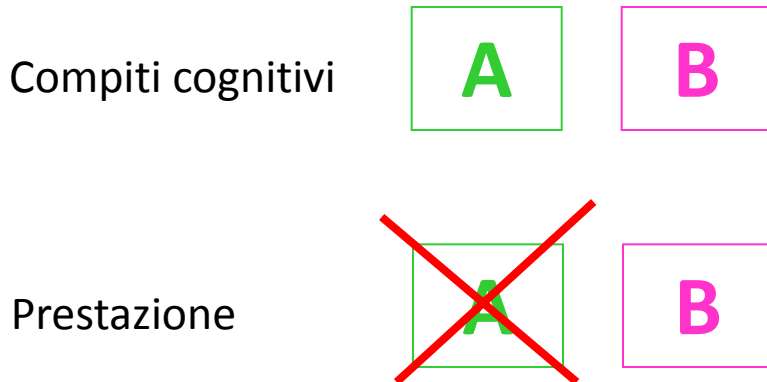
Gruppo di pazienti **P1** con lesione all'area **X**



L'area **X** è necessaria per la **funzione cognitiva** messa in atto nel compito **A** e non nel compito B.

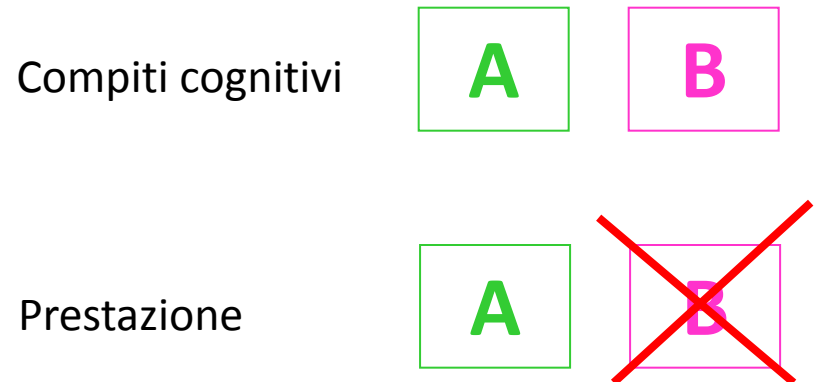
# Dissociazione doppia

Gruppo di pazienti **P1** con lesione all'area **X**



L'area **X** è necessaria per la **funzione cognitiva** messa in atto nel compito **A** e non nel compito **B**.

Pazienti **P2** con lesione all'area **Y**

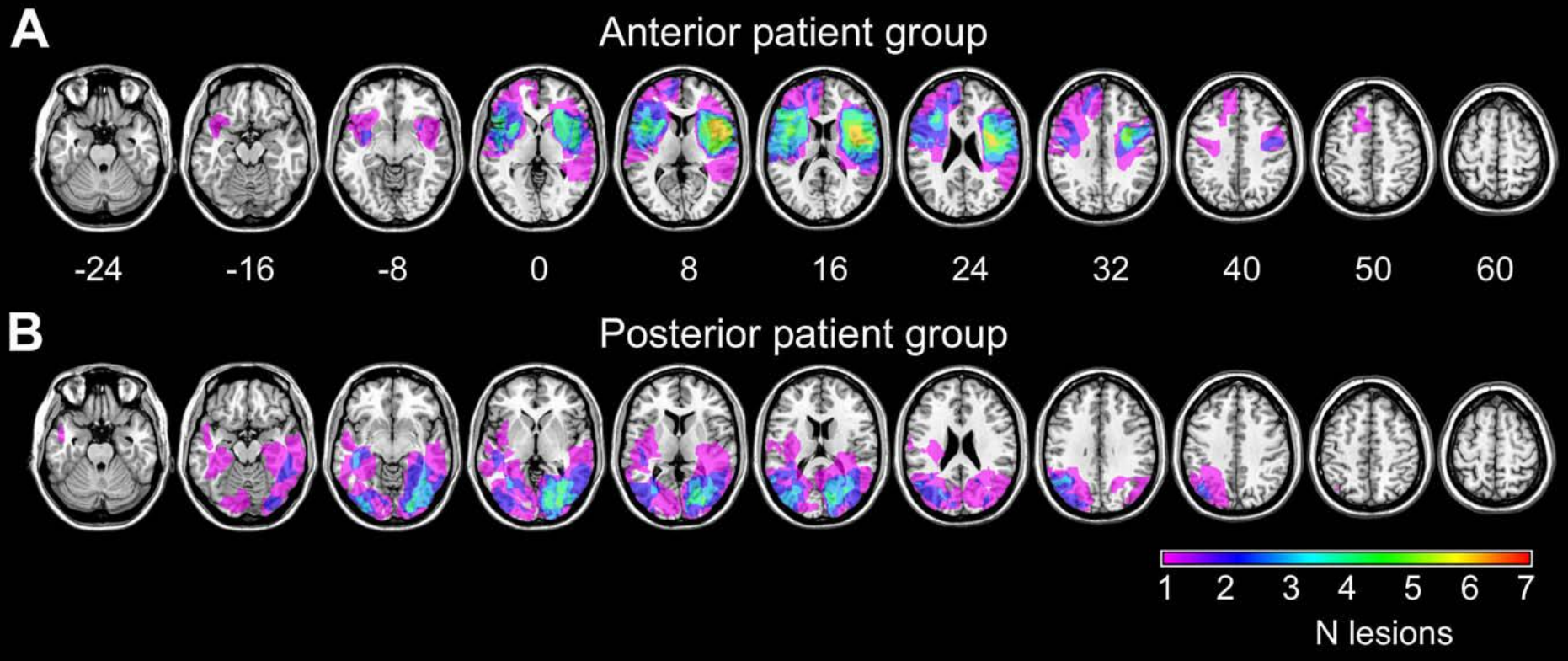
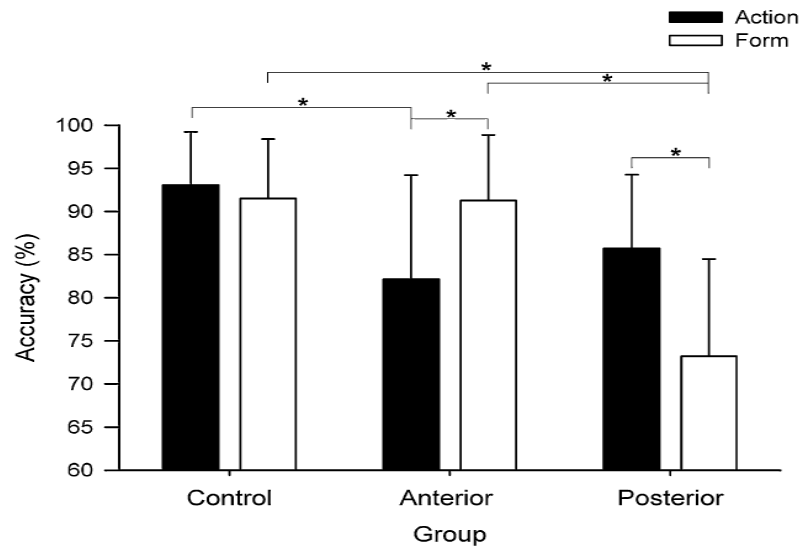


L'area **Y** è necessaria per la **funzione cognitiva** messa in atto nel compito **B** e non nel compito **A**.

Neuron  
**Clinical Study**

# The Neural Basis of Body Form and Body Action Agnosia

Valentina Moro,<sup>1,\*</sup> Cosimo Urgesi,<sup>2</sup> Simone Pernigo,<sup>3</sup> Paola Lanteri,<sup>4</sup> Mariella Pazzaglia,<sup>5,6</sup> and Salvatore Maria Aglioti<sup>5,6,\*</sup>



# La neuroimmagine funzionale



Studia *in vivo* le funzioni del cervello.

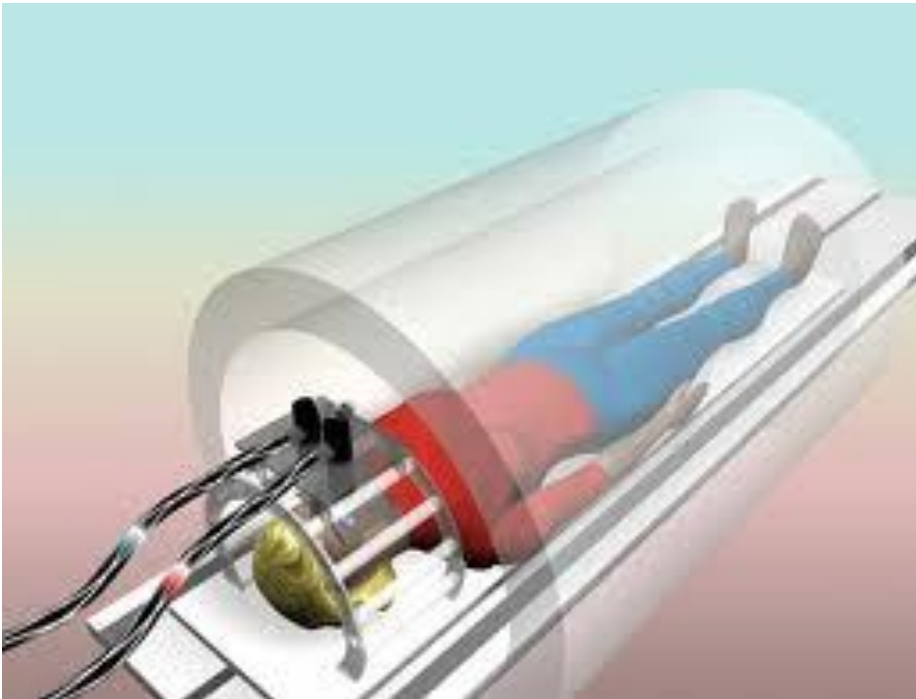
- ◉ **fMRI** risonanza magnetica funzionale
- ◉ **PET** tomografia ad emissione di positroni
- ◉ **MEG** magnetoencefalografia
- ◉ **EEG** elettroencefalografia



# Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI)

Immagine anatomica e funzionale del cervello.

Si basa sulle diverse proprietà magnetiche che i diversi tessuti assumono a seconda del rapporto tra emoglobina ossigenata ed emoglobina non ossigenata.



# fMRI

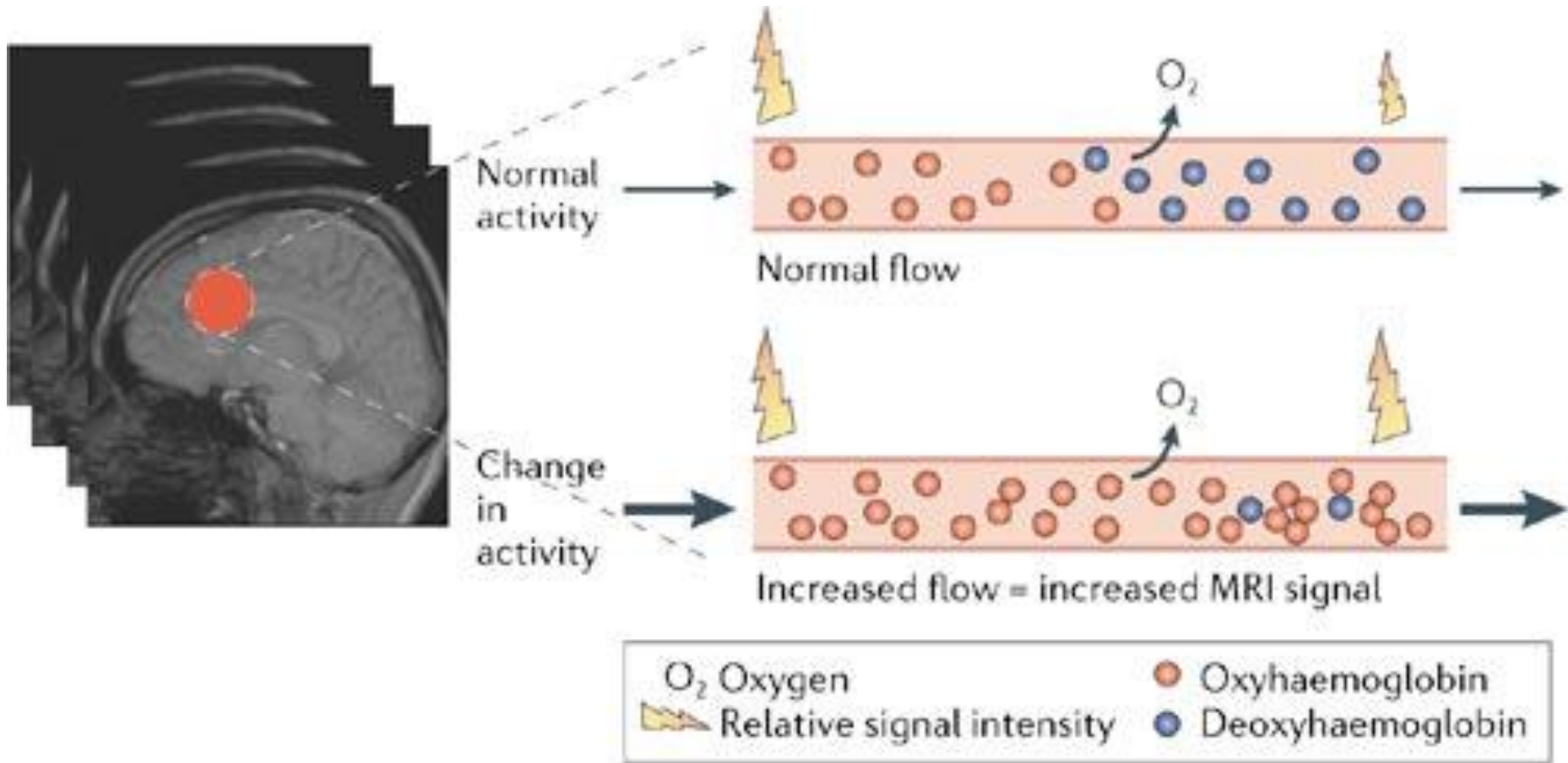
Nello **stato inattivo**, la quantità di emoglobina ossigenata e deossigenata è quasi uguale.

Nelle **aree attive** del cervello, il flusso sanguigno porta una quantità di emoglobina ossigenata superiore a quella che viene consumata dai neuroni, per cui il rapporto tra le due forme di emoglobina è diverso da quello dello stato inattivo.

Si crea un **aumento relativo di ossiemoglobina e una riduzione di desossiemoglobina**.

La riduzione relativa di desossiemoglobina (che distorce il campo magnetico) nella regione attiva provoca un aumento dell'intensità del segnale fMRI.

# fMRI



Copyright © 2006 Nature Publishing Group  
Nature Reviews | **Drug Discovery**



# Disegno sottrattivo

- ⦿ Si sottopongono i soggetti a due compiti:
  1. un compito che implica la funzione cognitiva che si intende studiare
  2. un compito di controllo
- ⦿ Si sottrae l'attività cerebrale presente durante l'esecuzione del compito di controllo all'attività cerebrale presente durante l'esecuzione del compito di interesse.
- ⦿ In questo modo si ha l'attività cerebrale specifica di un compito.

# Disegno sottrattivo

Esempio: Localizzare la regione cerebrale attiva durante la percezione di stimoli in movimento (area MT).

T1: Non viene presentato alcuno stimolo

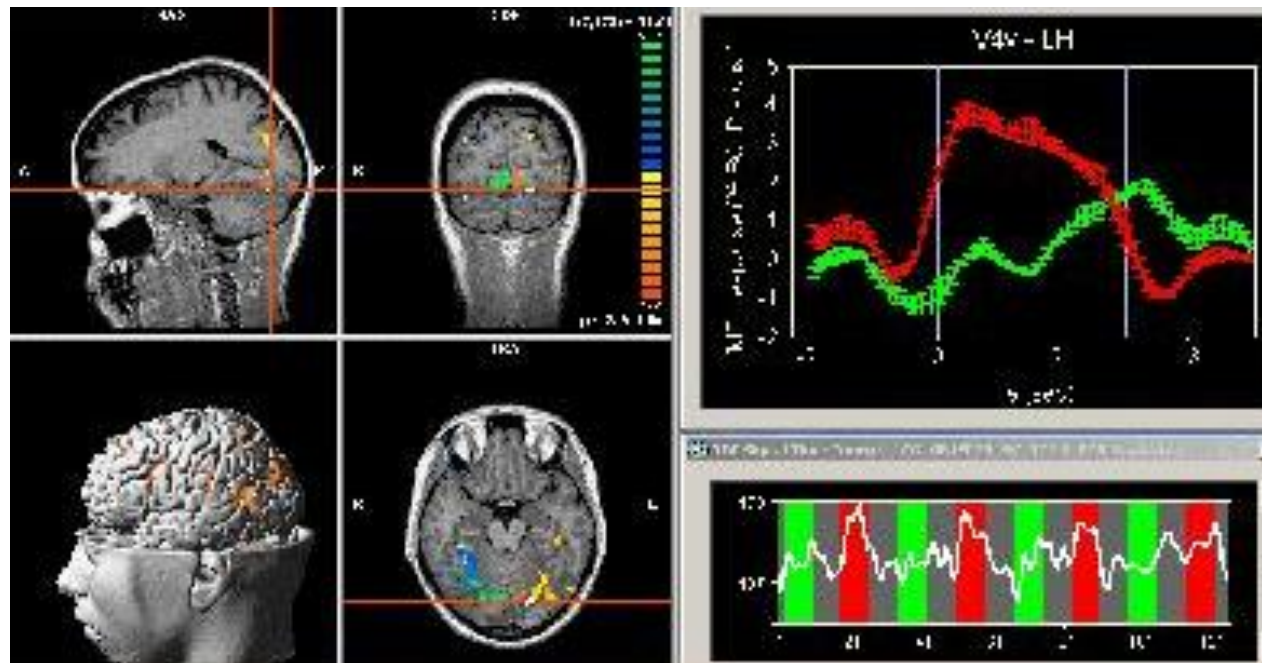
T2: Vengono presentati stimoli *statici*

T3: Vengono presentati stimoli in *movimento*

[Disegno sperimentale a blocchi = Le condizioni si alternano ogni 16 sec]

$T2 - T1$  o  $T3 - T1$  = aree cerebrali che rispondono a stimoli visivi

$T3 - T2$  = area cerebrale che risponde a stimoli in movimento

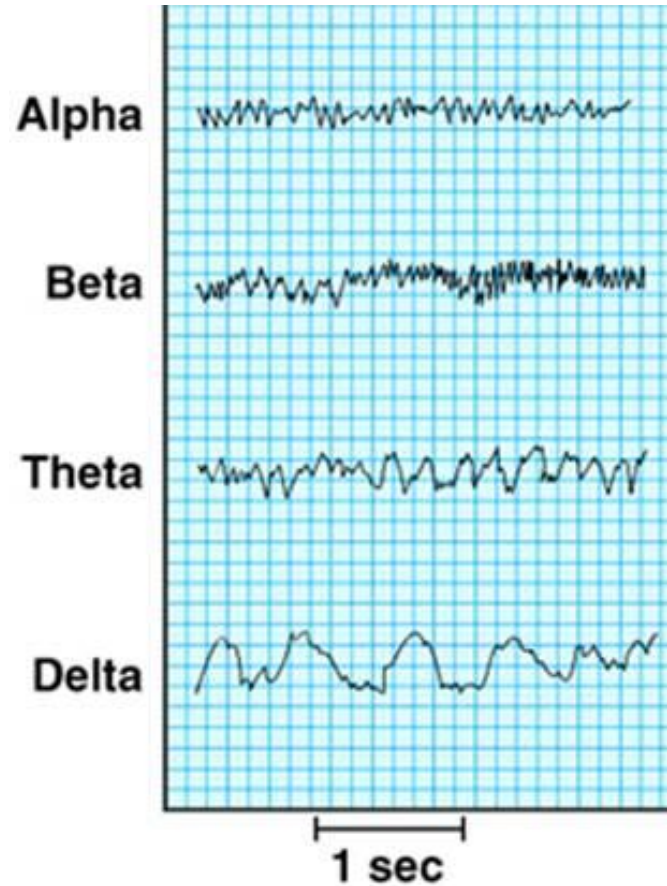
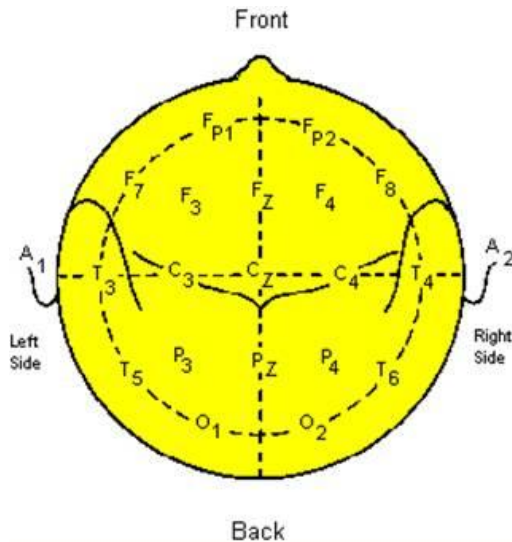


# Registrazioni fisiologiche

- ⦿ EEG elettroencefalografia
- ⦿ Potenziali evento-correlati (ERP)
- ⦿ Registrazione di singole/multi-unità

# Elettro-encefalografia (EEG)

Registrazione dell'attività elettrica dei neuroni sottostanti gli elettrodi posti sullo scalpo.



Alpha Veglia rilassata a occhi chiusi

Beta Veglia attiva

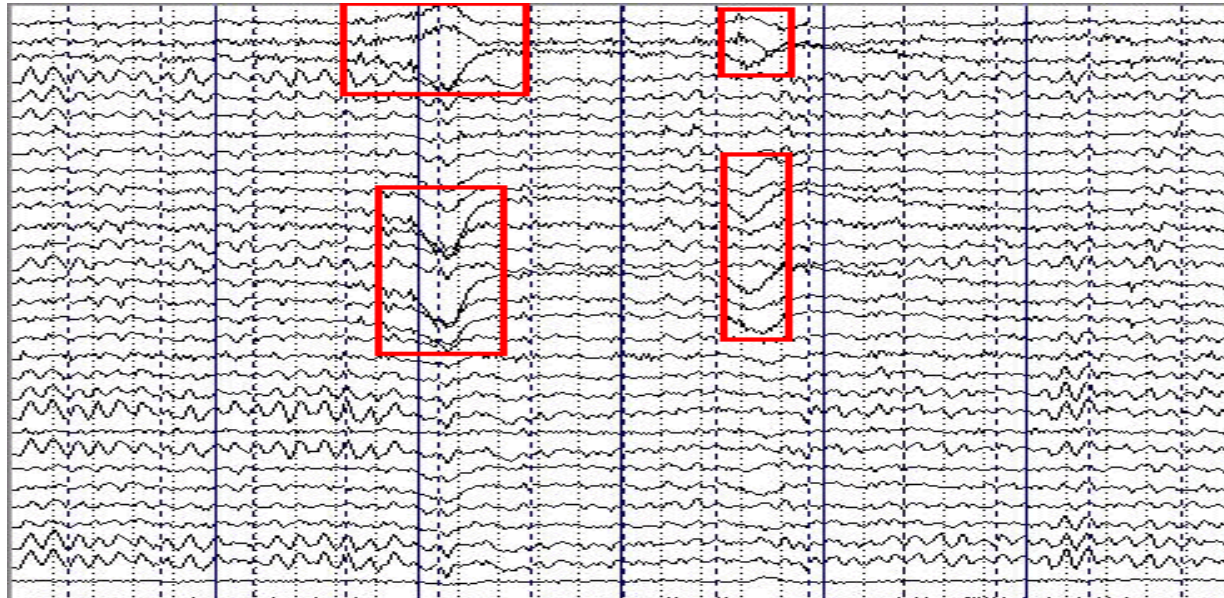
Theta Meditazione e sonno REM

Delta Sonno profondo



# Event-Related Potentials (ERP)

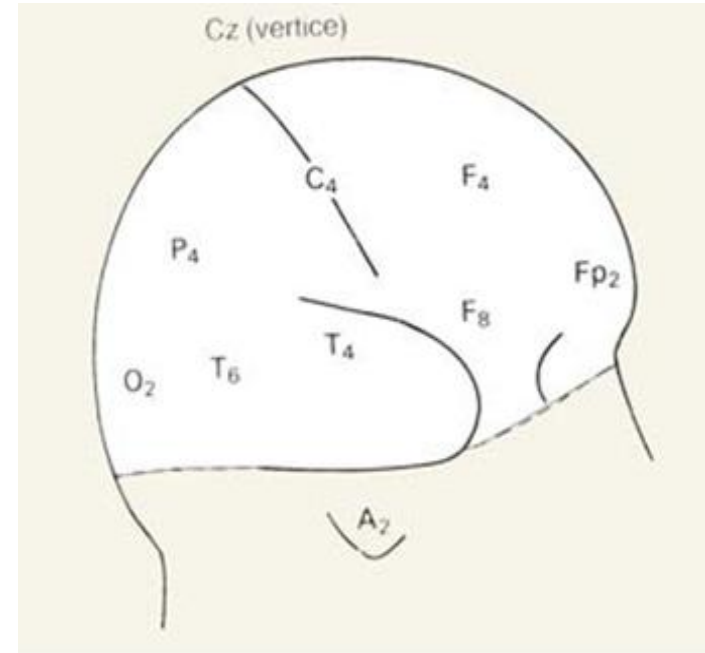
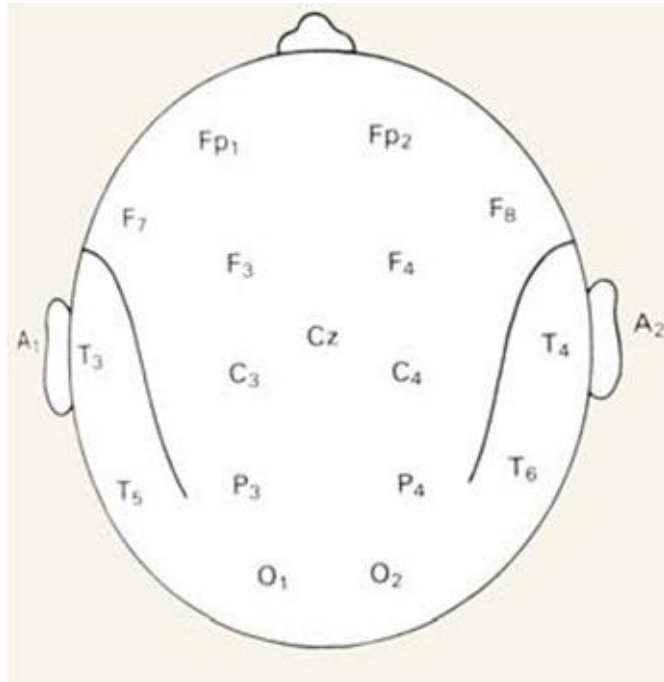
- Potenziali Evento-Correlati. Gli ERP rappresentano modificazioni del segnale EEG (variazioni del potenziale elettrico) che fanno seguito ad uno stimolo (ad es. visivo, somatosensoriale o uditivo).
- Gli ERP riflettono:
  - Processi sensoriali EVOCATI dallo stimolo fisico;
  - Attività neuronale legata alla preparazione motoria;
  - Processi cognitivi che dipendono dal compito in cui il soggetto è impegnato (ad es. prestare attenzione ad una posizione spaziale).



# ERP

- Gli ERP riflettono l'attività sincrona (nel tempo) di un ampio numero di neuroni che rispondono alla presentazione dello stimolo e sono coinvolti nella sua elaborazione (stimulus information processing).
- Sono generati da variazioni del potenziale di membrana dei neuroni attivati.

# Registrazione degli ERP



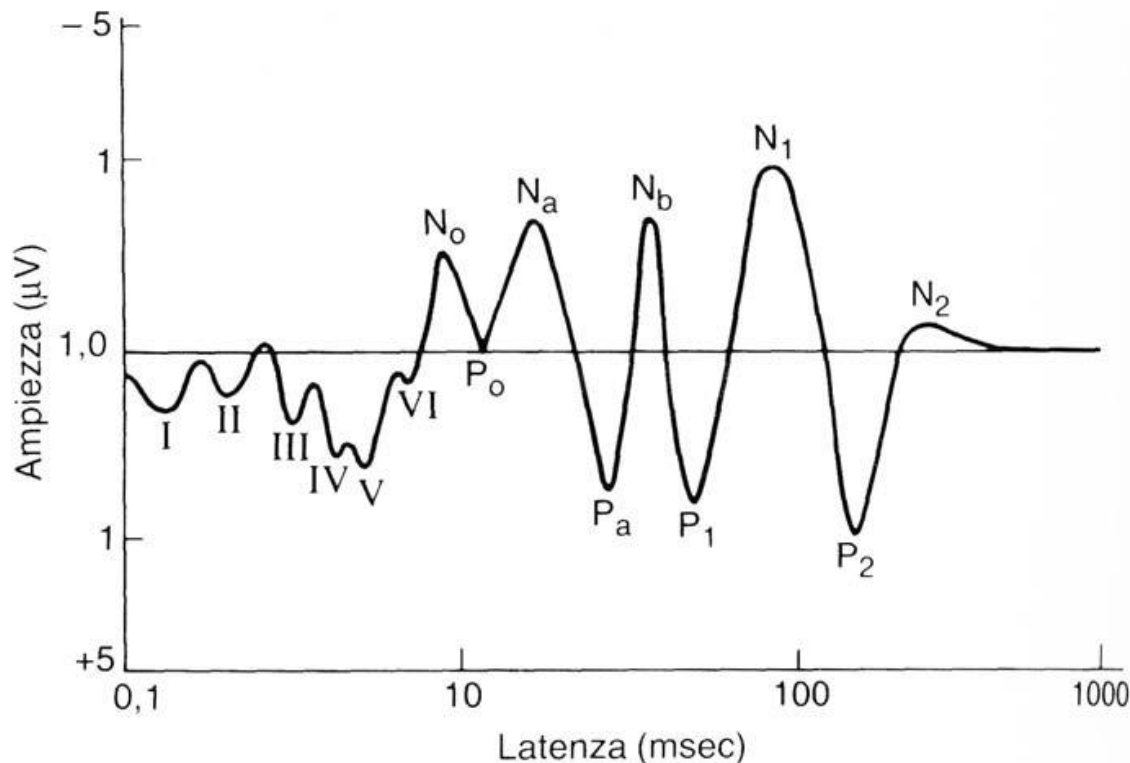
Gli elettrodi vengono posizionati secondo il sistema di riferimento internazionale 10-20. Ciascun elettrodo è definito rispetto:

- all'area cerebrale sottostante (**F**=frontale, **P**=parietale, **C**=centrale, **T**=temporale, **O**=occipitale);
- alla linea mediana (numero pari per gli elett. destri, dispari per gli elett. sinistri, e z per gli elett. mediani). Ad es, F3 indica un elettrodo frontale sinistro, Cz un elettrodo centrale mediano.

# ERP

GLI ERP sono definiti dalla:

- Polarità dell' onda (+ o -)
- Ampiezza
- Latenza (misurata dall'inizio dello stimolo)
- Distribuzione sullo scalpo (frontale, parietale, occipitale...)



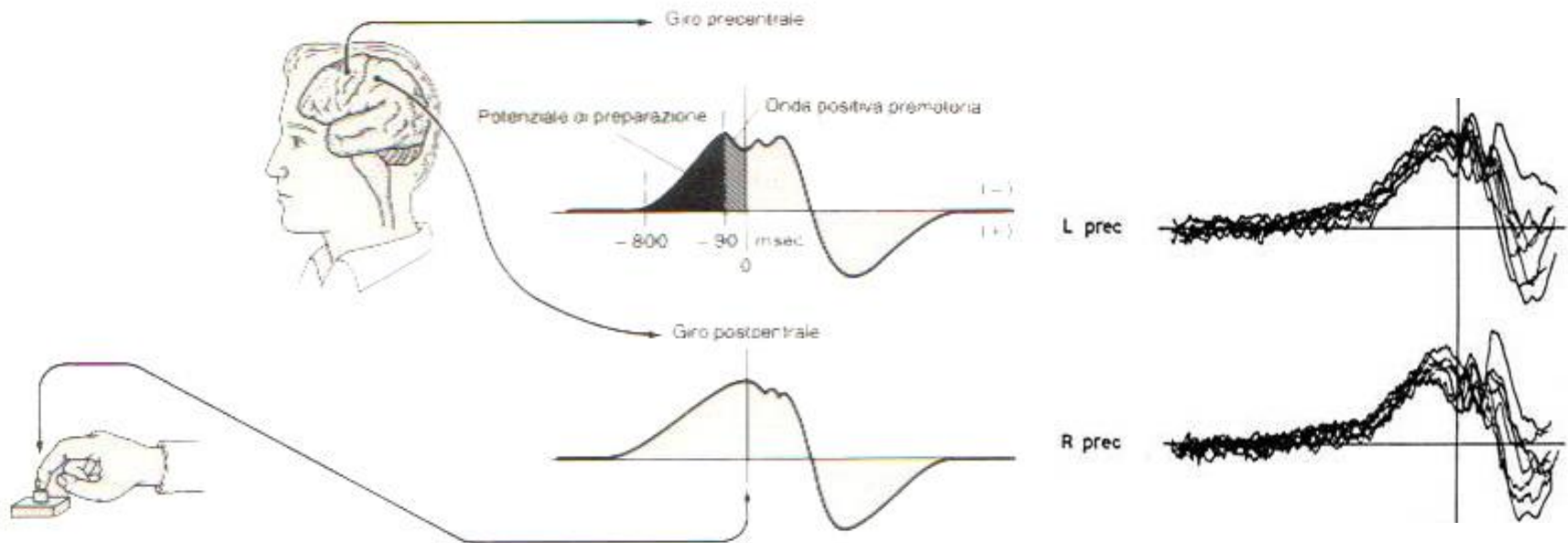
Le onde componenti il segnale ERP sono contraddistinte da:

- una lettera N o P, che indica la polarità (N se il picco è rivolto in alto, P in basso);
- un numero, che indica la latenza. Ad esempio, l'onda P2 o P200 rappresenta un'onda a polarità positiva (picco rivolto in basso) e latenza di circa 200 msec.

# EEG e movimenti volontari

Alcuni tipi di onde sono modulabili con il movimento.

Variazioni delle onde elettroencefalografiche in corrispondenza delle aree motorie avvengono addirittura 1-1.5 sec prima dell'atto motorio (*Bereitschaftspotential*). Questo potenziale rappresenta quindi la preparazione e/o l'anticipazione di un movimento.



# Tecniche di stimolazione

## Stimolazione Magnetica Transcranica (**TMS**)

Usata sia in ambito motorio per registrare in modo indiretto lo stato di attivazione della corteccia motoria, sia in altri sistemi per inibire o eccitare determinate aree cerebrali.

# Stimolazione magnetica transcranica



Produce uno stimolo



... di tipo magnetico



... che attraversa il cranio

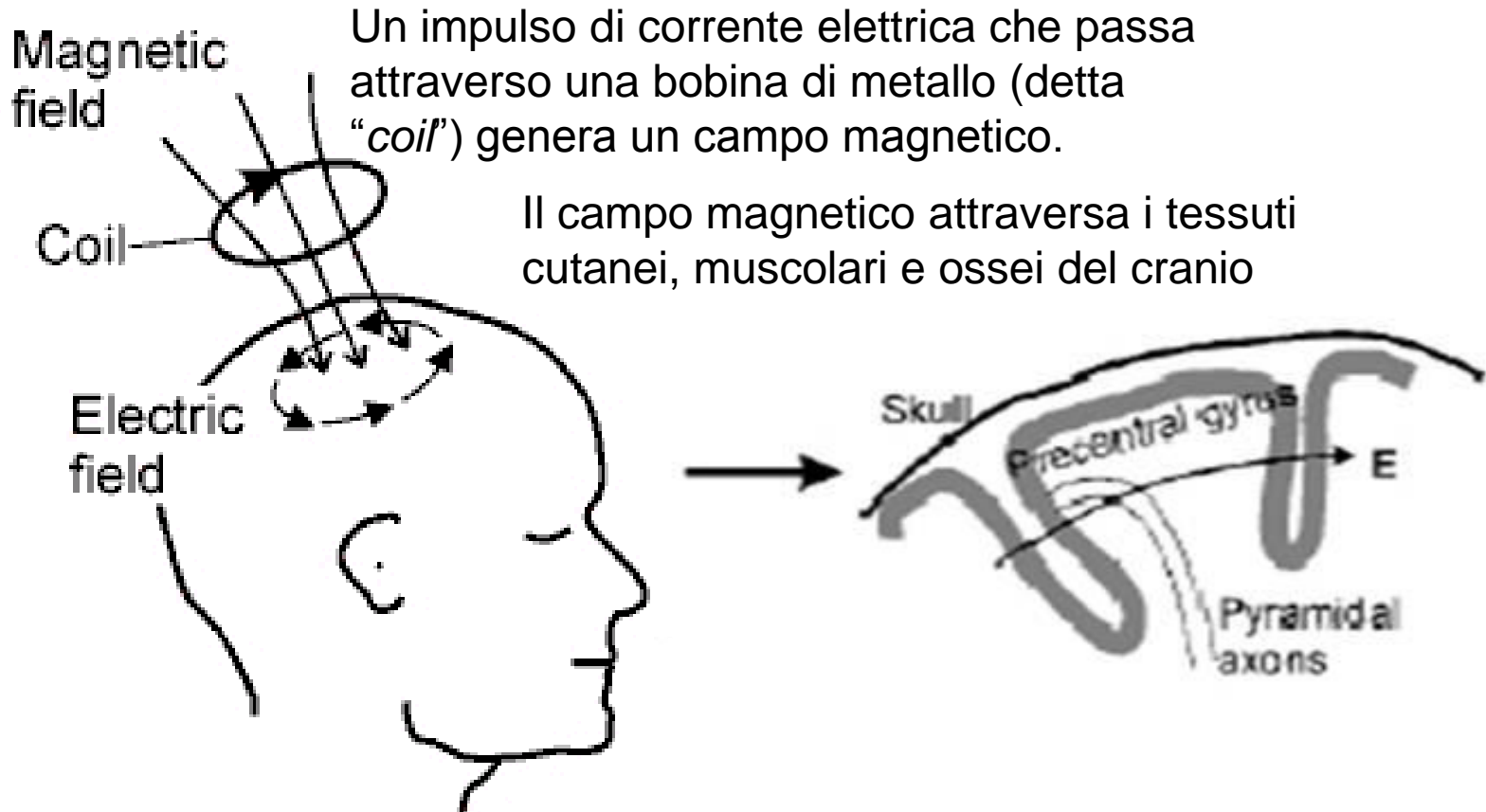
Permette di stimolare il cervello in maniera indolore e non invasiva



Barker 1985

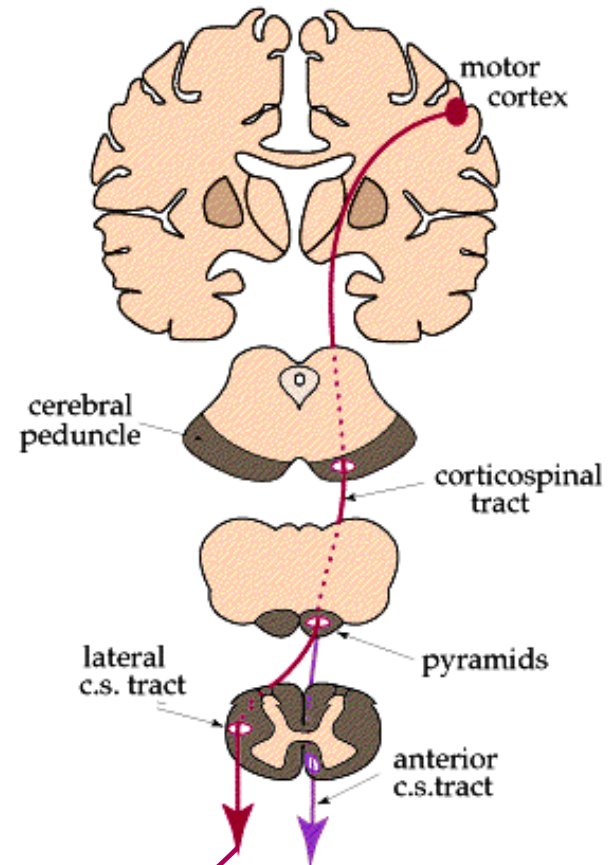
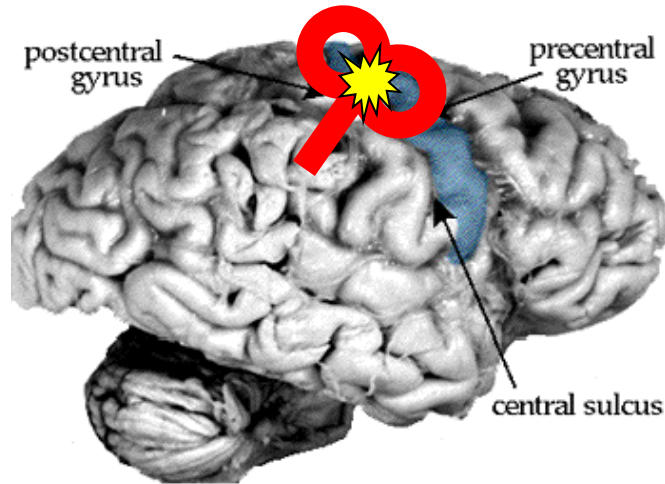


# Principi di base della TMS

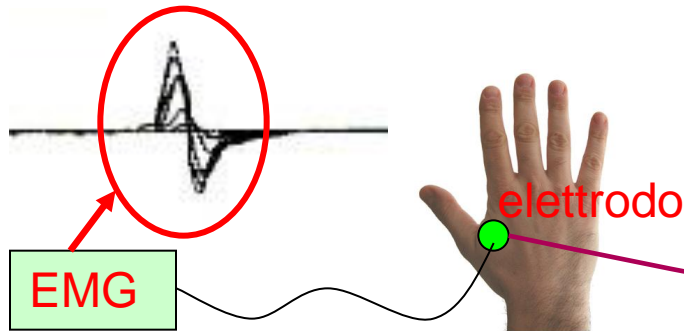


Il campo magnetico induce un campo elettrico all'interno del cervello. Il campo elettrico così indotto crea una depolarizzazione delle membrane dei neuroni sottostanti l'area stimolata, con conseguenze relative all'area coinvolta.

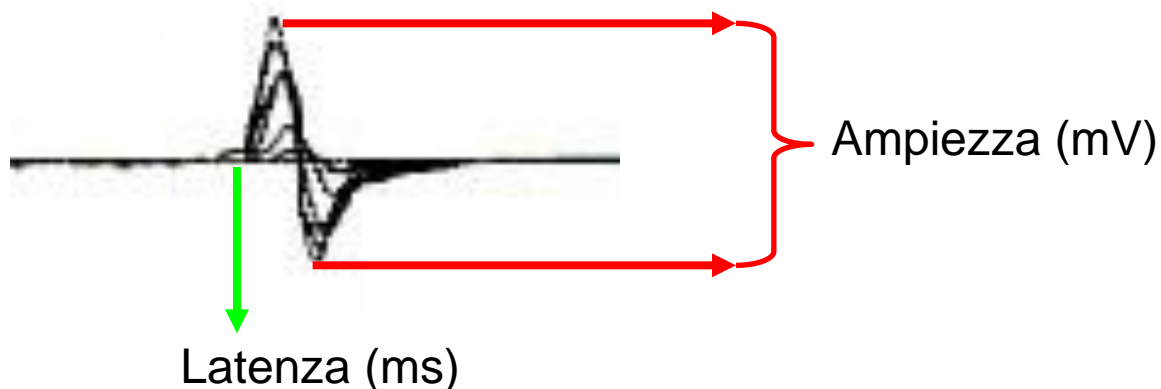
# Stimolazione dell'area motoria



Potenziale Evocato Motorio (PEM)



# Potenziale Evocato Motorio (PEM)



Parametri come l'ampiezza e la latenza dei PEM rappresentano una misura dello stato di attivazione del sistema motorio.

Attraverso adeguate procedure statistiche si possono analizzare questi parametri e fare confronti in diverse condizioni.

# Effetti della TMS

- ***Effetto inibitorio***

Crea “rumore neuronale” che interferisce con la normale elaborazione di un processo cognitivo, sensoriale o motorio.

- ***Effetto eccitatorio***

Se applicata ad una certa intensità sull'area motoria, causa movimenti involontari (twitches); se applicata sull'area visiva, causa la comparsa di fosfeni.

# TMS a singolo impulso

- ⦿ Un singolo impulso ad ogni stimolazione
- ⦿ Intervallo tra gli impulsi almeno di 3 secondi
- ⦿ Durata degli effetti dopo la fine della stimolazione: 200 ms

# TMS ripetitiva (rTMS)

- Più impulsi per ogni stimolazione
- Frequenza: numero degli impulsi per unità di tempo (treno)
- Effetti dopo la fine della stimolazione:
  - TMS a **1 Hz** effetti **inibitori**
  - TMS > **5 Hz** effetti **eccitatori**

# Usi della TMS

- ① Strumento di indagine del sistema motorio
- ① Strumento di interferenza con l'attività delle aree stimulate
- ① Strumento di riabilitazione

# Strumento terapeutico e riabilitativo

Dal momento che la rTMS ha effetto eccitatorio o inibitorio sull'eccitabilità corticale, può essere usata con effetto terapeutico nei casi patologici di ipo- o iper-attività della corteccia.

## **Depressione**

rTMS ad alta frequenza sulla corteccia prefrontale dorsolaterale e rTMS sull'emisfero destro alleviano la depressione (Kimbrell et al., 1999).

## **Malattia di Parkinson**

rTMS ad alta frequenza con intensità sotto soglia, migliora le funzioni motorie della mano controlaterale (Pascual-Leone et al., 1994).

## **Ictus**

rTMS a bassa frequenza riduce l'eccitabilità dell'emisfero sano, associato ad un training motorio aiuta a migliorare le funzioni risparmiate dell'emisfero danneggiato.



# Stimolazione Magnetica Transcranica *ripetitiva* (rTMS)

La TMS ripetitiva potrebbe migliorare la prestazione motoria in più modi:

- 1) Aumentando l'eccitabilità del sistema corticospinale e delle connessioni residue rimaste intatte nell'emisfero danneggiato.
- 2) Migliorando la risposta del sistema motorio dei pazienti alla terapia tradizionale.
- 3) Riducendo la depressione di cui soffrono i pazienti e quindi aumentando la loro disponibilità al trattamento.

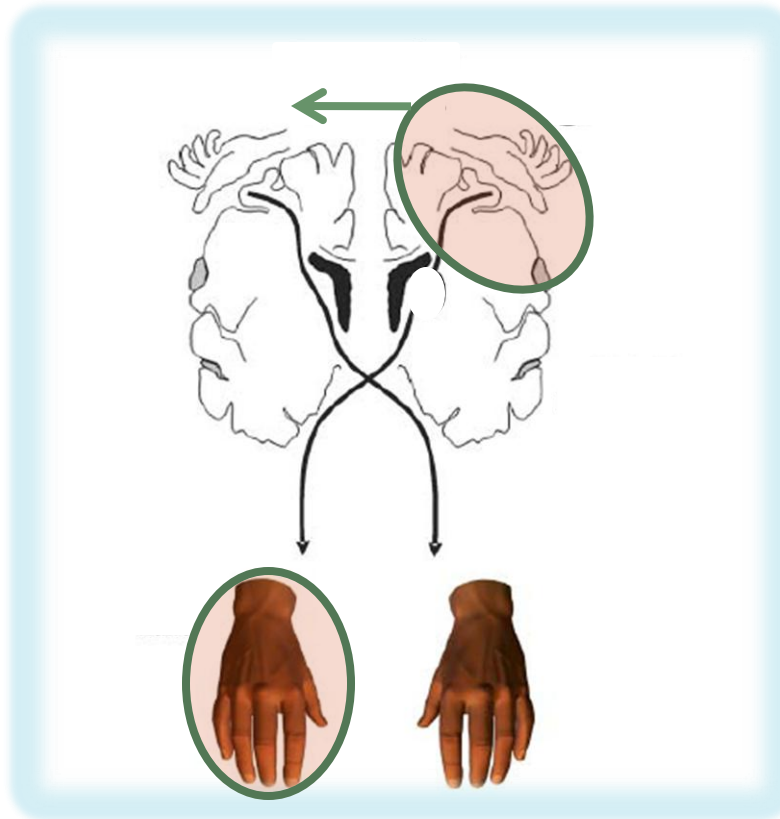
# Stimolazione Magnetica Transcranica *ripetitiva* (rTMS)

La rTMS è in grado di facilitare la **plasticità sinaptica**. La forza dei cambiamenti sinaptici è il primo passo verso un recupero delle funzioni motorie.

La stimolazione del cervello dopo ictus è basata principalmente sul concetto di ***competizione interemisferica***.

# Inibizione interemisferica

In condizioni fisiologiche normali, un **movimento della mano destra** è associato ad un aumento di attivazione delle **aree motorie controlaterali** (emisfero sinistro).

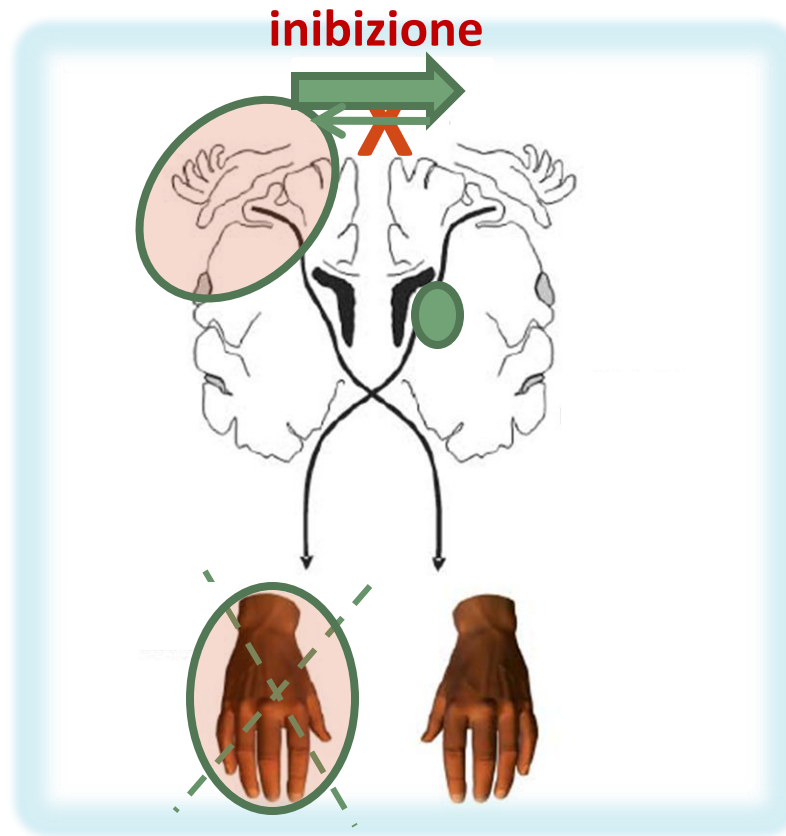


Le aree motorie attive, **inibiscono** le aree omologhe dell'emisfero ipsilaterale attraverso **connessioni transcallosali**.

Quindi la **lateralizzazione** dell'attività neuronale durante l'esecuzione di movimenti unimanuali dipende dall'**inibizione interemisferica** tra le aree motorie dei due emisferi.

# Competizione interemisferica: dopo ictus si osserva un'anormale inibizione interemisferica

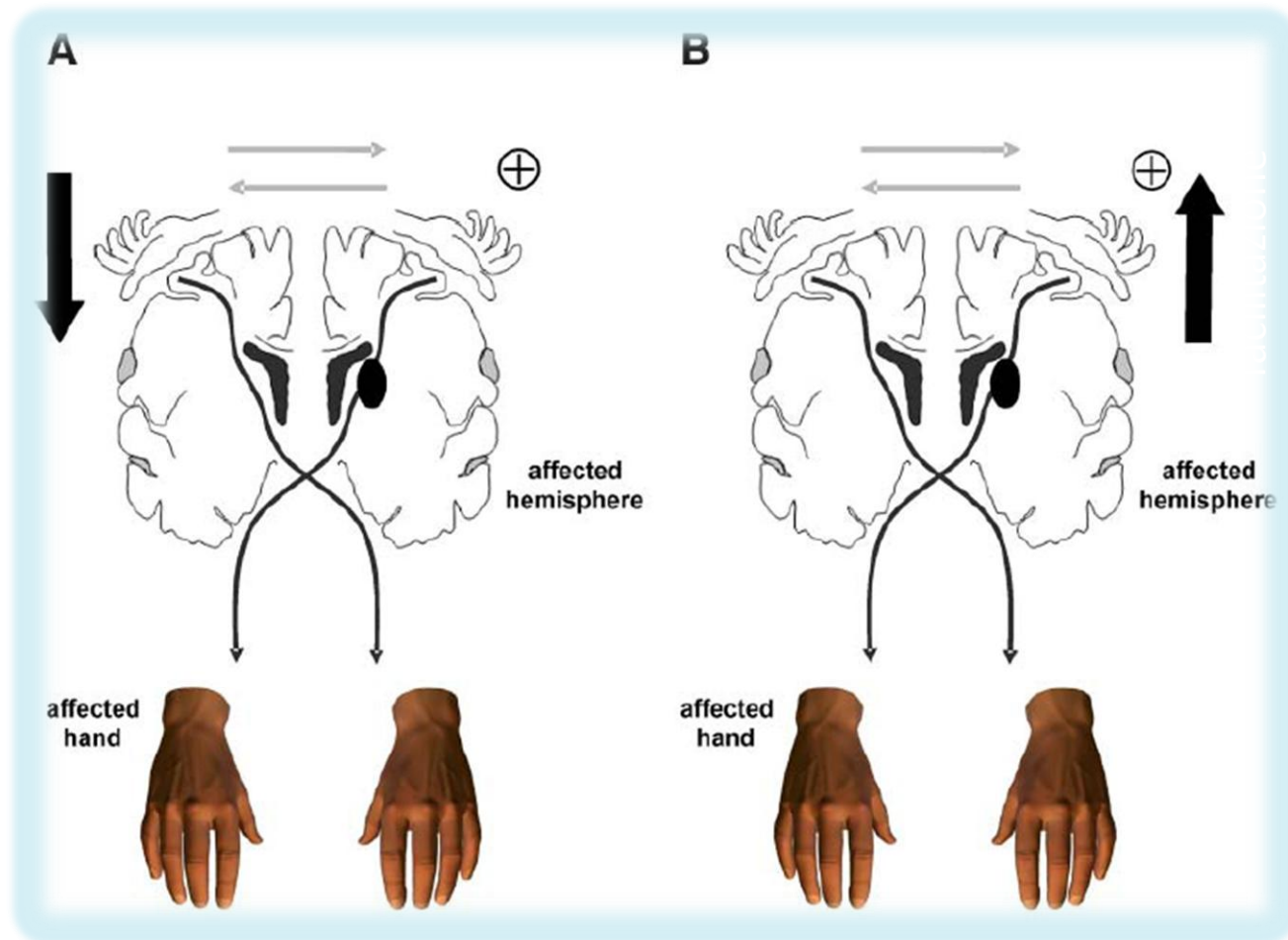
La corteccia motoria primaria dell'emisfero non affetto è disinibita ed esercita un'**umentata inibizione transcallosale** della corteccia motoria primaria dell'emisfero affetto.



Esempio: **ictus sottocorticale** nell'*emisfero sinistro* causa un deficit sensorimotorio della mano destra.

L'umentata **inibizione transcallosale** della corteccia motoria primaria dell'emisfero affetto, ostacola il recupero motorio della mano affetta.

# Modulazione terapeutica dell'eccitabilità corticale dopo ictus



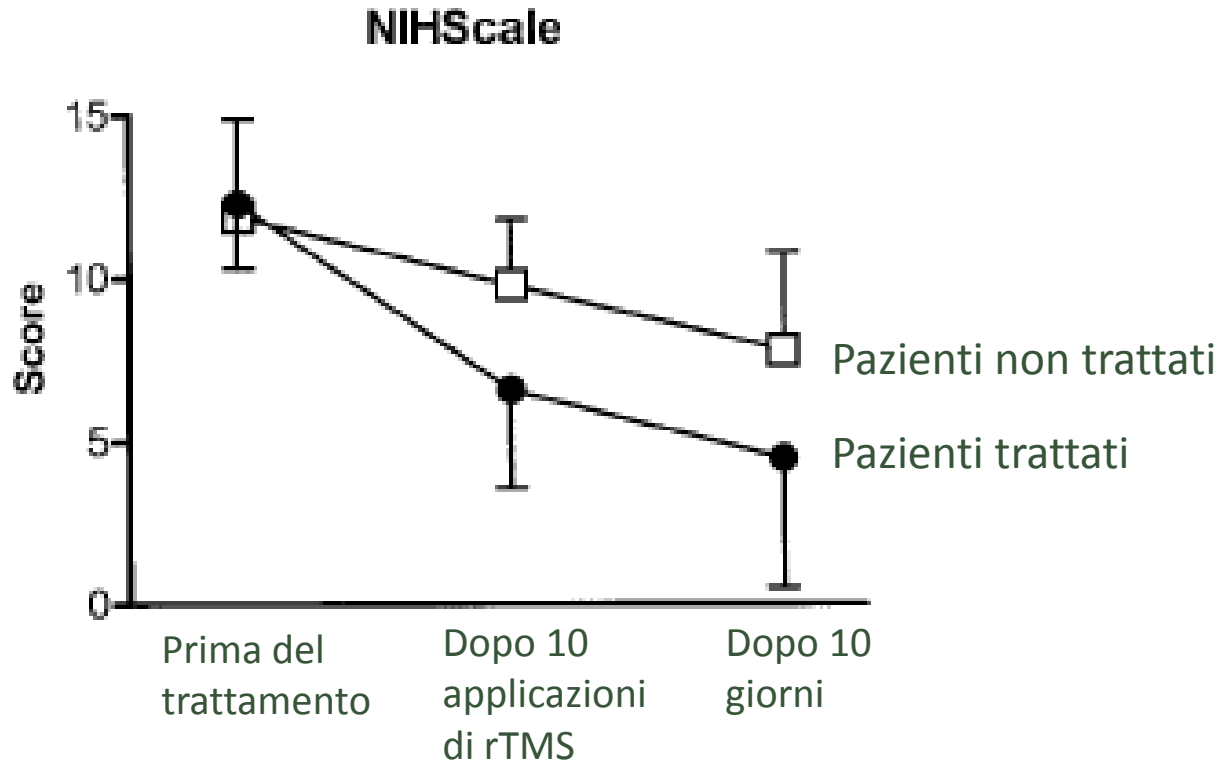
L'inibizione dell'eccitabilità corticale di M1 nell'emisfero non affetto (A) o la facilitazione dell'eccitabilità corticale di M1 nell'emisfero affetto (B) permette il riequilibrio dell'attività dell'emisfero affetto. In questo modo la stimolazione del cervello influenza la prestazione motoria della mano affetta.

# rTMS e ictus

rTMS (o stimolazione sham) sull'area motoria dell'emisfero affetto per 10 giorni consecutivi in 2 gruppi di 26 pazienti con ictus acuto.

Per tutto il resto, i pazienti continuavano il loro normale trattamento.

La scala di disabilità veniva somministrata prima della rTMS, alla fine della sessione di rTMS e 10 giorni dopo la fine del trattamento.

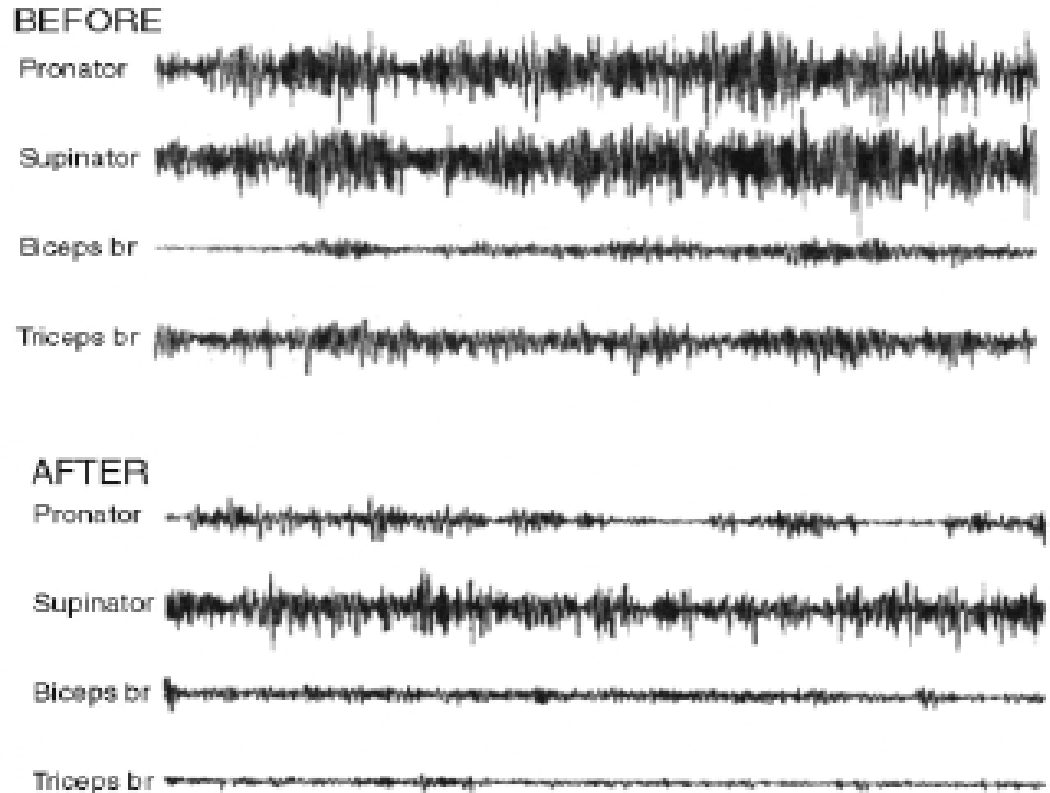


La stimolazione reale con rTMS ha migliorato i punteggi dei pazienti, rispetto alla stimolazione sham.

# rTMS e distonia

Nella distonia focale della mano c'è una riduzione di attività dell'area motoria primaria e un'ipereccitabilità delle **aree motorie non primarie**. Quindi inibendo con rTMS un'area motoria non primaria come l'area premotoria, si possono alleviare i sintomi motori.

rTMS sull'area premotoria.  
Dopo il trattamento c'è una riduzione della co-contrazione muscolare registrata con EMG di superficie.



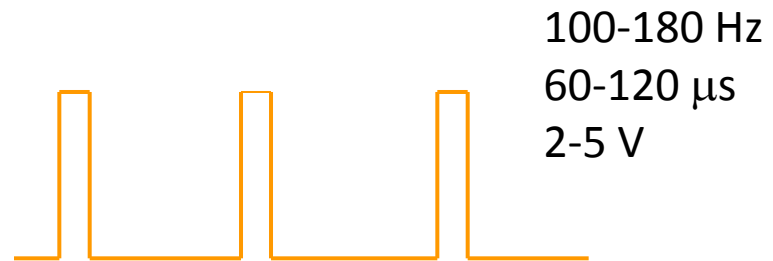
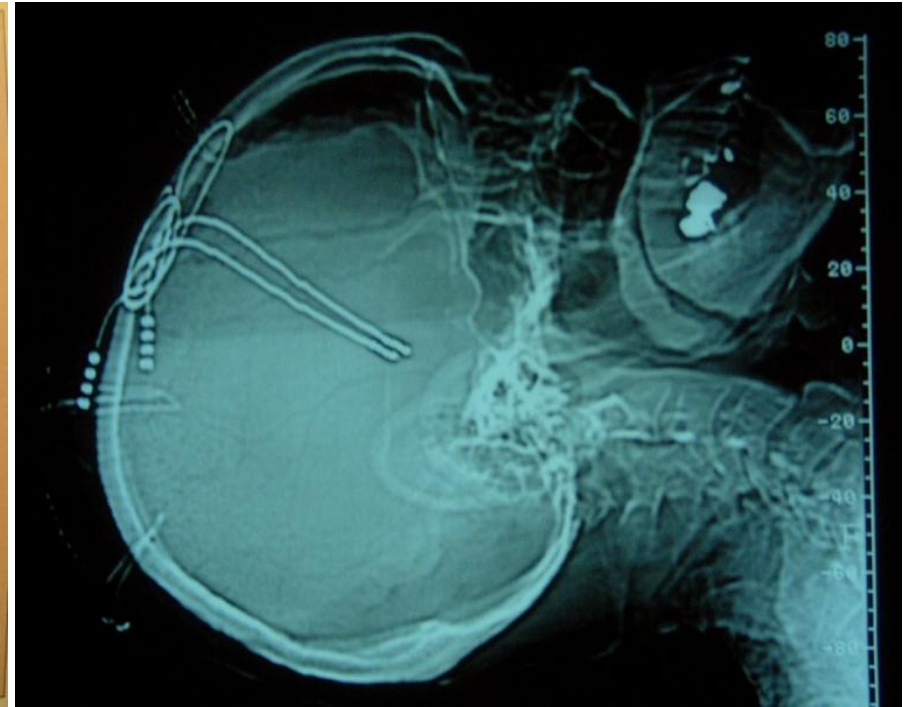
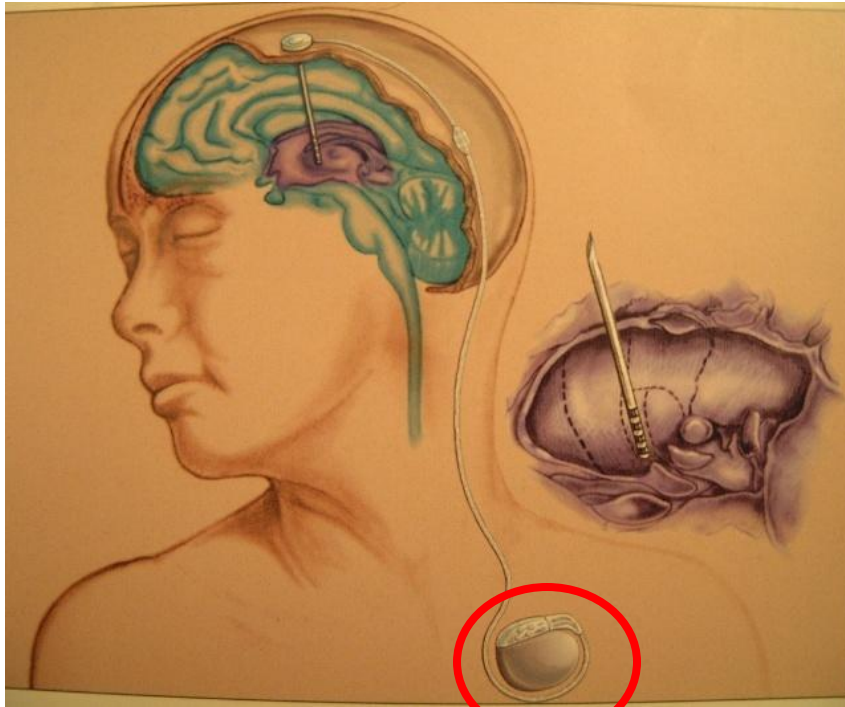
# Registrazione diretta

L'attività di popolazioni di neuroni è registrata direttamente da elettrodi impiantati in regioni cerebrali specifiche durante interventi chirurgici:

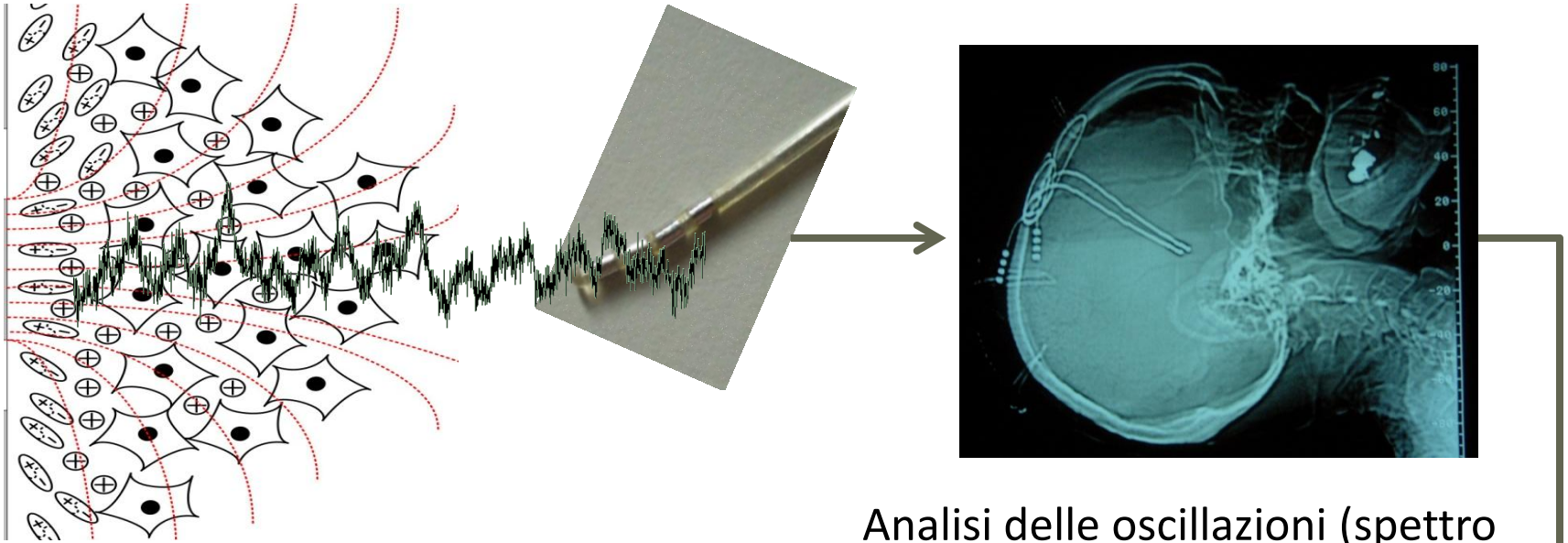
- A livello **corticale** (es. in casi di epilessia).
- A livello **sottocorticale**, gangli della base (es. Parkinson e distonia).



# Deep brain stimulation

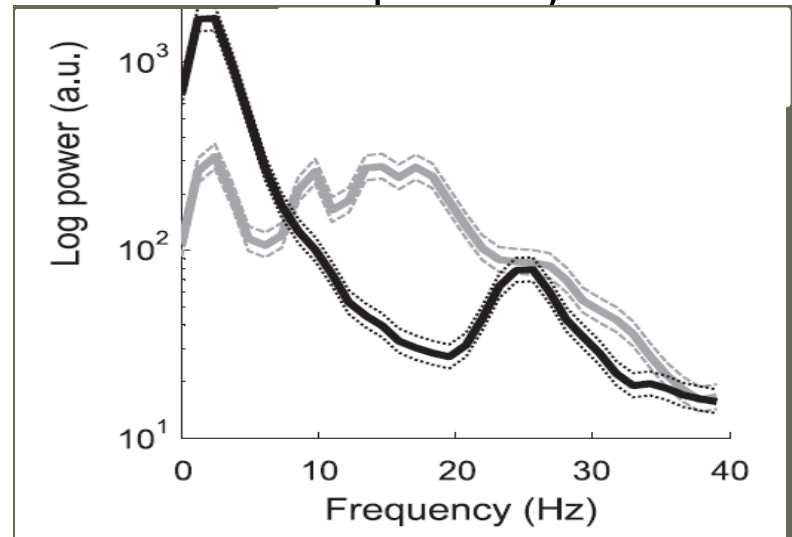


# Local field potentials (LFPs)



Attività sincrona presinaptica e postsinaptica di un'ampia popolazione di neuroni → **deep EEG**

Analisi delle oscillazioni (spettro di potenza)



# Local field potentials (LFPs)

