

## **Modalità di verifica dell'apprendimento:**

Allo studente verrà richiesto di dimostrare di aver raggiunto i risultati di apprendimento enunciati dai descrittori di Dublino superando positivamente prima una prova scritta e, successivamente, una prova orale.

La prova scritta sarà della durata di 60 minuti e composta da 10 domande vero/falso (1 punto a domanda), 10 domande a scelta multipla (1 punto a domanda) e 5 brevi domande aperte (max 2 punti a domanda). I quesiti saranno volti a verificare la capacità di individuare e descrivere la relazione nota tra correlati neurali e comportamentali.

La prova orale potrà essere affrontata solo dopo il superamento della prova scritta e verterà sull'approfondimento di un unico argomento proposto dal docente. La durata della prova orale sarà di massimo 15 minuti.

## **PSICOBIOLOGIA**

Lucidi presentati durante le lezioni.

Argomenti specifici possono essere approfonditi sui seguenti testi:

D. Purves, E.M. Brannon, R. Cabeza, S.A. Huettel, K.S. LaBar, M.L. Platt, M.G. Woldorff, Neuroscienze cognitive, Zanichelli, Edizione II, 2014

L. Craighero, Neuroni specchio. Il Mulino, Bologna, 2010

2017: seconda edizione

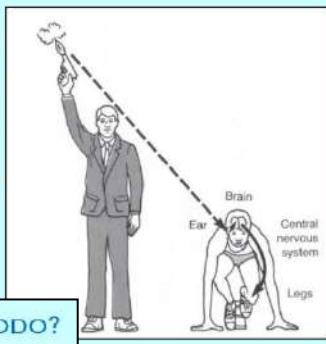
## **... NEUROSCIENZE COGNITIVE: APPROCCIO NEUROBIOLOGICO ALLA COGNIZIONE**

**COGNIZIONE?**

È UN TERMINE LATINO CHE SIGNIFICA «FACOLTÀ DI CONOSCERE»

**IL NEUROSCIENZIATO COGNITIVO STUDIA LA  
RELAZIONE TRA I PROCESSI COGNITIVI (TUTTO CIÒ CHE  
PERMETTE DI PERCEPIRE E COMPRENDERE GLI STIMOLI ESTERNI,  
ESTRARRE INFORMAZIONI, MANTENERLE IN MEMORIA E QUINDI  
GENERARE PENSIERI E AZIONI CHE AIUTINO A RAGGIUNGERE GLI  
OBIETTIVI DESIDERATI) E LA FUNZIONE SOTTOSTANTE DEL  
CERVELLO**

COSA SUCCEDA TRA LA PERCEZIONE DI UNO STIMOLO E LA REAZIONE A ESSO?



TUTTI PERCEPIAMO GLI STIMOLI ALLO STESSO MODO?

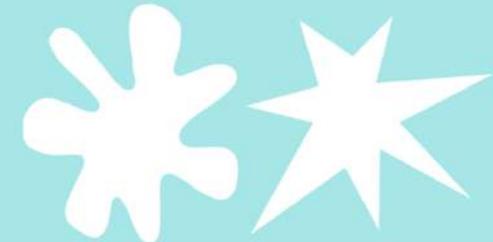


LA PERCEZIONE DIPENDE DALLA STIMOLAZIONE DI UNA SOLA MODALITÀ SENSORIALE?



LE DIVERSE MODALITÀ SENSORIALI SONO COMPLETAMENTE SEPARATE?

CHI È KIKI E CHI È BUBA??



Cenni di storia della Psicologia, di storia dello studio del cervello e nascita delle Neuroscienze (14 ore)

Metodo neuropsicologico. Il metodo della doppia dissociazione. Il metodo cronometrico. Principi fondamentali dell'elaborazione sensoriale. Aree eloquenti e non eloquenti. Integrazione multisensoriale. Psicofisica. Tecniche per individuare le relazioni tra funzioni cognitive e substrato neurale.

## **... NEUROSCIENZE COGNITIVE O PSICOBIOLOGIA**

*Da Enciclopedia Treccani:*

**psicobiologia** Disciplina originatasi dalla psicologia e insieme dalla neuroanatomia e neurofisiologia con lo scopo di individuare e descrivere i meccanismi che sono alla base del comportamento degli esseri viventi considerati come unità integrata dell'individuo con il suo ambiente naturale.

... l'attività in certe aree del cervello (biologia) influenza il comportamento (psicologia) ...

e viceversa!

## COS'E' LA PSICOBIOLOGIA?

studia la biologia del comportamento, ossia  
studia come il sistema nervoso determina e regola il comportamento

## COS'E' IL COMPORTAMENTO?

È l'insieme

- delle **attività manifeste** dell'organismo
- e dei **processi mentali** che sottostanno ad esse (percezione, programmazione dell'azione, emozioni, memoria, apprendimento, linguaggio, attenzione), detti anche **FUNZIONI COGNITIVE**

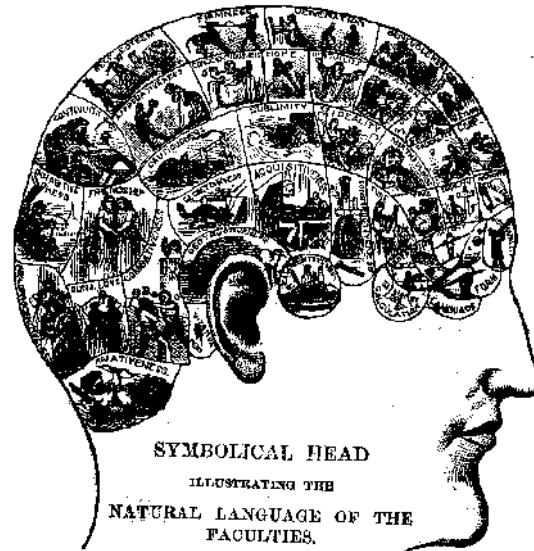
## NASCITA DELLA PSICOBIOLOGIA

All'inizio dell' '800 grande dibattito riguardo la localizzazione delle funzioni nervose superiori dell'uomo:

- Vengono generate grazie al contributo di tutto il cervello (il cervello è un organo sostanzialmente omogeneo)
- Dipendono da parti ben definite di esso



La FRENOLOGIA è una dottrina pseudoscientifica ideata e propagandata dal medico tedesco Franz Joseph Gall (1758-1828), secondo la quale le singole funzioni psichiche dipenderebbero da particolari zone o "regioni" del cervello, così che dalla valutazione di particolarità morfologiche del cranio di una persona (linee, depressioni, bozze), si potrebbe giungere alla determinazione delle qualità psichiche dell'individuo e della sua personalità (inclinazione all'amore, per l'intimità domestica, per la combattività, per l'amore del teatro, per il calcolo, ecc.)



1. Istinto di riproduzione (situato nel cervelletto)
2. Amore per la propria prole.
3. Affetto e amicizia.
4. Istinto di autodifesa e coraggio; tendenza a fare a botte.
5. Istinto carnivoro; tendenze omicide.
6. Astuzia, acume; furbizia.
7. Senso della proprietà; tendenza ad accumulare (negli animali); avidità; tendenza al furto.
8. Orgoglio, arroganza, sicumera; amore per l'autorità; superbia.
9. Vanità, ambizione, amore per la gloria (una qualità "benefica per l'individuo e la società")
10. Circospezione e prudenza.
11. Memoria delle cose e dei fatti; educabilità, perfettibilità.
12. Senso dei luoghi e delle proporzioni spaziali.
13. Memoria per i volti.
14. Memoria per le parole.
15. Senso della parola e del linguaggio.
16. Senso del colore.
17. Senso del suono e della musica.
18. Senso della connessione tra i numeri.
19. Senso della meccanica, della costruzione; talento architettonico.
20. Sagacia comparativa.
21. Senso della metafisica.
22. Senso della satira.
23. Talento poetico.
24. Gentilezza; benevolenza; compassione; sensibilità; senso morale.
25. Facoltà di imitare.
26. Organo religioso.
27. Fermezza di intenti; costanza; perseveranza.

Gall (lati positivi):

1. Tentativo di frammentare la mente umana in funzioni relativamente autonome, aventi ognuna una propria localizzazione cerebrale
2. Ricorso alla patologia come fonte di dati empirici capaci di confermare o inficiare i modelli frenologici

Purves: cap. 2

Le alterazioni cerebrali che fanno luce sulle funzioni cognitive

(A) Approccio delle alterazioni cerebrali

Misura della prestazione  
al compito



Cognizione

Perturbazione  
del cervello



Cervello



- Broca, 1861: il linguaggio non è generato unitariamente dal cervello ma dipende da parti ben definite di esso



Paziente "Tan"

Deficit specifico di produzione del linguaggio: ad ogni domanda risponde con lo stereotipo "tan-tan"

Lesione specifica alla base della terza circonvoluzione frontale di sinistra

"a cavity with a capacity for holding a chicken's egg"

# METODO NEUROPSICOLOGICO

L'osservazione di Broca fu considerata la prima chiara dimostrazione di due principi sui quali si sarebbero poi basate, più di 100 anni dopo, le neuroimmagini (tecniche che permettono di visualizzare in vivo l'attività della corteccia cerebrale durante l'esecuzione di compiti cognitivi):

- la corteccia cerebrale è scomponibile in tante porzioni (aree) che svolgono funzioni diverse
- queste funzioni sono indipendenti le une dalle altre, sono isolabili

APPROCCIO MODULARE ALLO STUDIO DELLE FUNZIONI NERVOSE

Quando è nata la psicologia?

Come disciplina scientifica è iniziata poco più di un secolo fa in Germania, per poi affermarsi prima nei paesi anglosassoni e poi nel mondo.

Come insieme di teorie ingenue esiste da quando l'uomo ha incominciato a riflettere su se stesso.

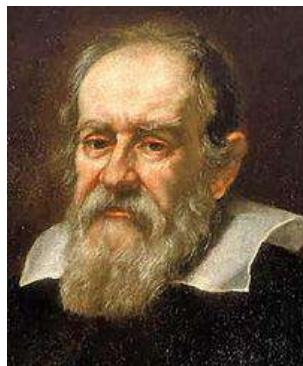
Psicologia ingenua: teoria fondata sulla personale esperienza.

Psicologia basata sul metodo sperimentale: manipolazione di variabili.

*Variabile indipendente*: viene manipolata dallo sperimentatore

*Variabile dipendente*: misura del comportamento.

Se la variabile dipendente viene modificata dalla manipolazione sperimentale, questo significa che la variabile indipendente ha un effetto sulla variabile dipendente.

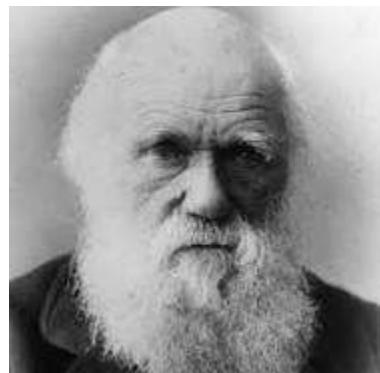


Galileo Galilei (1564 -1642) è stato un fisico, filosofo, astronomo e matematico italiano, considerato il padre della scienza moderna.  
Introduce il METODO SCIENTIFICO SPERIMENTALE.

Lo studio sperimentale dei contenuti e dei processi mentali non è sempre stato accettato come un valido argomento di ricerca in psicologia.

Quando nei paesi occidentali era già stato adottato un approccio scientifico per lo studio del mondo fisico, rimanevano forti resistenze a concepire l'uomo come facente parte della natura.

Se l'uomo non faceva parte della natura, perché studiarlo con le tecniche adottate per la natura?



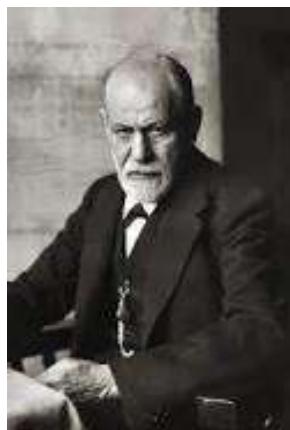
Charles Robert Darwin (1809-1882). Ha formulato la teoria dell'evoluzione delle specie animali e vegetali per *selezione naturale*.

L'uomo non è «costituzionalmente» diverso dalle altre specie animali ma è solo il risultato di un diverso processo evolutivo.



**René Descartes, Renato Cartesio (1596-1650).** È ritenuto fondatore della matematica e della filosofia moderna. Traccia una netta distinzione tra mente e corpo: si può dubitare dell'esistenza del secondo ma non della prima. Senza la mente non potremmo neppure dubitare.  
«**PENSO DUNQUE SONO**»

**Wilhelm Maximilian Wundt (1832-1920).** È considerato "il padre fondatore" della psicologia. Non riteneva che il metodo sperimentale potesse essere esteso a tutti i problemi della psicologia. Utilizza l'**INTROSPEZIONE COME METODO SCIENTIFICO**.



**Sigmund Schlomo Freud (1856-1939).** Fondatore della psicoanalisi, una delle principali branche della psicologia. Utilizza le capacità **INTROSPETTIVE** dei pazienti, e costruisce un codice per capire le origini psicologiche dei loro stati d'animo. La guarigione consiste nel capire la vita mentale interna che, se non analizzata, causa sofferenza.



John Broadus Watson (1878-1958) è stato uno psicologo statunitense, padre del comportamentismo.

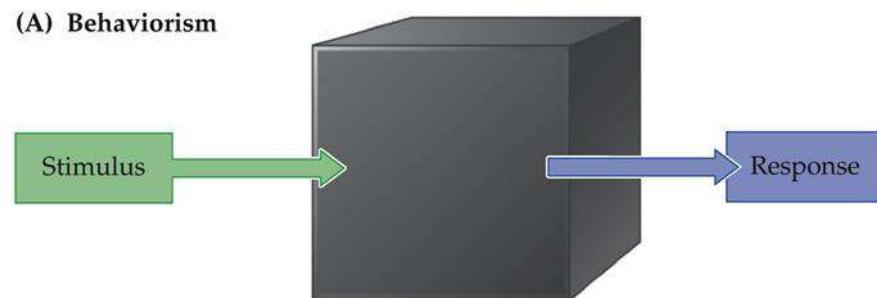
## IL COMPORTAMENTISMO

Dal 1910 al 1950 negli Stati Uniti.

Il comportamentismo afferma che non hanno senso tutti quei concetti propri della psicologia del senso comune o della psicologia filosofica, tipo: mente, pensiero, desiderio, volontà, etc, perché sono concetti metafisici, in quanto tali non scientifici. Al loro posto bisogna collocare il comportamento, perché per studiarlo è sufficiente osservare gli stimoli che l'organismo riceve e le risposte a questi o viceversa.

Visto che non è possibile studiare sperimentalmente la mente è necessario limitarsi a studiare sperimentalmente il comportamento.

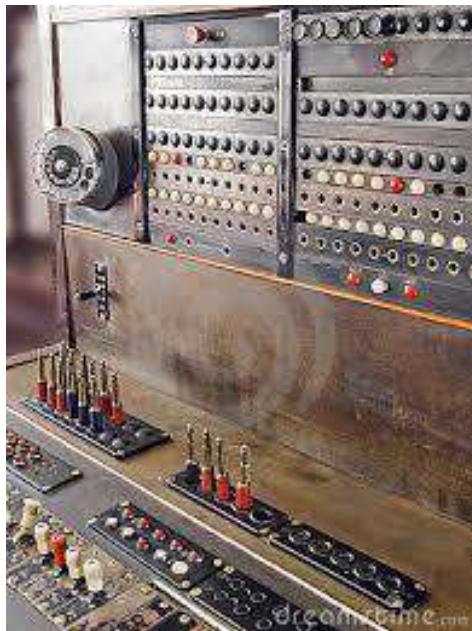
- Oggetto di studio: non la mente, né la coscienza, ma il comportamento osservabile
- Metodo di studio: non l'introspezione né il colloquio clinico, bensì il controllo sperimentale



## TEORIA DELL'INFORMAZIONE

Negli anni 1940, all'inizio del Comportamentismo, si sono sviluppati dei nuovi approcci alla ricerca psicologica fonati sull'evidenza che l'elaborazione delle informazioni poteva essere quantificata e che vi erano dei limiti prestabili alla quantità delle informazioni che poteva essere trasmessa lungo i canali di comunicazione.

Come le linee telefoniche, anche gli esseri umani dovevano avere dei limiti dal punto di vista del numero di messaggi simultanei che erano in grado di elaborare.



## IL COGNITIVISMO

Il cognitivismo nasce negli USA al finire degli anni Cinquanta, inizi anni Sessanta.

Negli anni '50 i computer potevano validare semplici teoremi matematici, un'abilità in precedenza considerata solo umana.

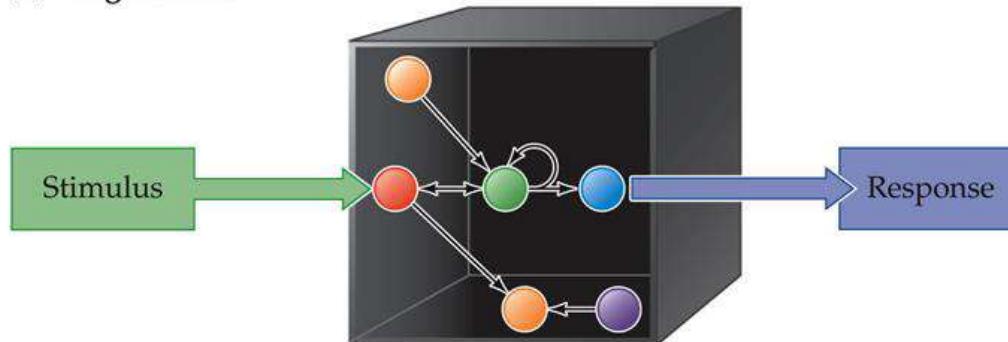
Questo dimostra che non c'è bisogno di niente di non scientifico o mistico nello studio dei processi mentali non osservabili, in quanto è possibile descriverli con una serie di operazioni simboliche.

Metafora del computer:

- I circuiti cerebrali costituiscono l'hardware
- Le strategie di elaborazione costituiscono il software.

La mente viene definita come una serie di **processi** (operazioni) che agiscono su **rappresentazioni** (simboli).

(B) Cognitivism



## ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI

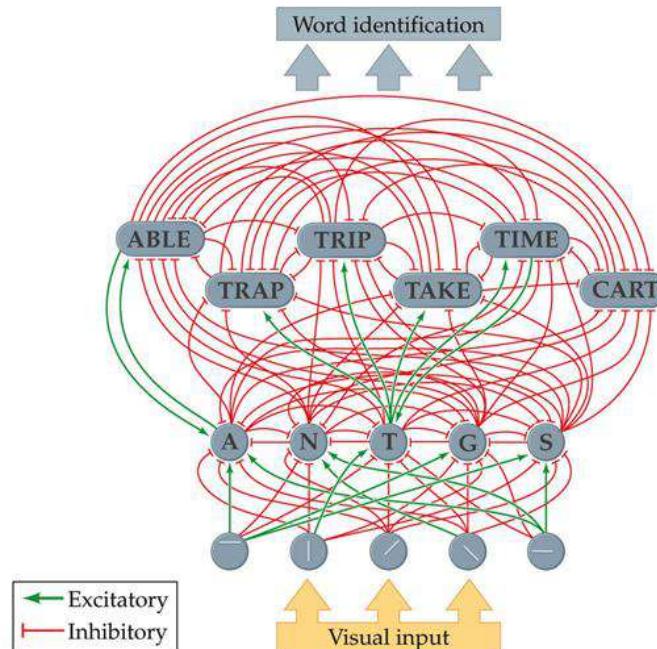
### SERIALE

L'elaborazione delle informazioni avviene per passi sequenziali tra loro indipendenti.

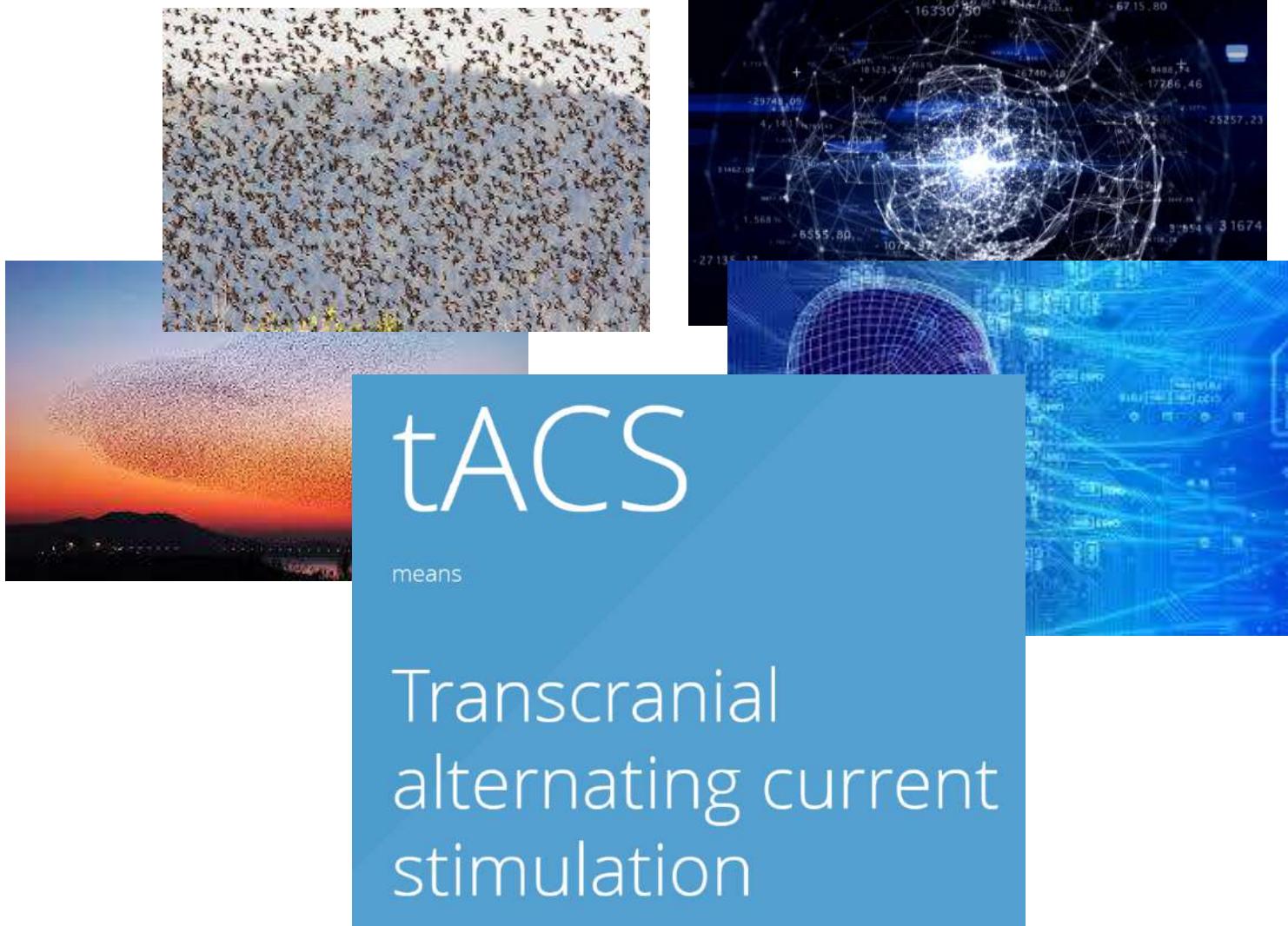
### MODELLI CONNESSIONISTI

L'elaborazione delle informazioni è distribuita in parallelo tra un certo numero di vie.

L'alterazione di uno stadio influenza gli altri.



# INTERNET!!



<https://youtu.be/Sg2cm5c9u1Y>

STIMOLAZIONE A CORRENTE ALTERNATA





# Transcranial Direct Current Stimulation and Sports Performance

Dylan J. Edwards<sup>1, 2, 3, 4\*</sup>, Mar Cortes<sup>5, 6</sup>, Susan Wortman-Jutt<sup>7</sup>, David Putrino<sup>6, 8</sup>,  
Marom Bikson<sup>9</sup>, Gary Thickbroom<sup>1, 3, 6</sup> and Alvaro Pascual-Leone<sup>2, 10</sup>

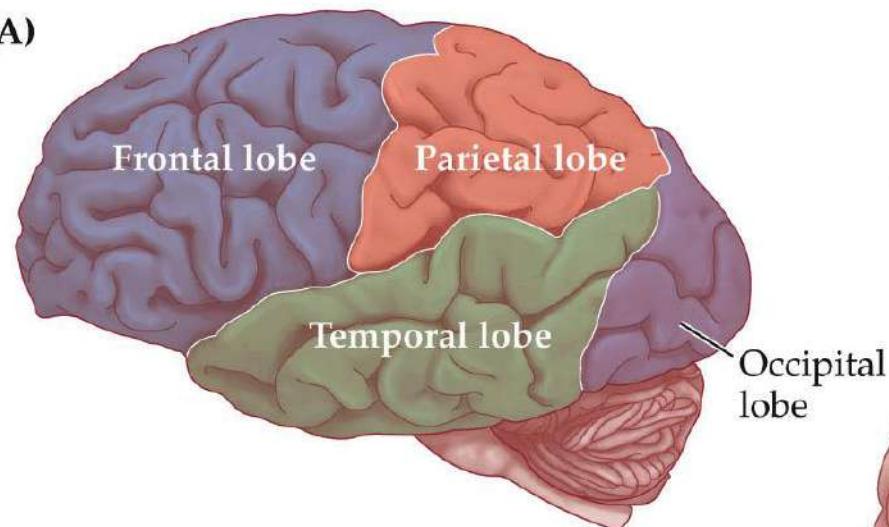


**FIGURE 1 | Examples of tDCS device being used in sports training. (A,B)** Caputron tDCS device. **(C,D)** Halo tDCS device. Devices are typically used for 20 min before intensive training when motion is minimized, then removed when intensive physical training begins, comparable to timing in clinical rehabilitation.

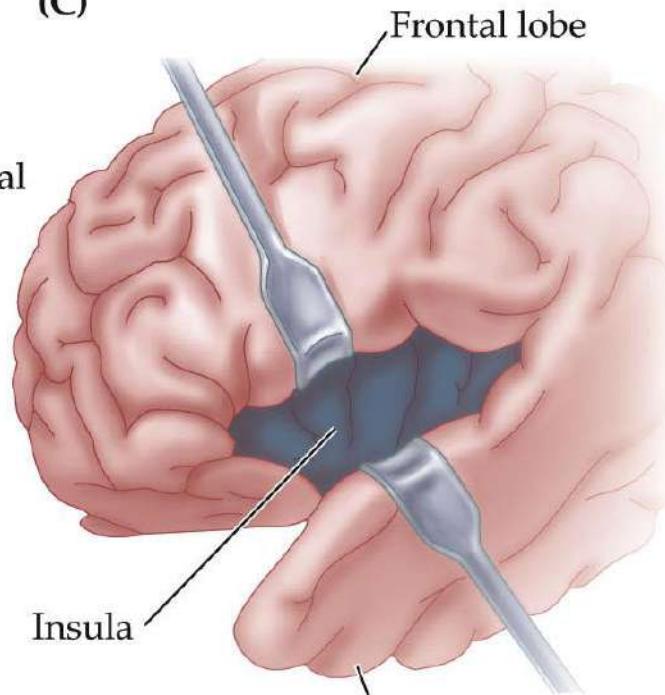
STIMOLAZIONE A CORRENTE CONTINUA

## Lobi

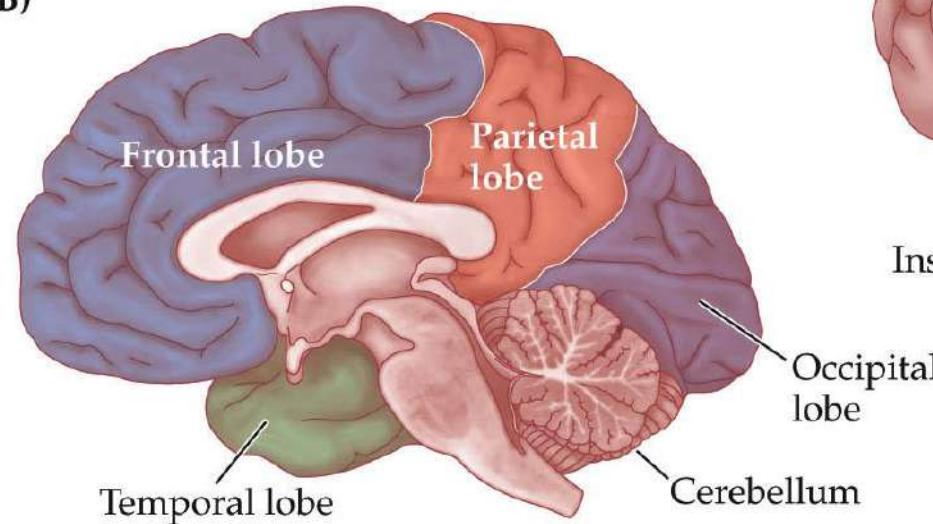
(A)



(C)

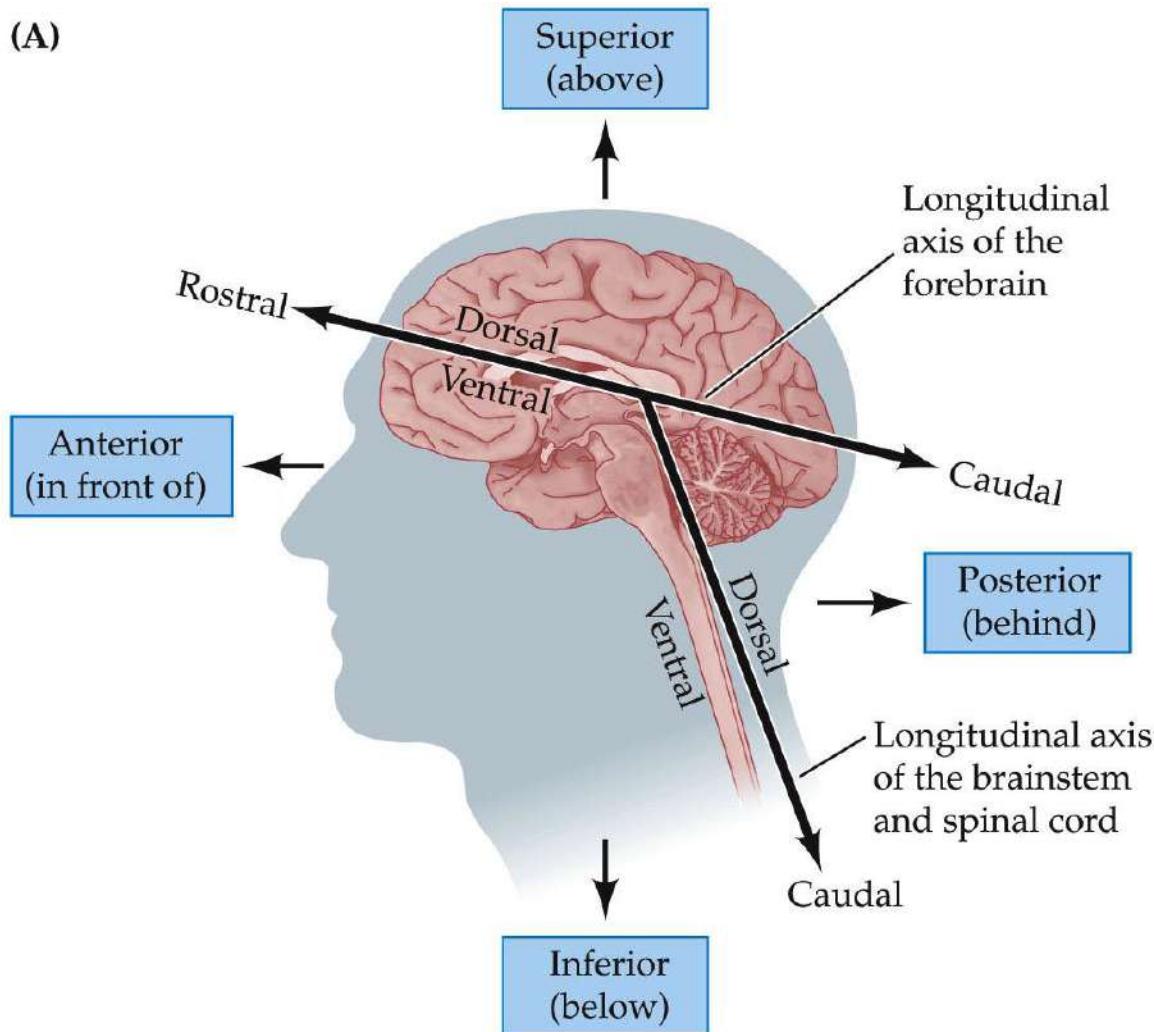


(B)

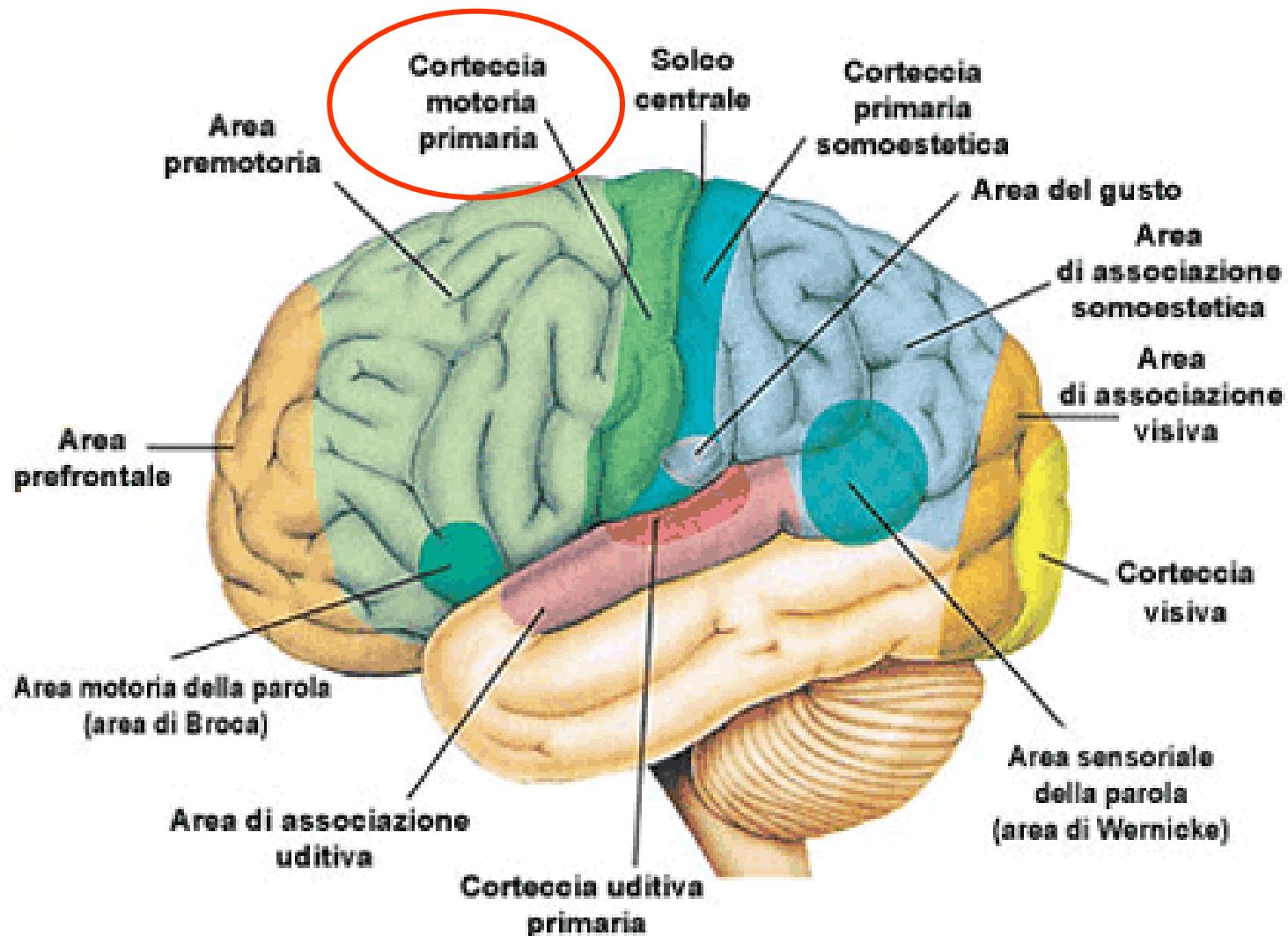


## Terminologia anatomica

(A)

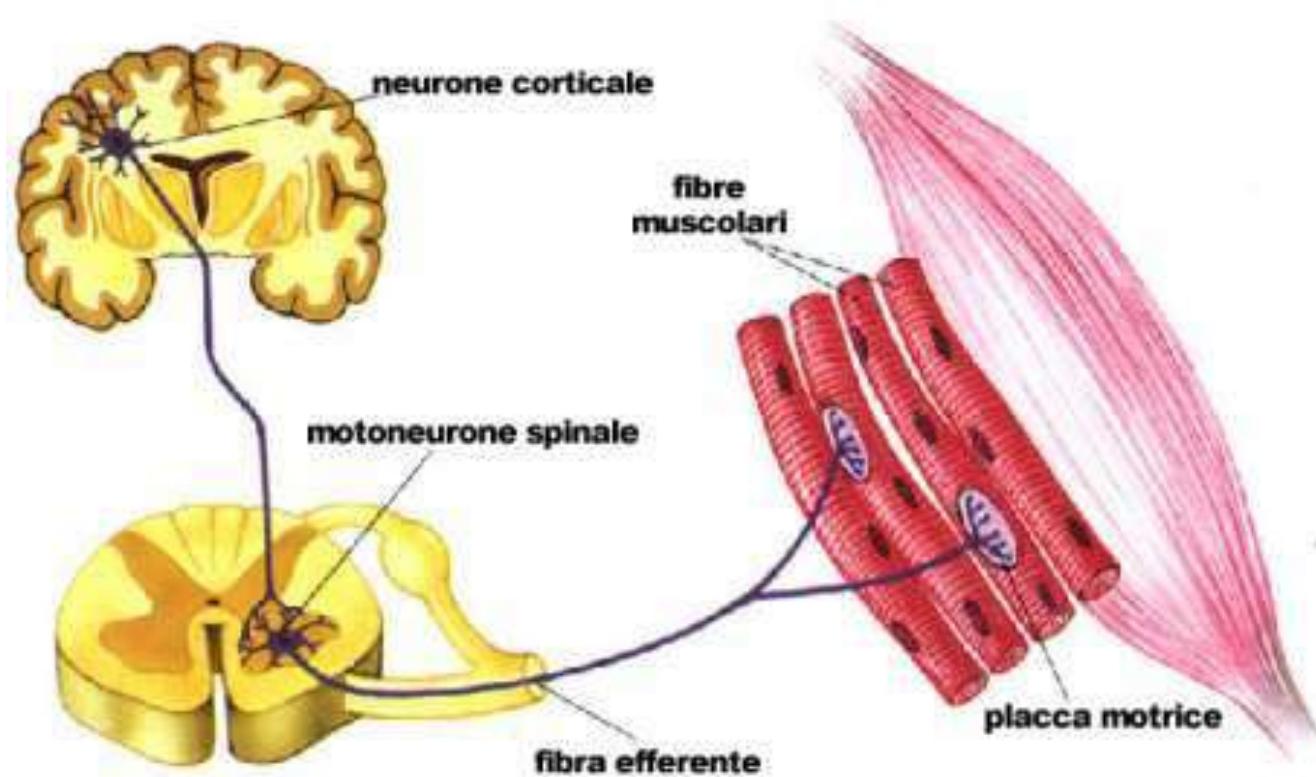


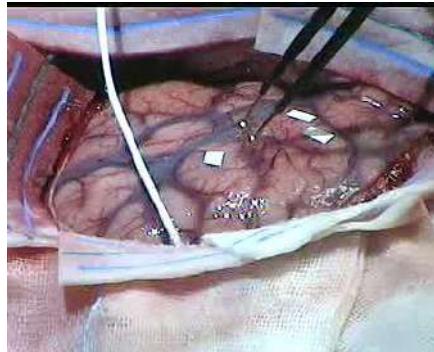
## Giro precentrale (davanti al solco centrale): corteccia motoria



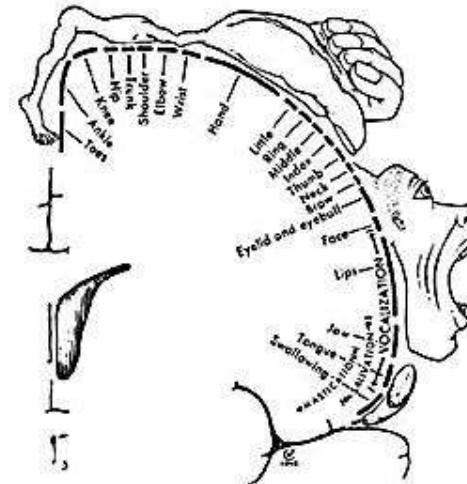
## 1) CORTECCIA MOTORIA:

Contiene neuroni i cui assoni proiettano sui motoneuroni nel tronco dell'encefalo e nel midollo spinale che innervano la muscolatura scheletrica.

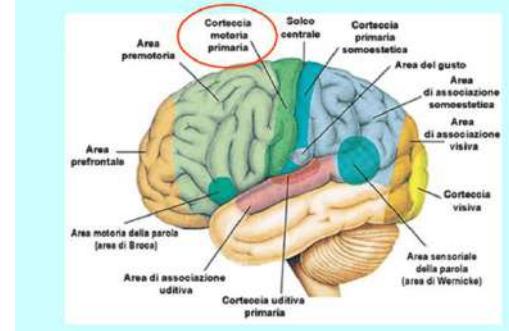




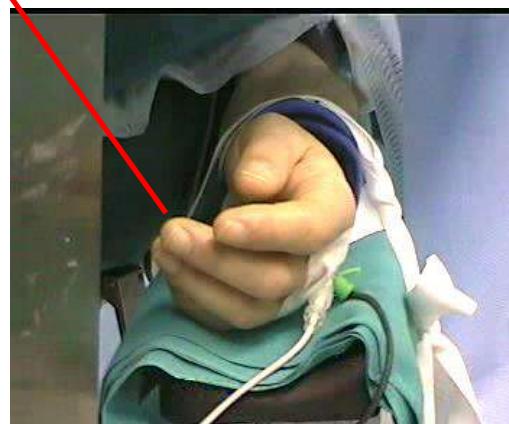
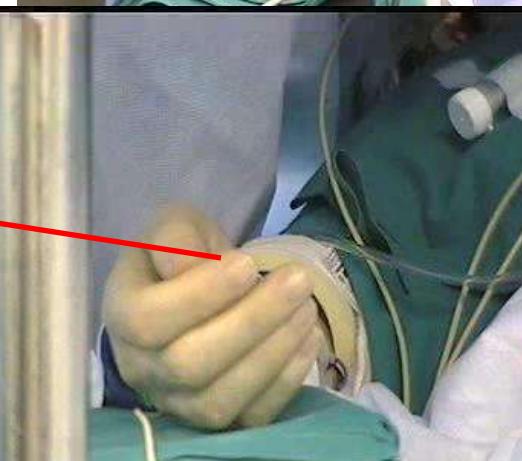
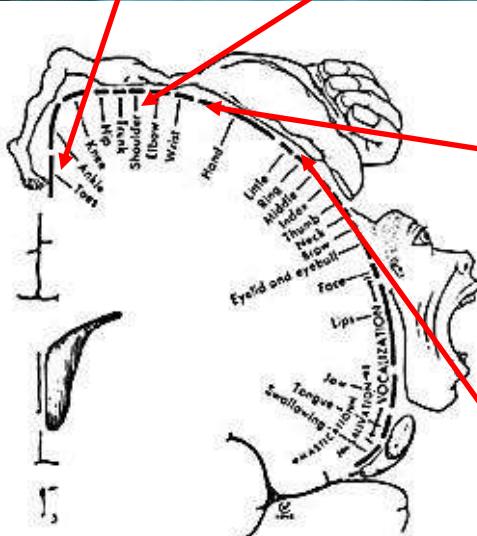
## Homunculus motorio



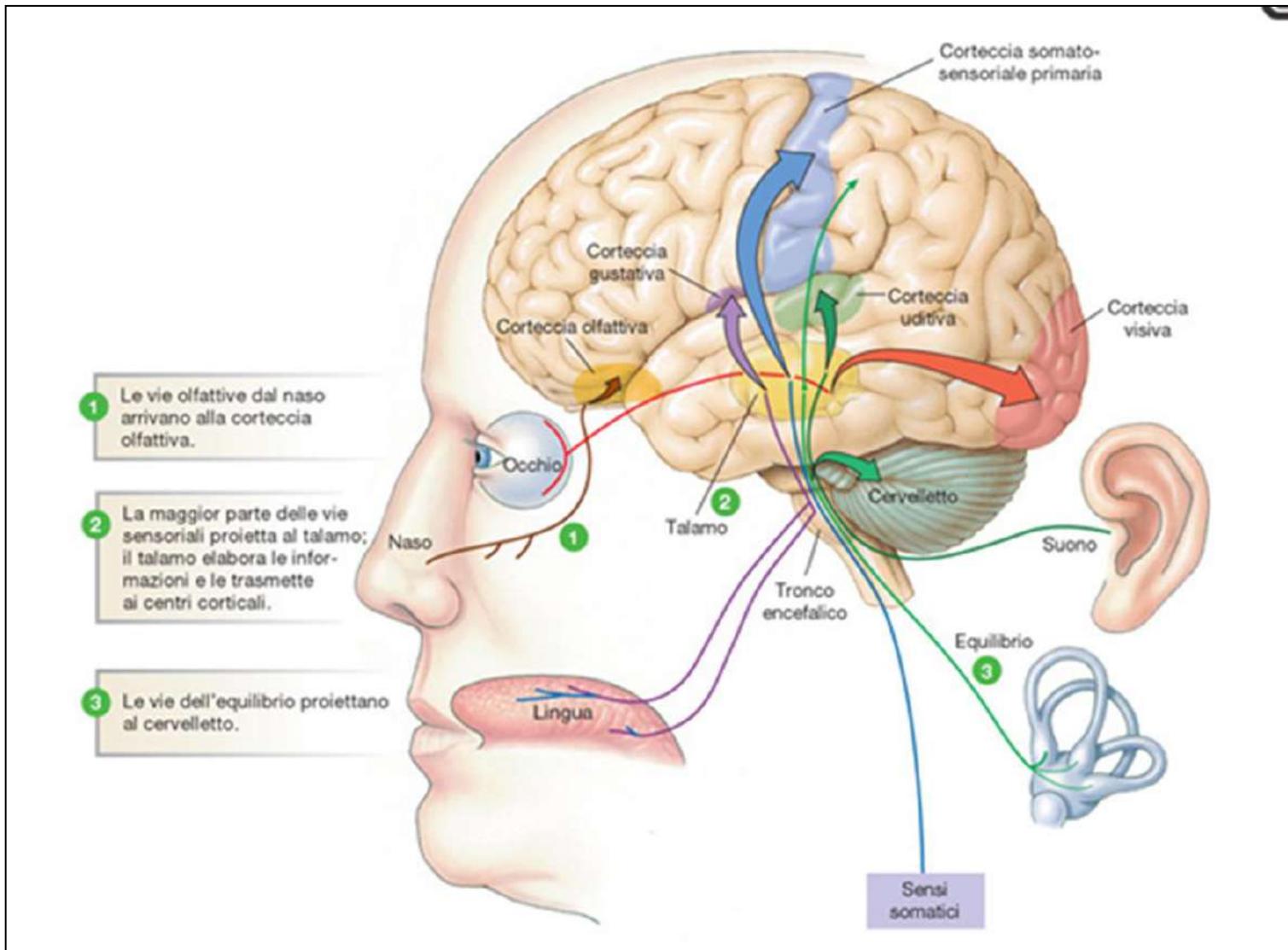
Giro precentrale (davanti al solco centrale): corteccia motoria



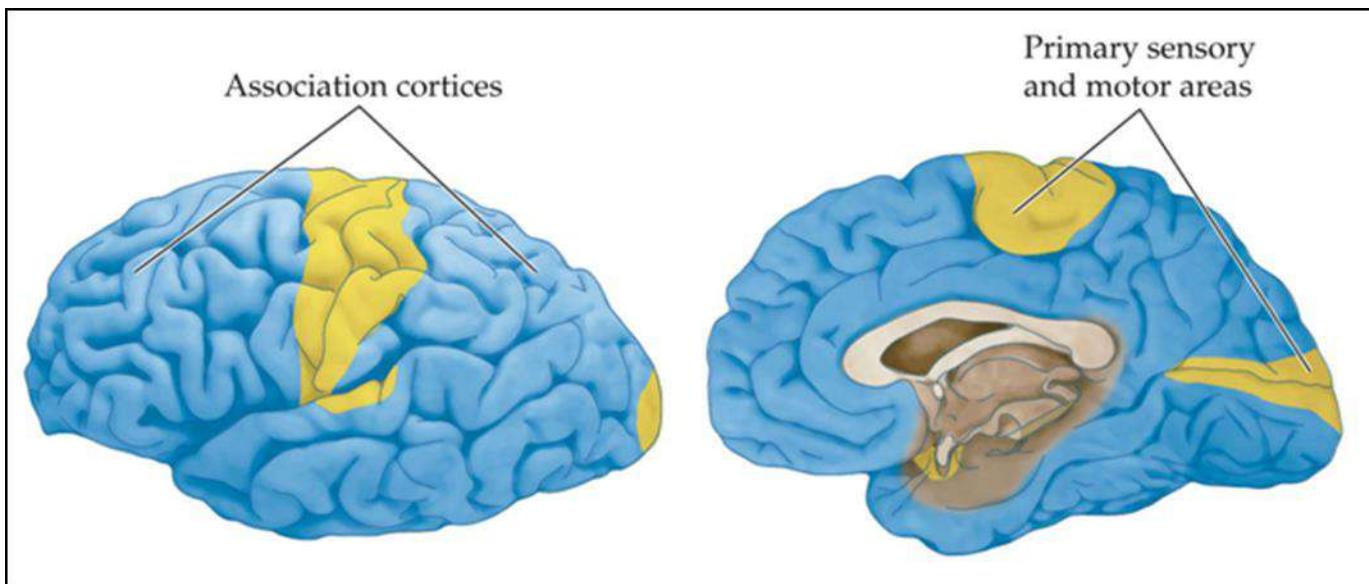
# PSICOLOGIA FISIOLOGICA



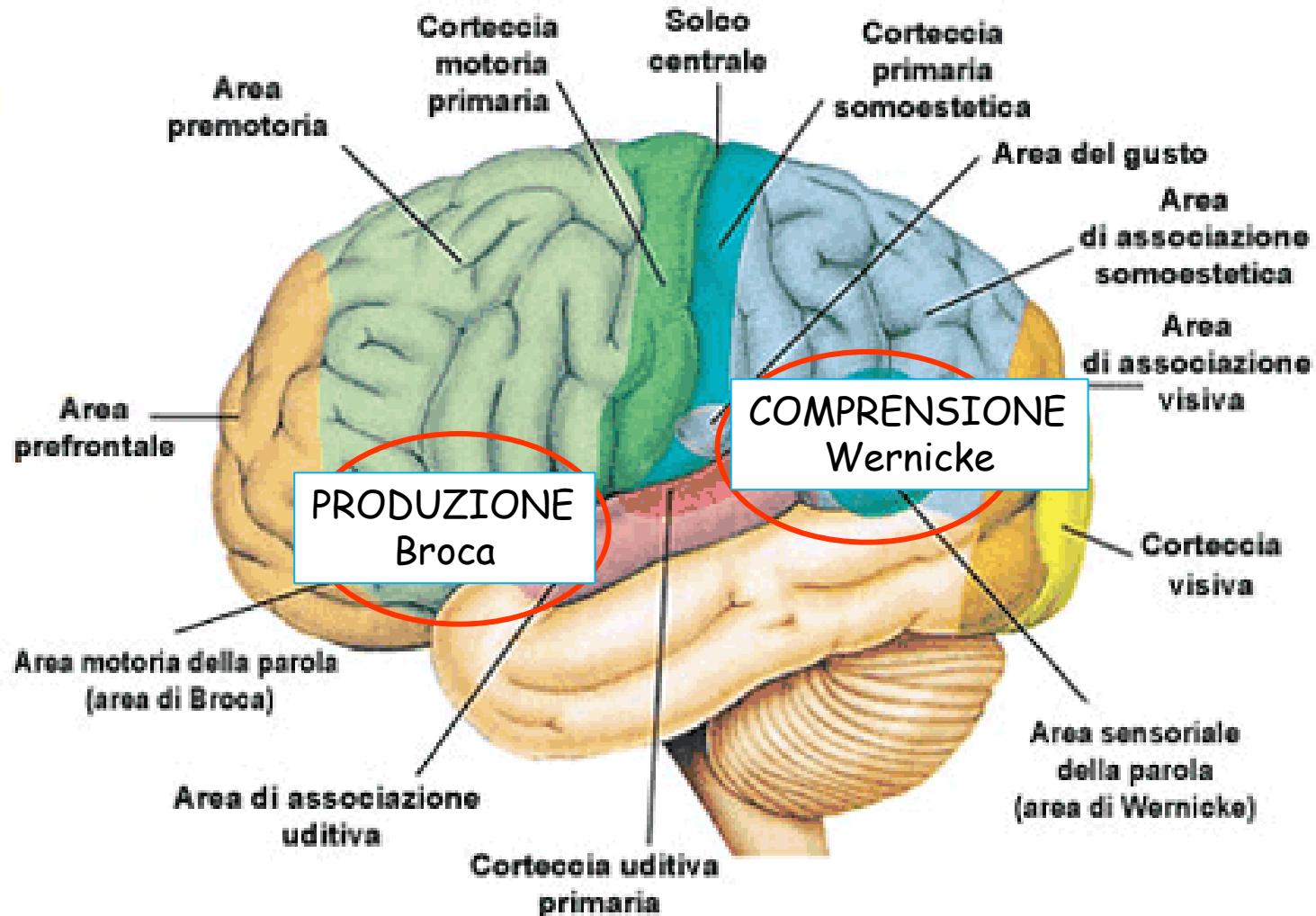
2) Per tutte le modalità sensoriali l'obiettivo iniziale dell'input alla corteccia cerebrale è chiamato CORTECCIA SENSORIALE PRIMARIA per quella modalità



3) LE AREE CORTICALI DI ORDINE SUPERIORE:  
integrano le informazioni derivate da altre regioni cerebrali.



Tra le aree di ordine superiore ci sono le aree del linguaggio



Per comprendere le basi neurali della cognizione è necessario:

- stabilire legami tra specifiche strutture cerebrali e l'attività neurale
- individuare le funzioni o i processi cognitivi
- trovare la relazione tra questi

A questo fine è necessario utilizzare molteplici metodologie e confrontare i risultati dei diversi studi

## Doppia dissociazione

Lo scopo è dimostrare l'indipendenza di due (o più) processi all'interno del cervello sulla base di lesioni/inattivazioni.

- Considero due processi cognitivi A e B.
- Individuo due test per valutare la prestazione relativamente ad A e a B.
- Verifico quali regioni cerebrali, se lesionate o inattivate, portano a deficit in A e B rispetto ai due test individuati.
- Metto a confronto le due regioni: se sono separate posso affermare che ho doppiamente dissociato quei processi e che essi sono indipendenti

	Processo A	Processo B
Regione 1	Deficit	No Deficit
Regione 2	No Deficit	Deficit

	Process A	Process B
Region 1	Deficit	No Deficit
Region 2	No Deficit	Deficit

	Produzione di linguaggio	Comprensione di linguaggio
Area di Broca	Deficit	No deficit
Area di Wernicke	No deficit	Deficit

## Esempio di doppia dissociazione: Due vie visive corticali

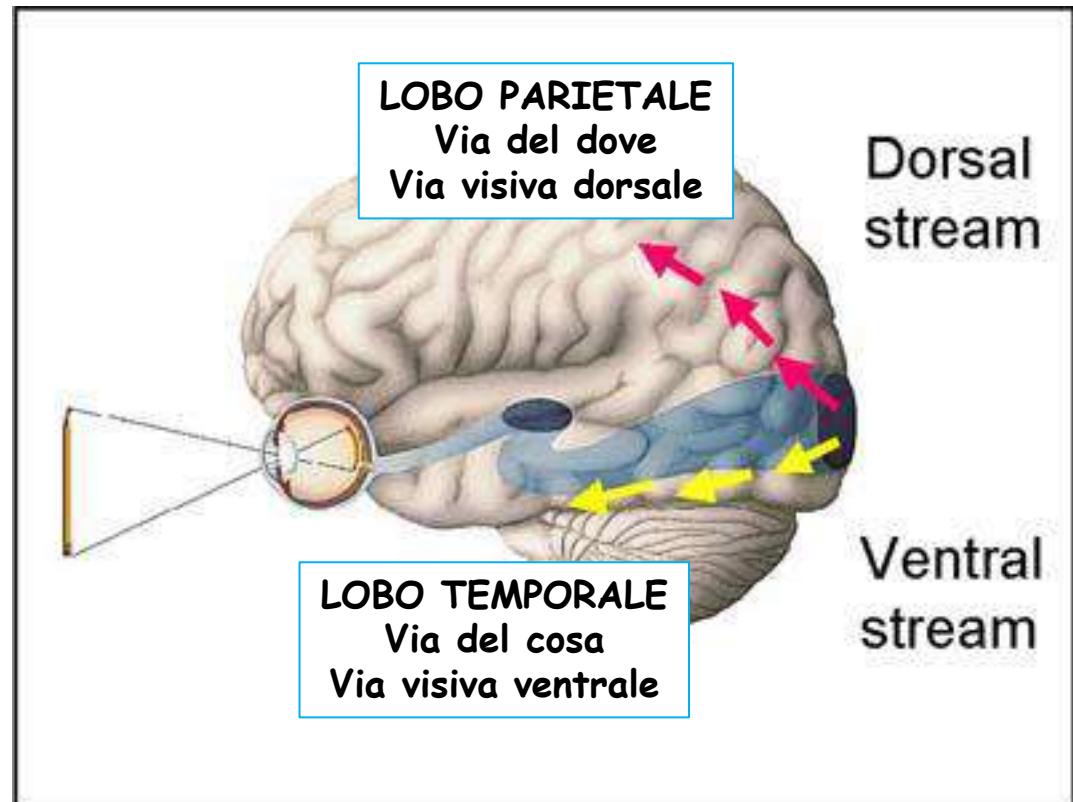
Ungerleider e Mishkin (1982)  
per primi hanno ipotizzato  
l'esistenza di due vie visive:

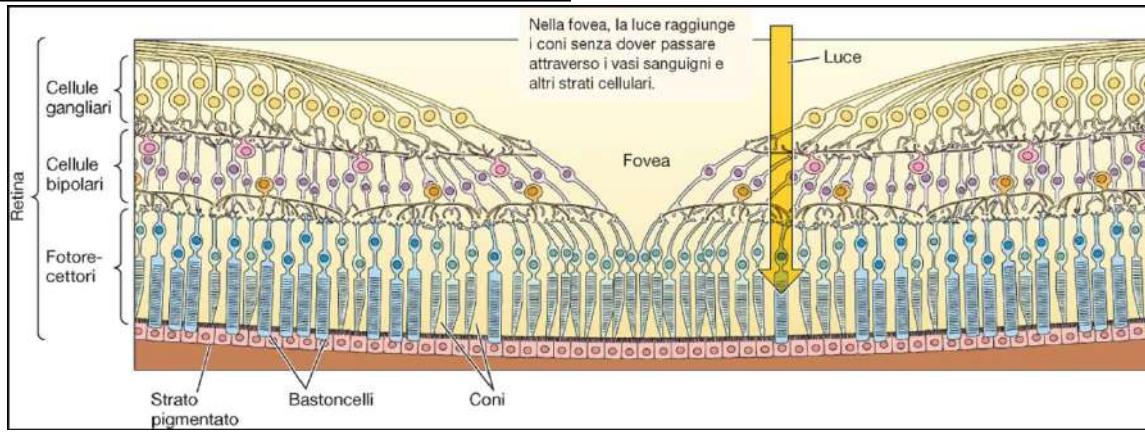
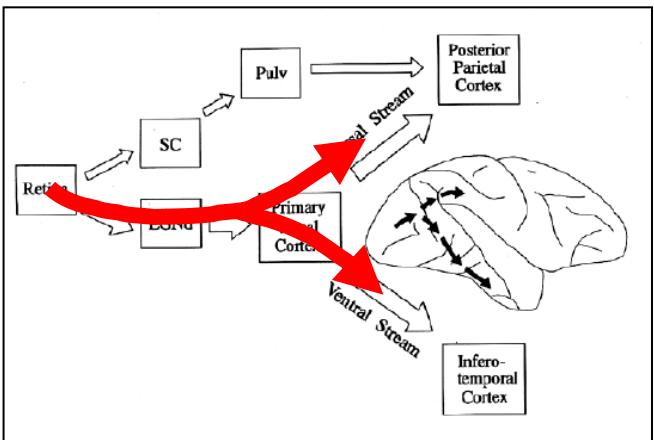
"What" (ventrale)  
VIA DEL COSA

vs

"Where" (dorsale)  
VIA DEL DOVE

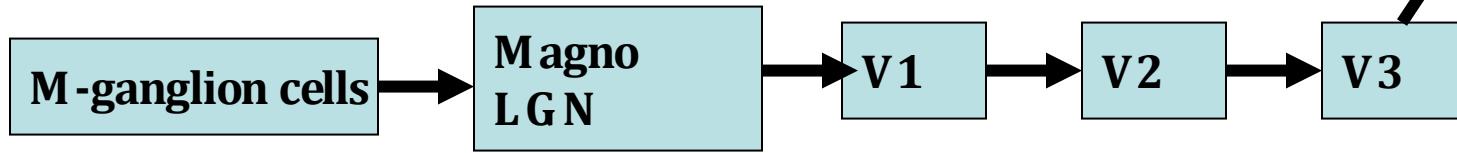
in base a studi di lesione nella  
scimmia



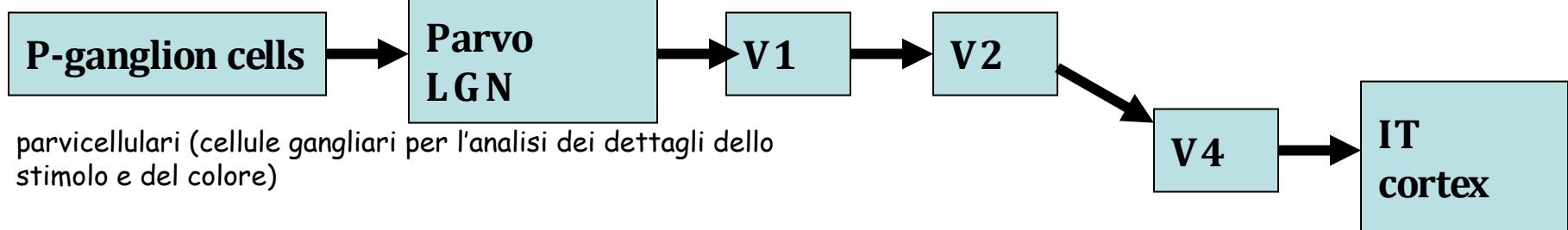


Parietal

MT  
V5



magnocellulari (cellule gangliari che rispondono a stimuli grandi e al loro movimento)

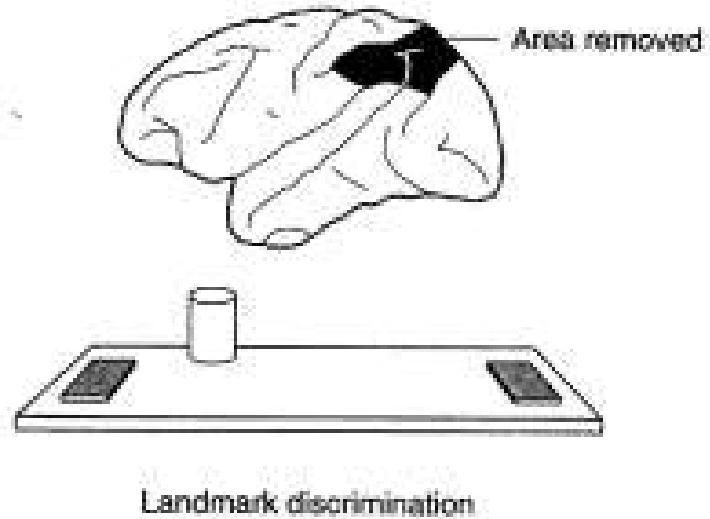
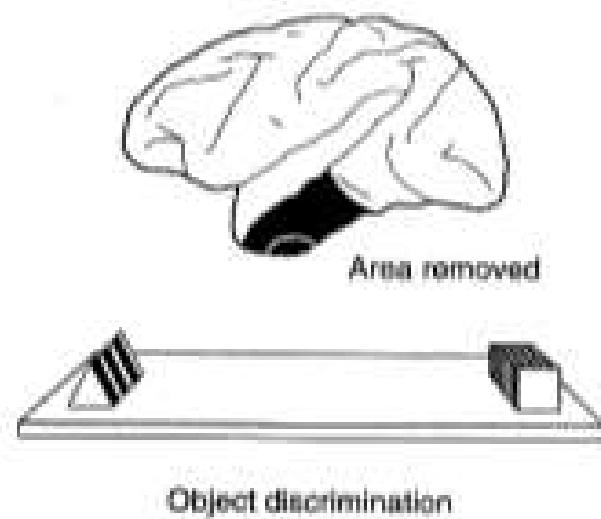


	Process A	Process B
Region 1	Deficit	No Deficit
Region 2	No Deficit	Deficit

Sede della lesione	Discriminare un oggetto da un altro	Localizzare la posizione di un oggetto
Via ventrale	Deficit	No deficit
Via dorsale	No deficit	Deficit

# Ungerleider e Mishkin (1982)

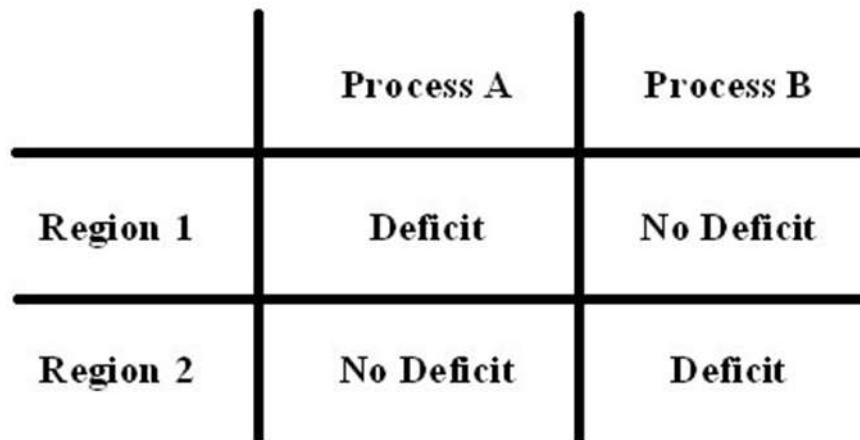
- Hanno allenato le scimmie ad eseguire due compiti:
  - discriminazione di oggetto (cibo sotto un oggetto di una certa forma)
  - compito di localizzazione (cibo nascosto in contenitore vicino ad un landmark)
- scimmie alle quali successivamente veniva lesionato il lobo temporale non erano più in grado di eseguire la discriminazione di oggetto
- scimmie alle quali successivamente veniva lesionato il lobo parietale non erano più in grado di eseguire il compito di localizzazione



# Goodale & Milner (1995)

Suggeriscono che

- la via dorsale serve al controllo visivo dell'esecuzione delle azioni - VIA DEL COME
- la via ventrale è la sede principale delle informazioni relative alla percezione e alla semantica - VIA DEL COSA



Sede della lesione	Discriminare un oggetto da un altro	Controllo visivo dell'esecuzione delle azioni
Via ventrale	Deficit	No deficit
Via dorsale	No deficit	Deficit

# Goodale & Milner (1995)

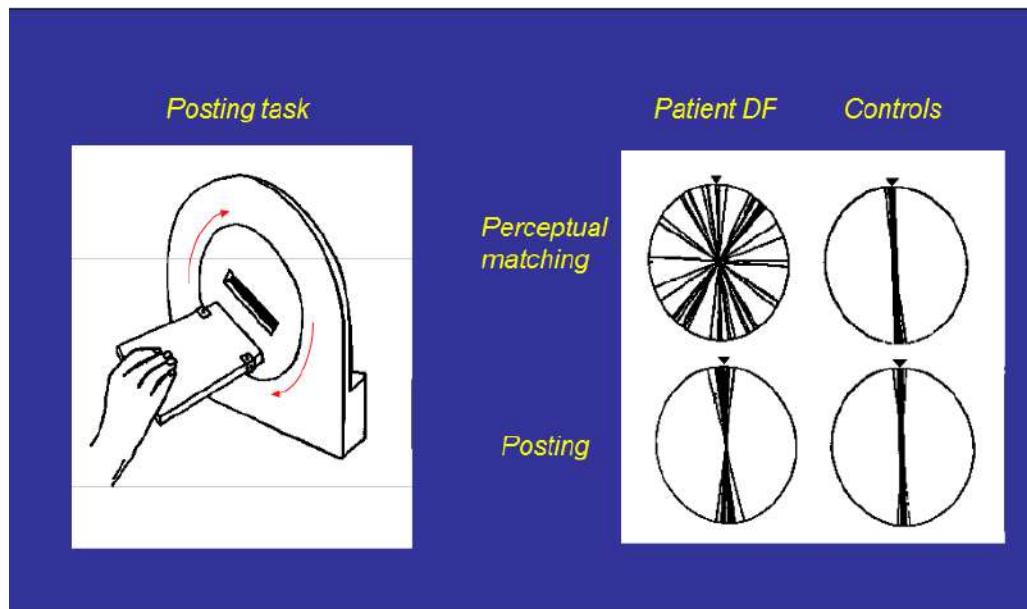
Suggeriscono che

- la via dorsale serve al controllo visivo dell'esecuzione delle azioni - VIA DEL COME
- la via ventrale è la sede principale delle informazioni relative alla percezione e alla semantica - VIA DEL COSA

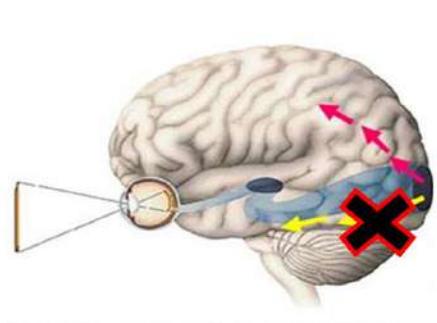
ipotesi supportata da pazienti che dimostrano una "doppia dissociazione"

il paziente DF (agnosia visiva) con un danno al lobo temporale non riesce a dire se una fessura è orientata verticalmente o orizzontalmente e non riesce a fare il "match". Riesce però ad imbucare.

Il paziente A.D. (atassia ottica) con una lesione dorsale riesce perfettamente a riconoscere gli oggetti ma non riesce a prenderli o usarli correttamente.



## Pazienti con lesione alla via ventrale



**Agnosia visiva**

Discriminare l'orientamento

"è un cacciavite"

Imbucare

Icon showing hands performing a task.

I pazienti con agnosia visiva, non identificano correttamente gli oggetti. Conservano la capacità di utilizzare le informazioni visive per guidare i movimenti della mano sullo stimolo.

Non riconoscono gli oggetti e l'orientamento degli oggetti  
ma riescono ad utilizzare le informazioni visive per eseguire le azioni

## Pazienti con lesione alla via dorsale

**Atassia ottica**

Icon showing a stack of cups.

Icon showing a hand reaching for a cup.

I pazienti con atassia ottica riconoscono l'oggetto che devono afferrare.  
Falliscono nell'utilizzare le informazioni visive quando devono compiere un movimento con la mano per raggiungere l'oggetto.

Non riescono ad utilizzare le informazioni visive per eseguire le azioni  
ma riconoscono gli oggetti e l'orientamento degli oggetti

Così come il cervello viene scomposto in aree più piccole deputate a funzioni cognitive diverse,  
Anche processi mentali complessi possono essere scomposti in operazioni più semplici

## Metodi cronometrici

Cronometria mentale nasce con il fisiologo olandese **Donders** (1818-1889)

- **Ipotesi:** si può misurare la durata di esecuzione delle operazioni mentali attraverso la misura dei **Tempi di Reazione** = TR

Esempio:

compito di detezione: premere più velocemente possibile un tasto appena si vede apparire un puntino luminoso sullo schermo

Il tempo che intercorre tra l'apparire del puntino (stimolo) e la pressione del tasto (risposta) è un indice del tempo richiesto dal processo mentale di decisione (detezione, riconoscimento, invio della risposta, movimento, esecuzione)

La differenza nei tempi di risposta tra due situazioni simili in cui solamente una caratteristica viene variata, dà un indice del tempo richiesto per effettuare esattamente quell'operazione mentale di differenza.

## CRONOMETRIA MENTALE

Idea di base:

**è possibile misurare la durata dei processi mentali complessi, perché questi sono scomponibili in operazioni mentali semplici e discrete** (Donders, 1868; Sternberg, 1969).

Assunzioni:

- (1) È possibile **isolare le operazioni mentali** elementari sottostanti un processo cognitivo complesso
- (2) Una operazione mentale consiste nella trasformazione dell'informazione da una forma a un'altra. Può essere misurata perché **richiede del tempo** definito per essere svolta.
- (3) Quanto più lungo è il tempo che intercorre tra la presentazione dello stimolo e il momento in cui il soggetto emette la risposta (**TEMPO DI REAZIONE**), tanto più numerose si può ipotizzare siano le operazioni che sono state compiute.

## **Metodo sottrattivo** (Donders)

Se 2 compiti sono identici, eccetto che per una operazione mentale X, la differenza tra i TR necessari per eseguire i 2 compiti fornisce una misura del tempo necessario per eseguire l'operazione.

$$\text{TR compito A} - \text{TR compito B} = \text{TR operazione mentale X}$$

Donders era interessato a misurare il tempo necessario per svolgere 2 operazioni mentali elementari:

(a) **DISCRIMINAZIONE** dello stimolo

(b) **SELEZIONE** della risposta

Per farlo utilizza 3 diversi compiti (3 procedure per misurare i TR):

**TR SEMPLICI (tipo A):** 1 stimolo - 1 risposta      (non a non b)

**TR DI SCELTA (tipo B):** N stimoli - N risposte      (sia a sia b)

**TR GO NO-GO (tipo C):** N stimoli - 1 risposta      (a ma non b)



Operazione di **DISCRIMINAZIONE:**       $\text{TR C} - \text{TR A}$

Operazione di **SELEZIONE** della risposta:       $\text{TR B} - \text{TR C}$

TR semplici (A): 1 stimolo/1 risposta  
no discriminazione/no selezione

## detezione

*Premi il tasto appena vedi il cerchio rosso*

TR scelta (B): N stimoli/N risposte  
sì discriminazione/sì selezione

---

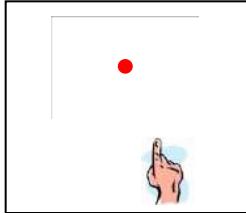
## scelta

*premi il tasto a destra se compare il pallino verde,  
quello a sinistra se compare quello rosso*

TR go no-go (C): N stimoli/1 risposta  
sì discriminazione/no selezione

## discriminazione semplice

*premi un tasto appena vedi un cerchio rosso in una coppia di cerchi*



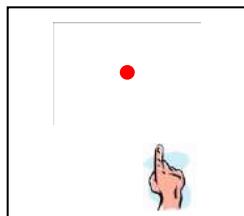
(A) TR semplici: 1 stimolo/1 risposta  
no discriminazione/no selezione

TR fisiologico

<http://2e.mindsmachine.com/av14.04.html>

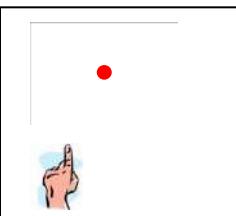
**PERCHÉ SE UN CENTOMETRISTA PARTE DOPO 80MS  
DALLO SPARO VIENE PENALIZZATO PER «FALSA  
PARTENZA»?**





(A) TR semplici: 1 stimolo/1 risposta  
no discriminazione/no selezione

TR fisiologico



(B) TR scelta: N stimoli/N risposte  
sì discriminazione/sì selezione

TR fisiologico  
+  
TR discriminazione stimolo  
+  
TR selezione mano



(C) TR go no-go: N stimoli/1 risposta  
sì discriminazione/no selezione

TR fisiologico  
+  
TR discriminazione stimolo

Tempo di DISCRIMINAZIONE = C-A

$$\boxed{\begin{array}{l} \text{TR fisiologico} \\ + \\ \text{TR discriminazione stimolo} \end{array}} - \boxed{\begin{array}{l} \text{TR fisiologico} \end{array}} = \boxed{\begin{array}{l} \text{TR discriminazione stimolo} \end{array}}$$

Tempo di SELEZIONE = B-C

$$\boxed{\begin{array}{l} \text{TR fisiologico} \\ + \\ \text{TR discriminazione stimolo} \\ + \\ \text{TR selezione mano} \end{array}} - \boxed{\begin{array}{l} \text{TR fisiologico} \\ + \\ \text{TR discriminazione stimolo} \end{array}} = \boxed{\begin{array}{l} \text{TR selezione mano} \end{array}}$$

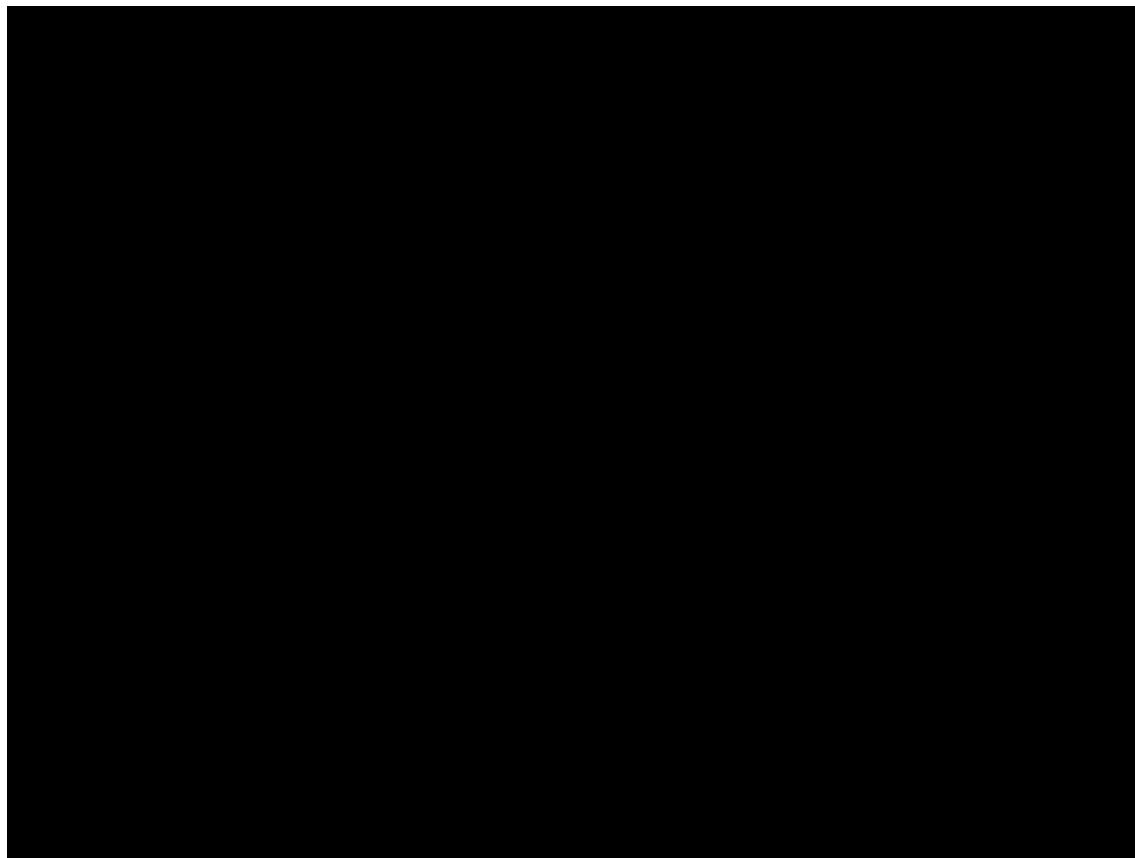
# I tempi di reazione nel gioco del calcio

Il gioco del calcio prevede ritmi molto alti ed è necessario che i giocatori si allenino a rispondere il più velocemente possibile



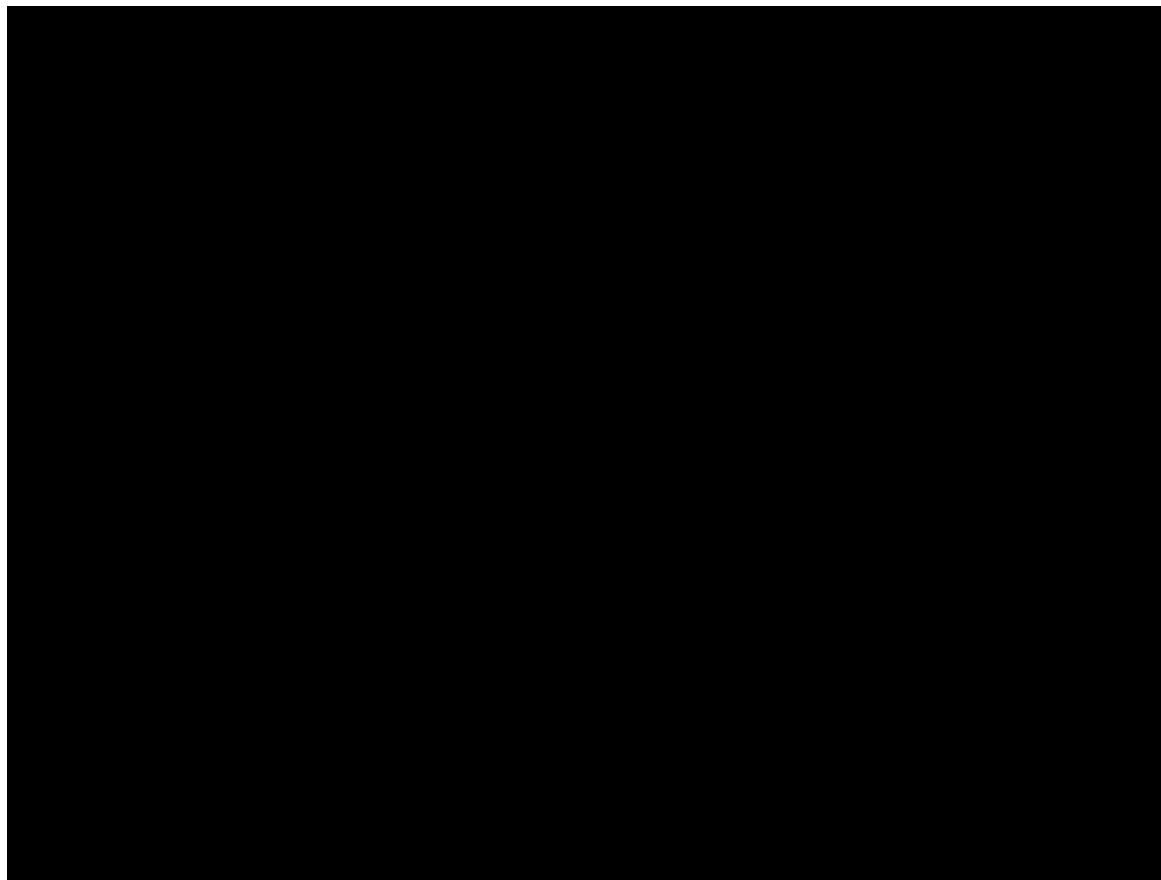
## **Tempo di reazione semplice:**

Allo stimolo sonoro, il giocatore  
deve scattare verso il cono posto di fronte ad esso  
(con o senza palla)



## **Tempo di reazione di scelta congruenza spaziale**

Al presentarsi di un colore, il giocatore  
deve scattare verso il cono relativo al colore indicato (rosso o blu)



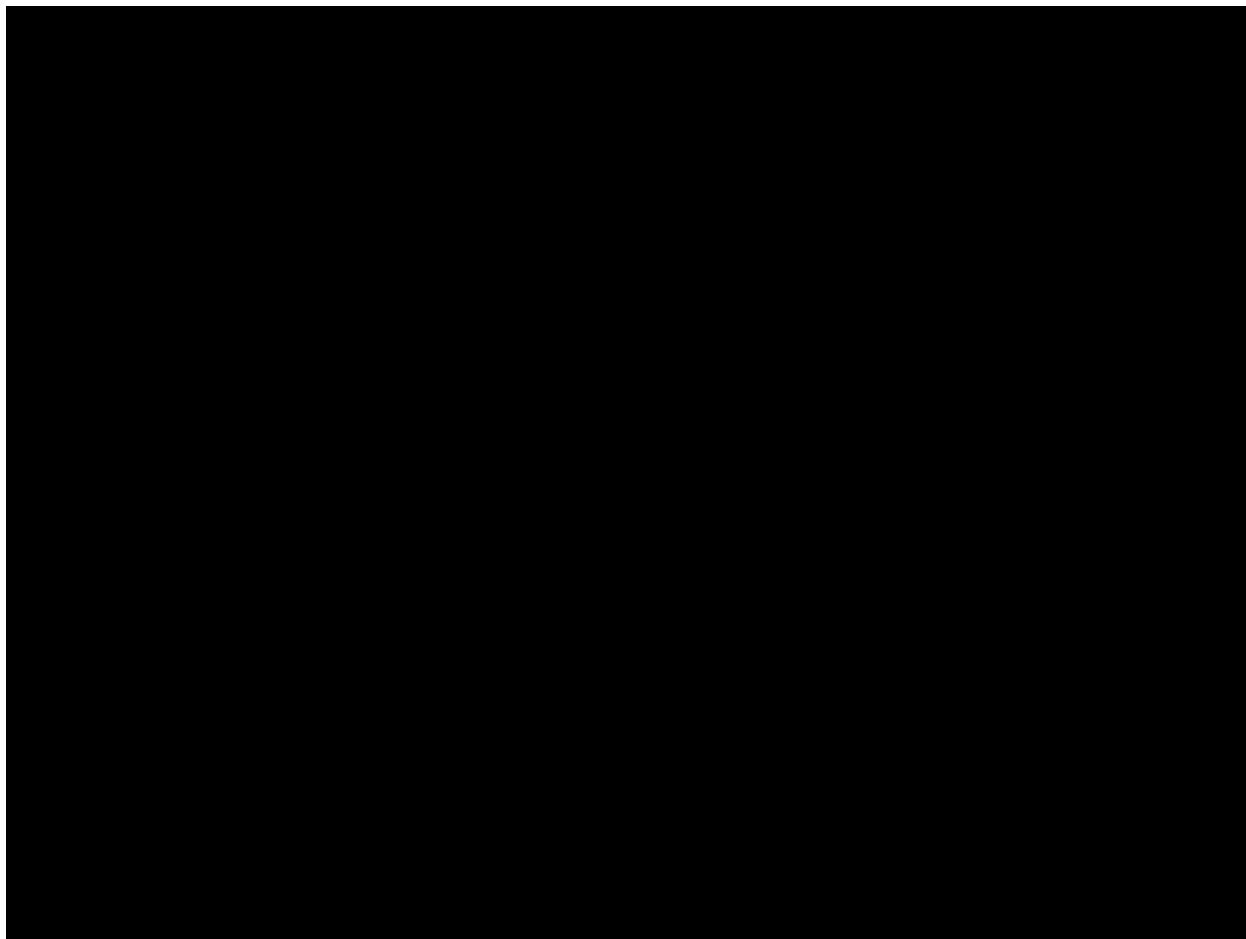
## **Tempo di reazione di scelta incongruenza spaziale**

Al presentarsi di un colore, il giocatore  
deve scattare verso il cono relativo al colore indicato che si trova dalla parte opposta



## **Tempo di reazione di scelta più stimoli**

Quattro possibili porte, quattro possibili numeri



<https://youtu.be/TVSZDucfYus>



REAL MADRID

**VELOCIDADE DE  
REAÇÃO**

Il metodo della misura dei tempi di reazione viene utilizzato per suddividere le operazioni mentali in processi più semplici che successivamente la psicobiologia cerca di attribuire ad aree diverse del cervello.

Ad esempio: l'informazione locale e l'informazione globale vengono elaborate contemporaneamente oppure no?

## **Fenomeni di selezione delle informazioni -**

### **Effetto Navon (1977)**

Ai soggetti vengono presentate lettere grandi (livello globale, come H o S) composte da lettere piccole (livello locale, come H o S). Gli stimoli sono costituiti da quattro combinazioni:

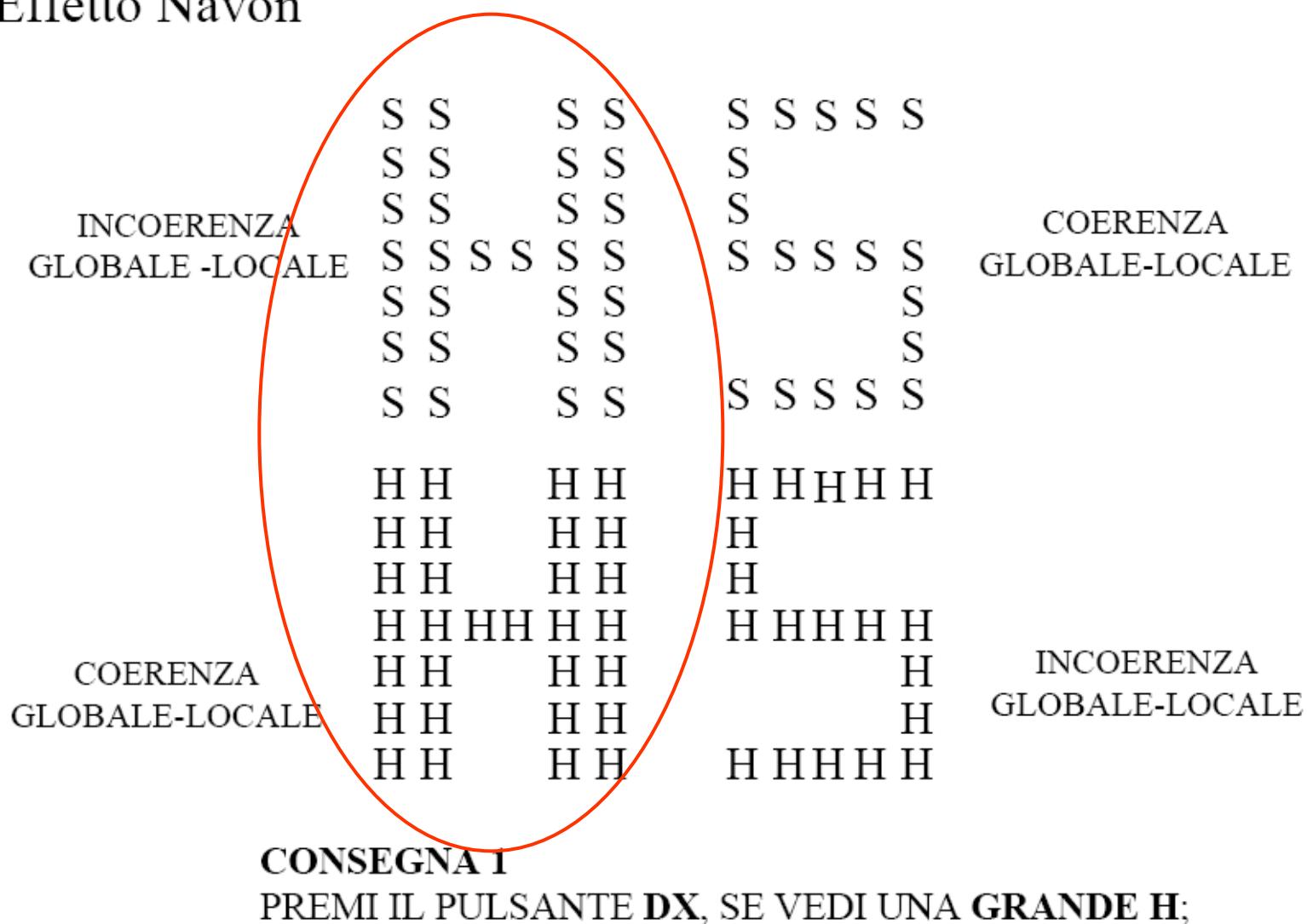
- 2 congruenti: H grande fatta di H piccole; S grande fatta di S piccole
- 2 incongruenti: H grande fatta da S piccole; S grande fatta di H piccole

#### Condizione sperimentale:

**Globale:** i soggetti devono prestare attenzione alla lettera grande

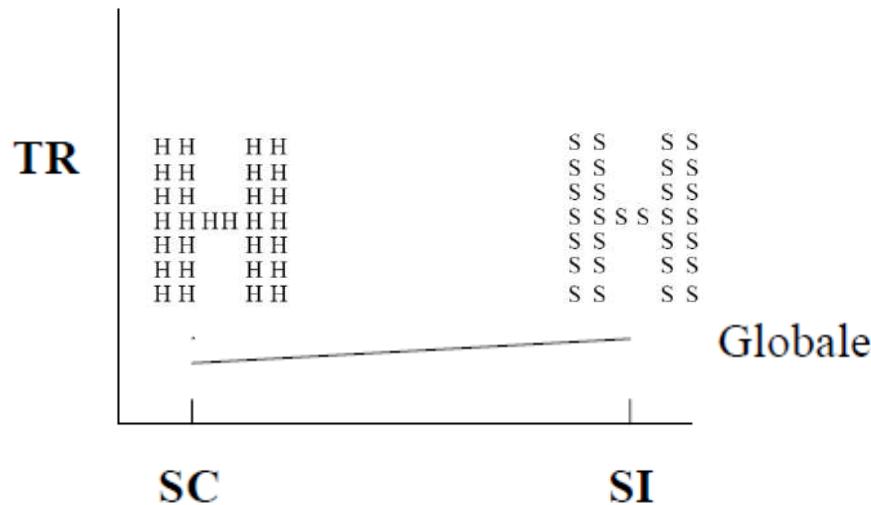
**Locale:** i soggetti devono prestare attenzione alla lettera piccola

# Effetto Navon



## Fenomeni di selezione delle informazioni -

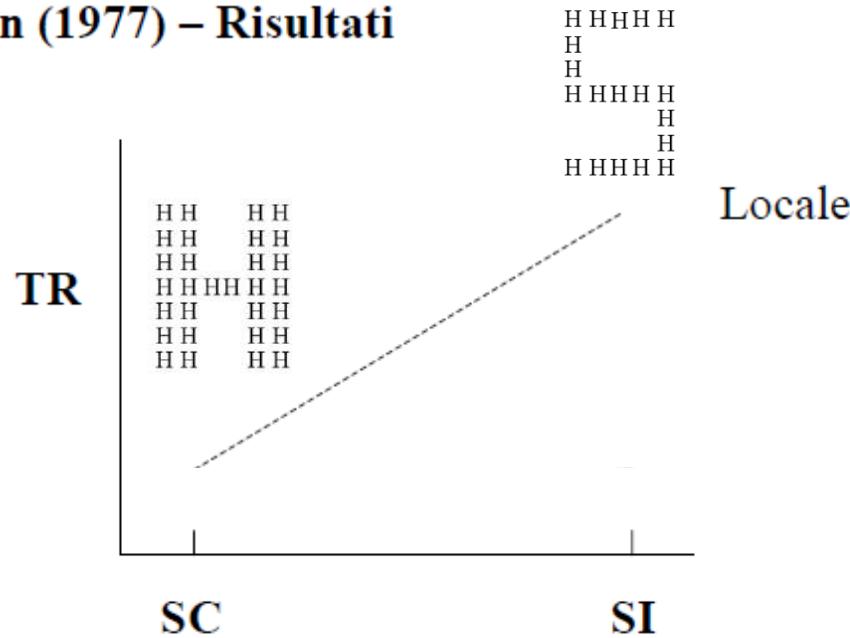
### Effetto Navon (1977) – Risultati



Premi il pulsante  
se la lettera grande  
è una H

## Fenomeni di selezione delle informazioni -

### Effetto Navon (1977) – Risultati



Premi il pulsante  
se la lettera piccola  
è una H

Non sempre si riesce a eliminare l'informazione irrilevante per il compito: in questo caso l'informazione irrilevante interferisce con la prestazione

Si riesce a eliminare l'informazione locale (piccole lettere) ma non quella globale (grandi lettere)

Oppure, il metodo della misura dei tempi di reazione viene utilizzato per rispondere a:  
un'informazione irrilevante viene elaborata lo stesso, oppure si riesce ad eliminarla totalmente ?

## Effetto Stroop

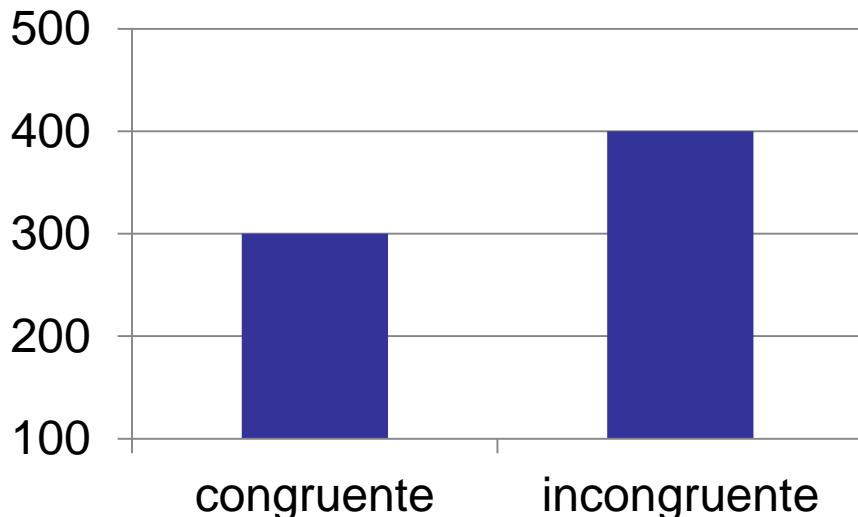
verde	giallo	rosso	nero	verde
rosso	verde	nero	verde	rosso
nero	giallo	verde	giallo	nero

DIRE IL PIU' RAPIDAMENTE POSSIBILE DI QUALE COLORE SIA  
L'INCHIOSTRO USATO PER SCRIVERE LE DIVERSE PAROLE.

Sebbene il significato della parola indicante il colore sia irrilevante per il compito, si è più lenti a nominare il colore del carattere quando questo è «incongruente».

Questo accade perché la lettura della parola è un processo automatico e quindi, se è incongruente, determina un'interferenza.

Un'informazione irrilevante viene elaborata lo stesso e non si riesce ad eliminarla totalmente



Tempo di reazione della risposta  
«nome del colore»:

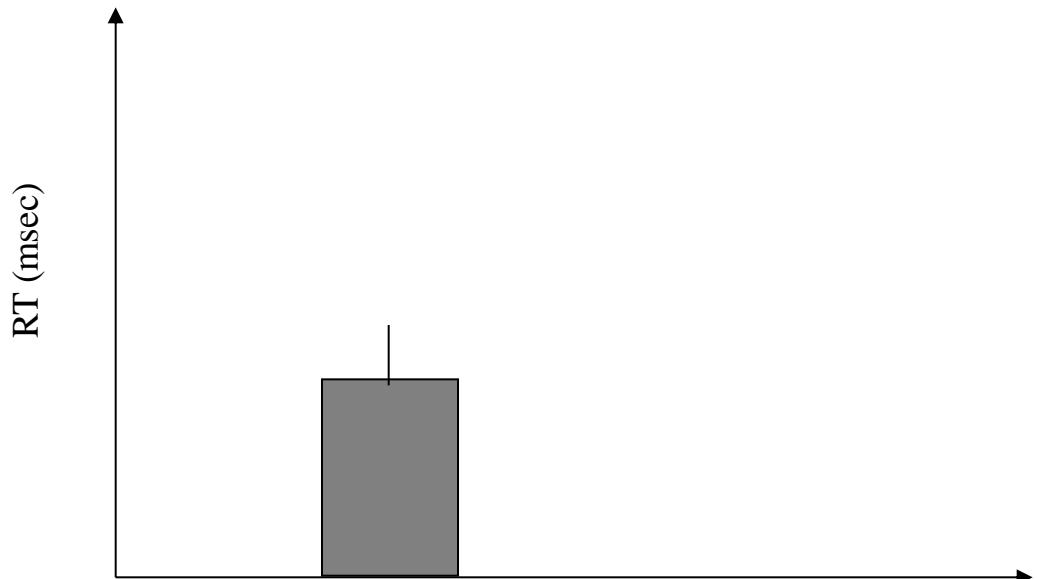
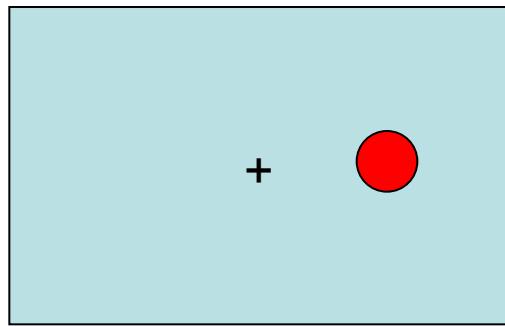
Colore e parola *congruenti* =  
tempi di reazione più veloci

Colore e parola *incongruenti* =  
tempi di reazione più lenti

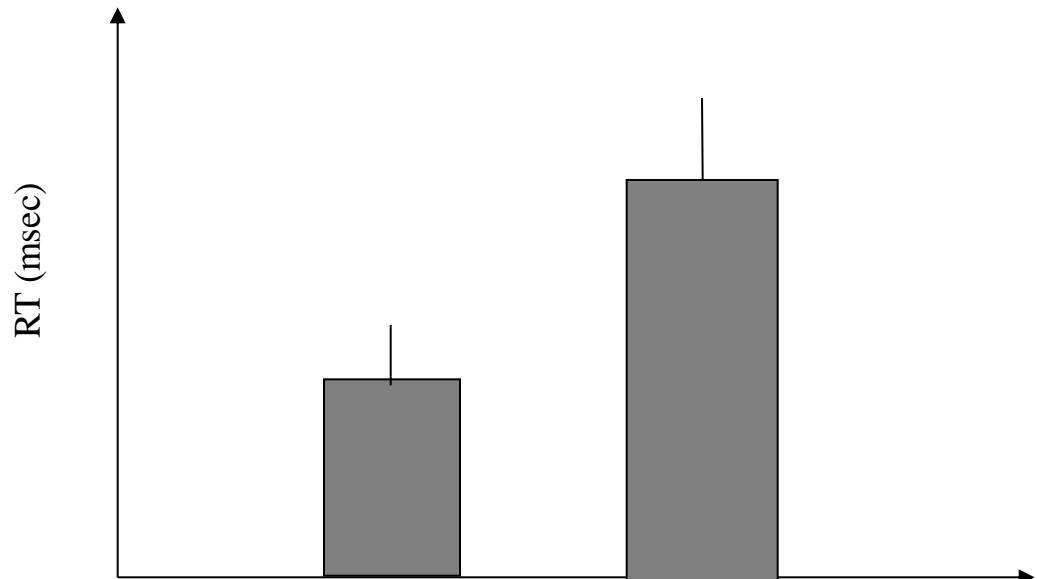
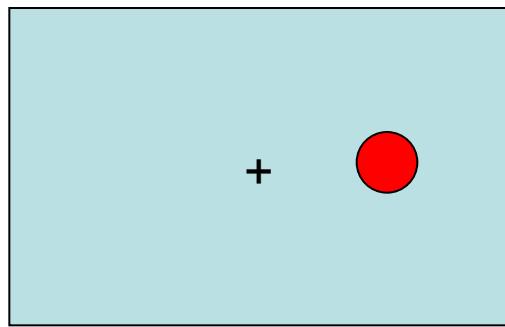
Oppure, il metodo della misura dei tempi di reazione viene utilizzato per rispondere a:

c'è una relazione tra la mano che risponde e la posizione dello stimolo al quale si deve rispondere?

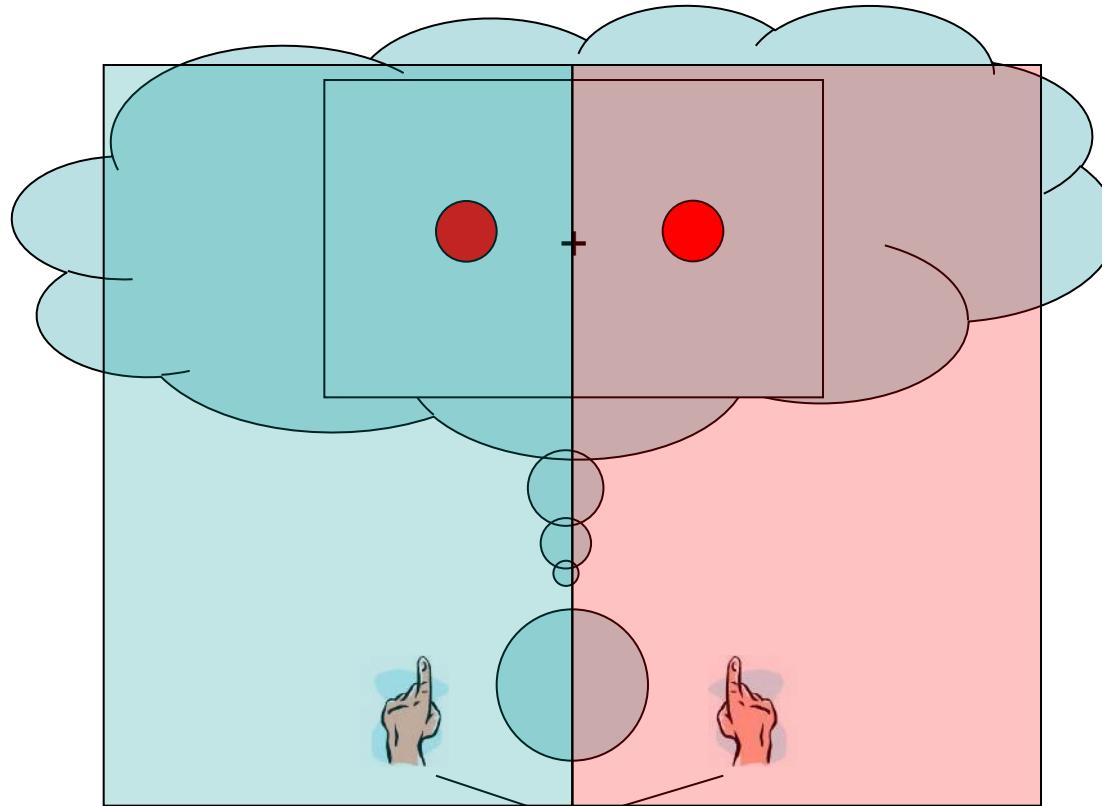
## Effetto compatibilità spaziale



## Effetto compatibilità spaziale



## Effetto compatibilità spaziale



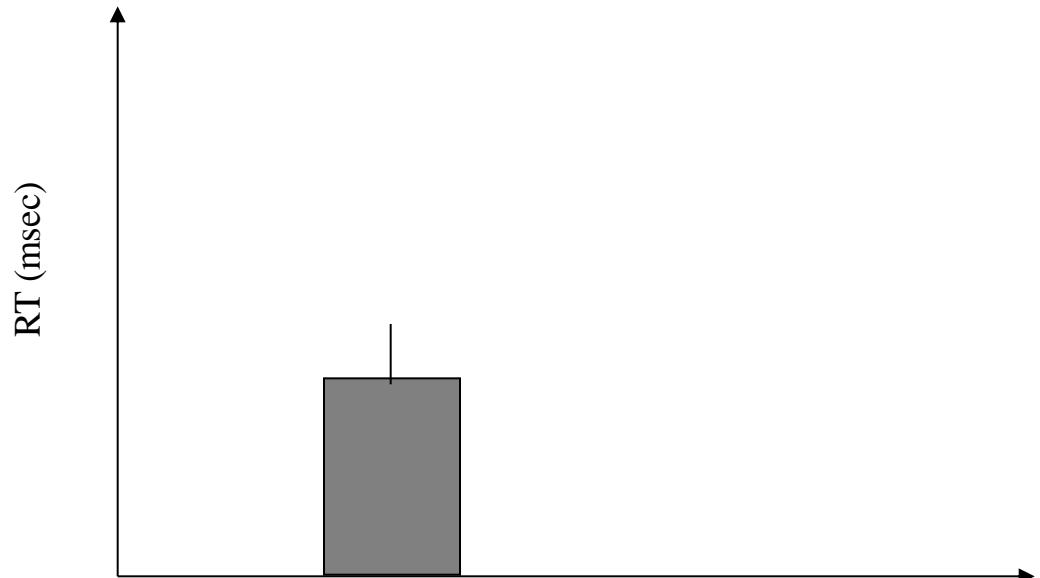
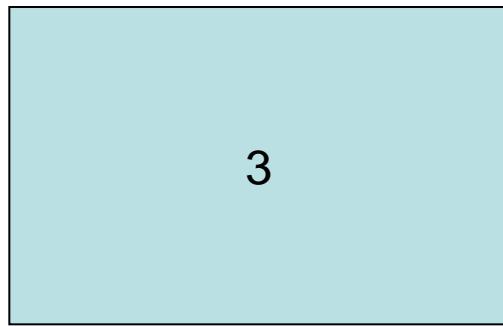
Risponde più velocemente la mano  
biomeccanicamente più compatibile con la  
posizione spaziale dello stimolo

Oppure, il metodo della misura dei tempi di reazione viene utilizzato per rispondere a:

c'è una relazione tra la rappresentazione mentale dei numeri e la relazione spaziale tra mano che risponde e posizione dello stimolo?

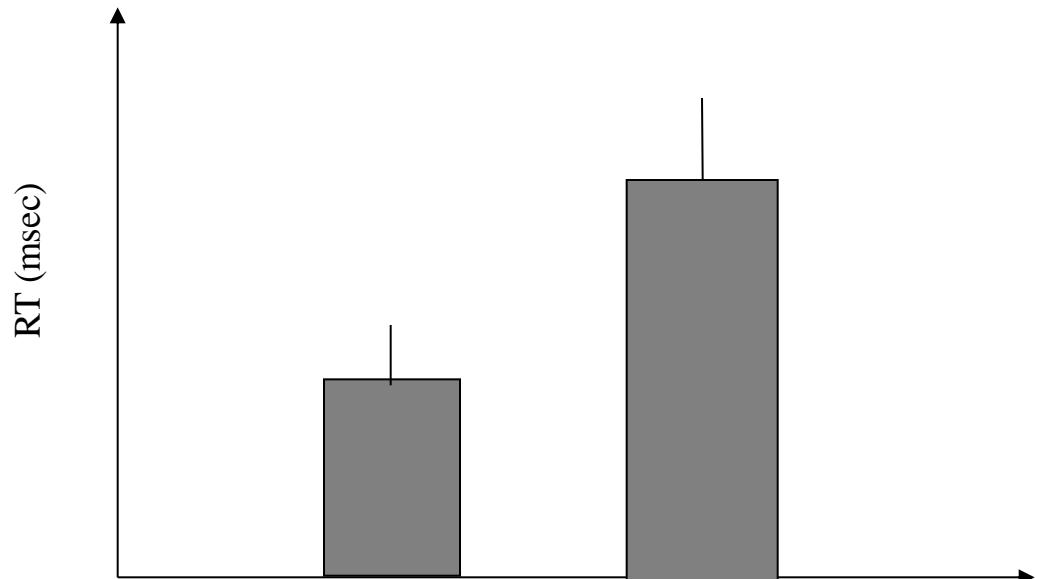
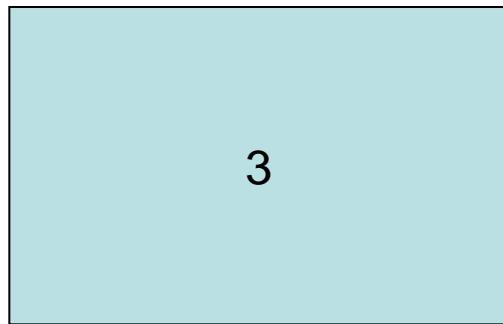
## Effetto SNARC (Spatial Numerical Association of Response Code)

"Premi il pulsante quando il numero è minore di 5"



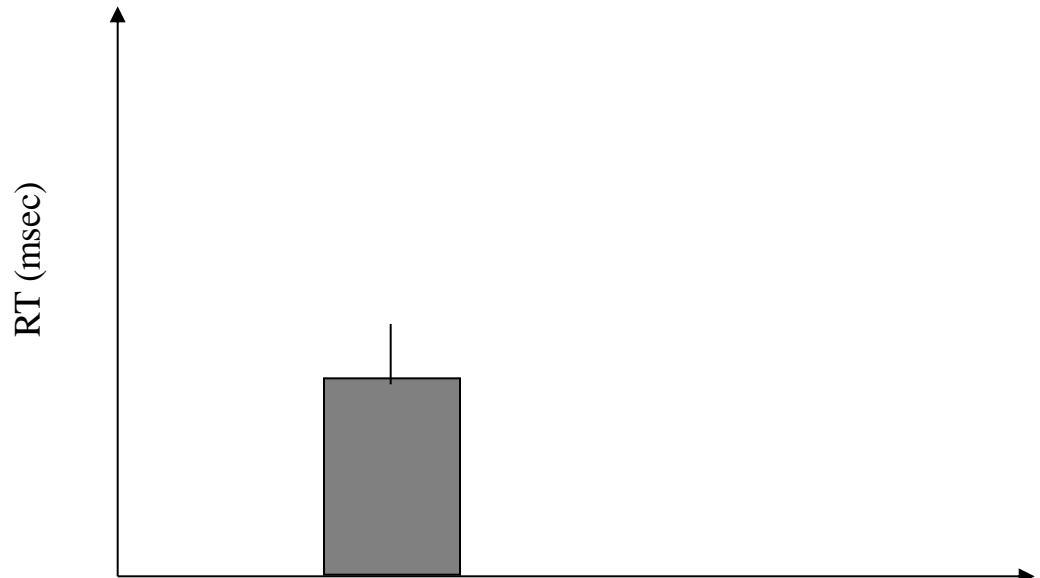
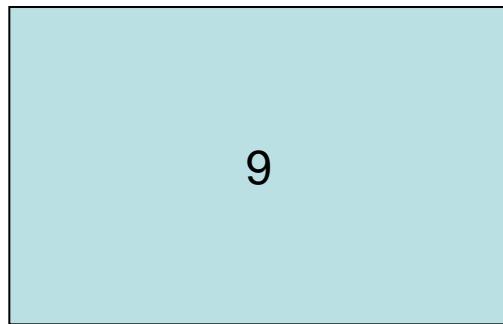
## Effetto SNARC (Spatial Numerical Association of Response Code)

"Premi il pulsante quando il numero è minore di 5"



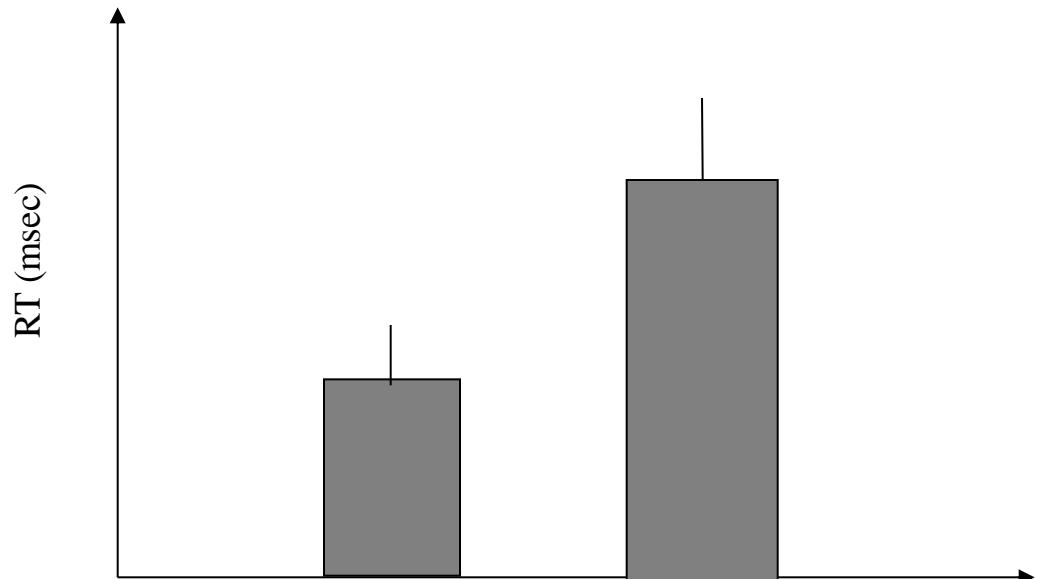
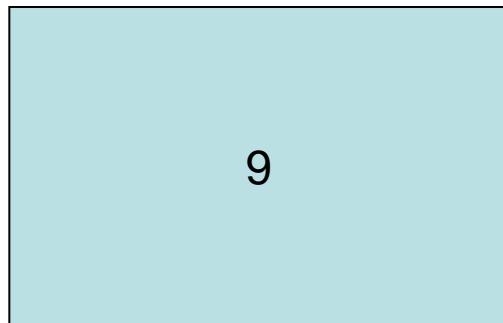
## Effetto SNARC (Spatial Numerical Association of Response Code)

"Premi il pulsante quando il numero è maggiore di 5"

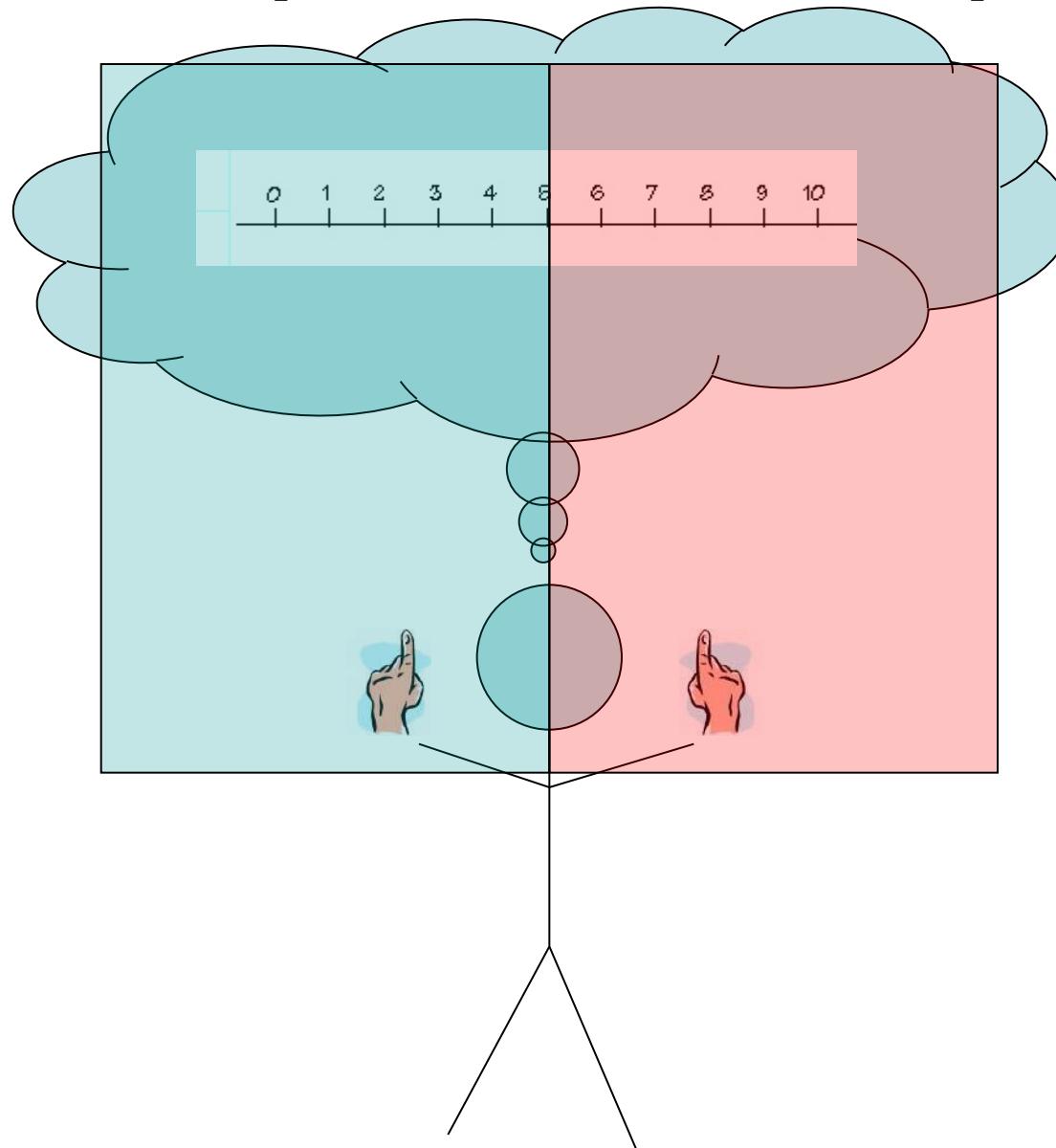


## Effetto SNARC (Spatial Numerical Association of Response Code)

"Premi il pulsante quando il numero è maggiore di 5"



## Effetto SNARC (Spatial Numerical Association of Response Code)



# The Mental Representation of Parity and Number Magnitude

Stanislas Dehaene, Serge Bossini, and Pascal Giraux

Nine experiments of timed odd-even judgments examined how parity and number magnitude are accessed from Arabic and verbal numerals. With Arabic numerals, Ss used the rightmost digit to access a store of semantic number knowledge. Verbal numerals went through an additional stage of transcoding to base 10. Magnitude information was automatically accessed from Arabic numerals. Large numbers preferentially elicited a rightward response, and small numbers a leftward response. The Spatial-Numerical Association of Response Codes (SNARC) effect depended only on relative number magnitude and was weaker or absent with letters or verbal numerals. Direction did not vary with handedness or hemispheric dominance but was linked to the direction of writing, as it faded or even reversed in right-to-left writing Iranian Ss. The results supported a modular architecture for number processing, with distinct but interconnected Arabic, verbal, and magnitude representations.

Secondo gli autori i numeri sono rappresentati spazialmente:  
Esisterebbe una linea numerica mentale che andrebbe da sinistra verso destra con i numeri piccoli disposti a sinistra e i numeri grandi a destra.  
Questo spiegherebbe l'effetto SNARC

*Effetto distanza: dire se 9>8 è più difficile che dire se 9>2 (la distanza è maggiore)*  
*Effetto grandezza: dire se 8>7 è più difficile che dire se 3>2 (anche se la differenza è la stessa, si lavora meglio con i numeri piccoli)*

Effetto SNARC:  
EVIDENZA DI UNA STRETTA RELAZIONE  
TRA  
L'ELABORAZIONE ASTRATTA  
E L'ESPERIENZA FISICA

CHE RELAZIONE C'E' TRA  
IL MONDO FISICO  
E  
IL MONDO PSICOLOGICO?

## ***PSICOFISICA***

**Scienza che indaga le relazioni funzionali che intercorrono tra gli eventi fisici ed i corrispondenti eventi psicologici (Fechner 1860)**

Studio delle relazioni quantitative che legano stimoli fisici e sensazioni per caratteristiche quali il peso, l'intensità luminosa, l'intensità sonora.

**PSICOFISICA CLASSICA**

Determinazione delle soglie sensoriali

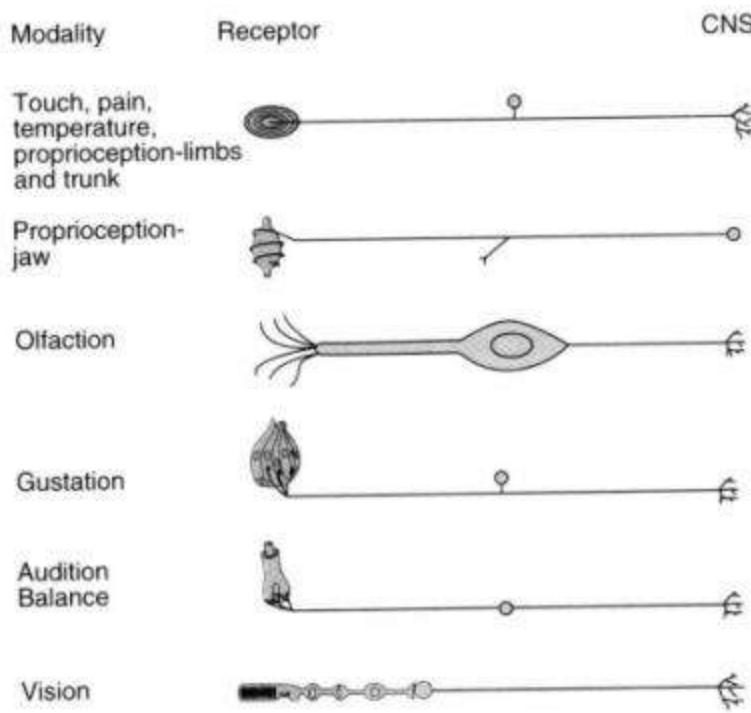
Cinque sistemi sensoriali principali:

- visione (vista)
- udito (ascolto)
- sensazione somatica (tatto, pressione, dolore)
- olfatto (odore)
- gusto (sapore)

I processi sensoriali iniziano nel momento in cui le *cellule sensoriali recettrici* danno inizio all'attività elettrica del circuito neurale periferico del relativo sistema sensoriale.

Poi, per mezzo dei *potenziali d'azione* questa attività è condotta verso stazioni di elaborazione di crescente complessità nel sistema nervoso centrale fino a raggiungere aree corticali.

# Recettori sensoriali



Recettori diversi che codificano quantità fisiche diverse:

Visione: Luce

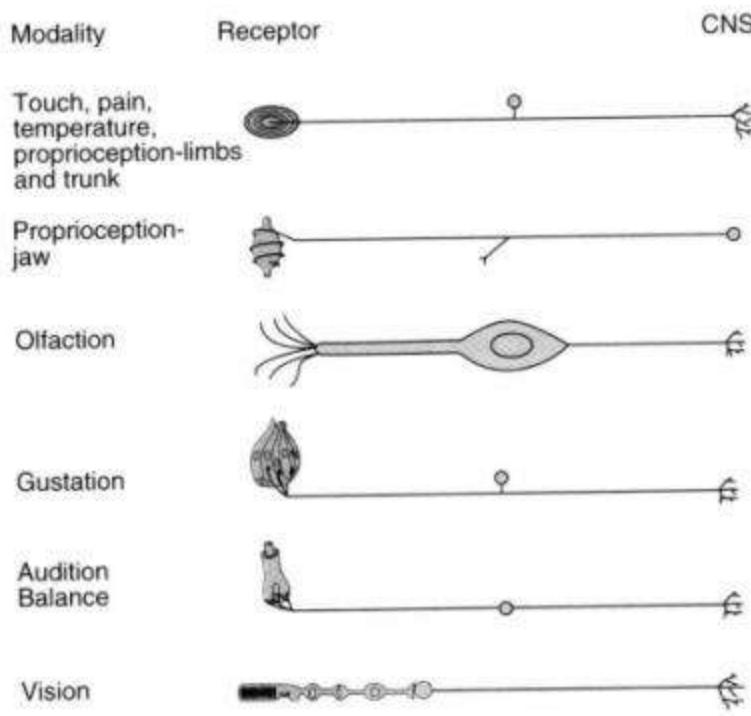
Udito: Onde di pressione

Equilibrio: Accelerazione meccanica

Tatto: Deformazione, Temperatura

Gusto, Olfatto:  
Concentrazione chimica

# Recettori sensoriali

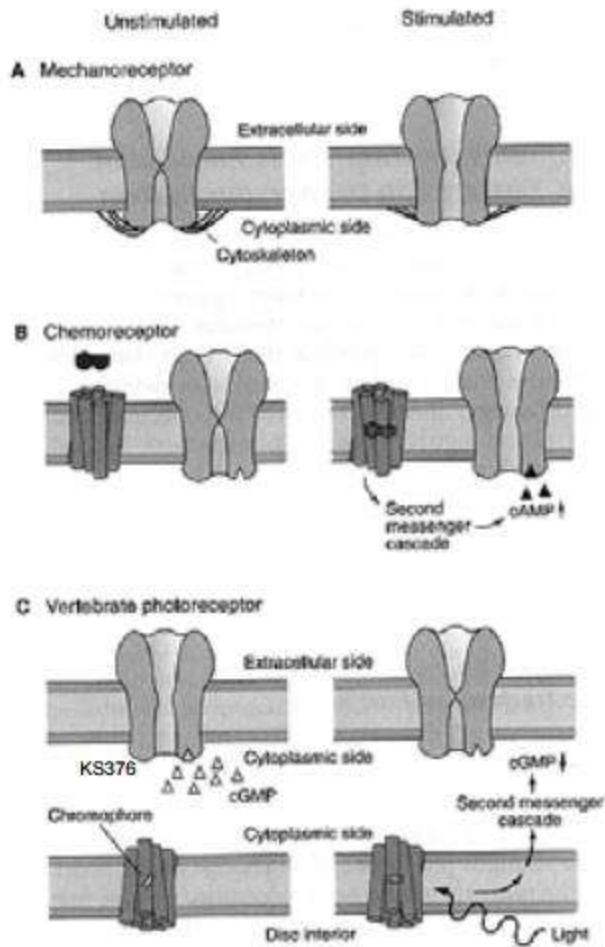


Recettori diversi che codificano quantità fisiche diverse:

Nei sistemi somatico e olfattivo i recettori fanno parte del neurone (Neurone sensoriale primario) che effettua sia la trasduzione che la codifica.

Nei sistemi visivo, gustativo, uditivo e per la misura dell'equilibrio, i recettori sono cellule di tipo epiteliale che comunicano con il neurone sensoriale primario attraverso un meccanismo simile a quello delle sinapsi.

# Recettori sensoriali

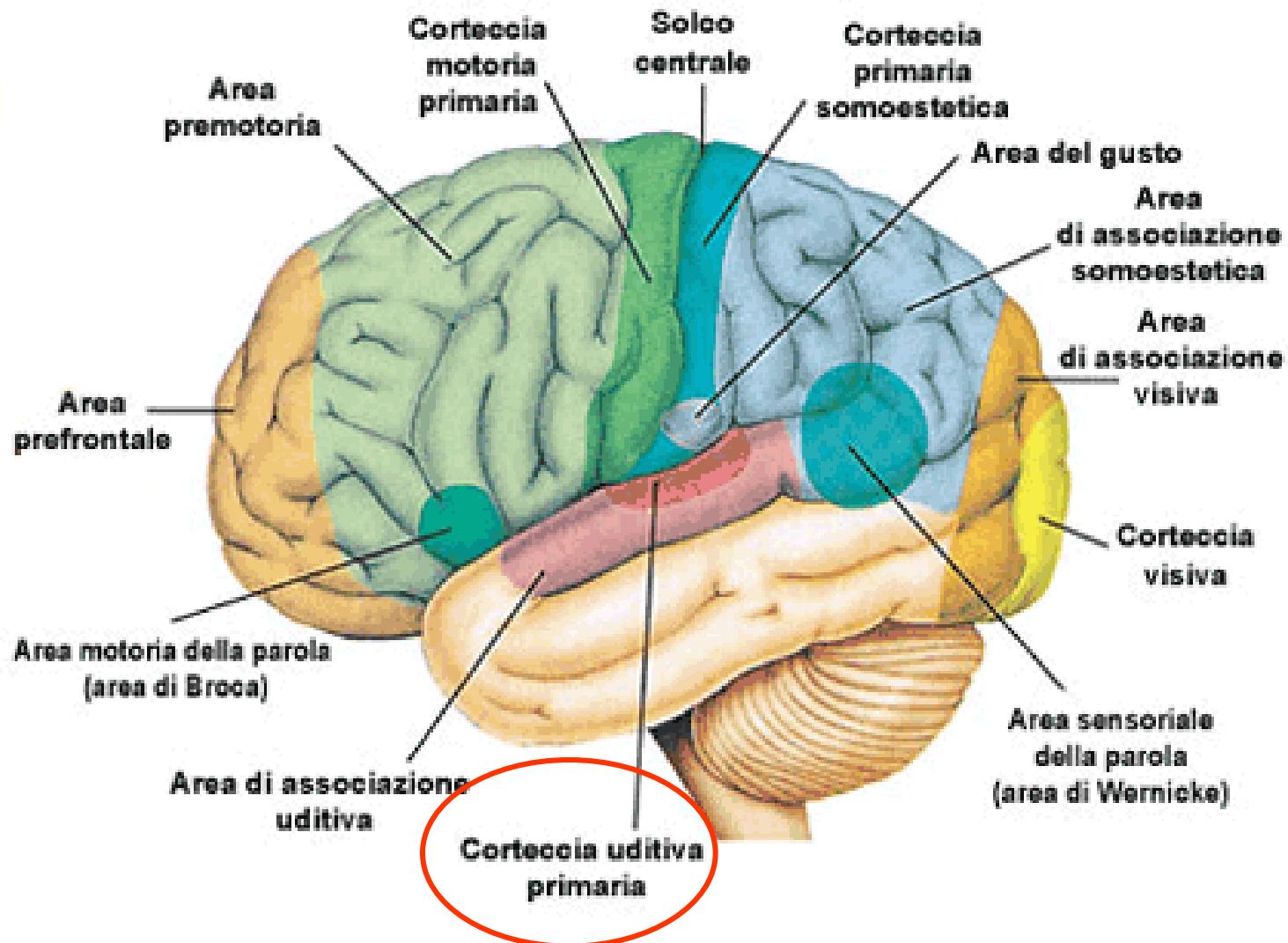


Nell'uomo esistono recettori meccanici, recettori chimici, recettori di temperatura, foto recettori e recettori del dolore. Alcuni animali hanno anche recettori di campi elettrici e recettori di radiazioni infrarosse.

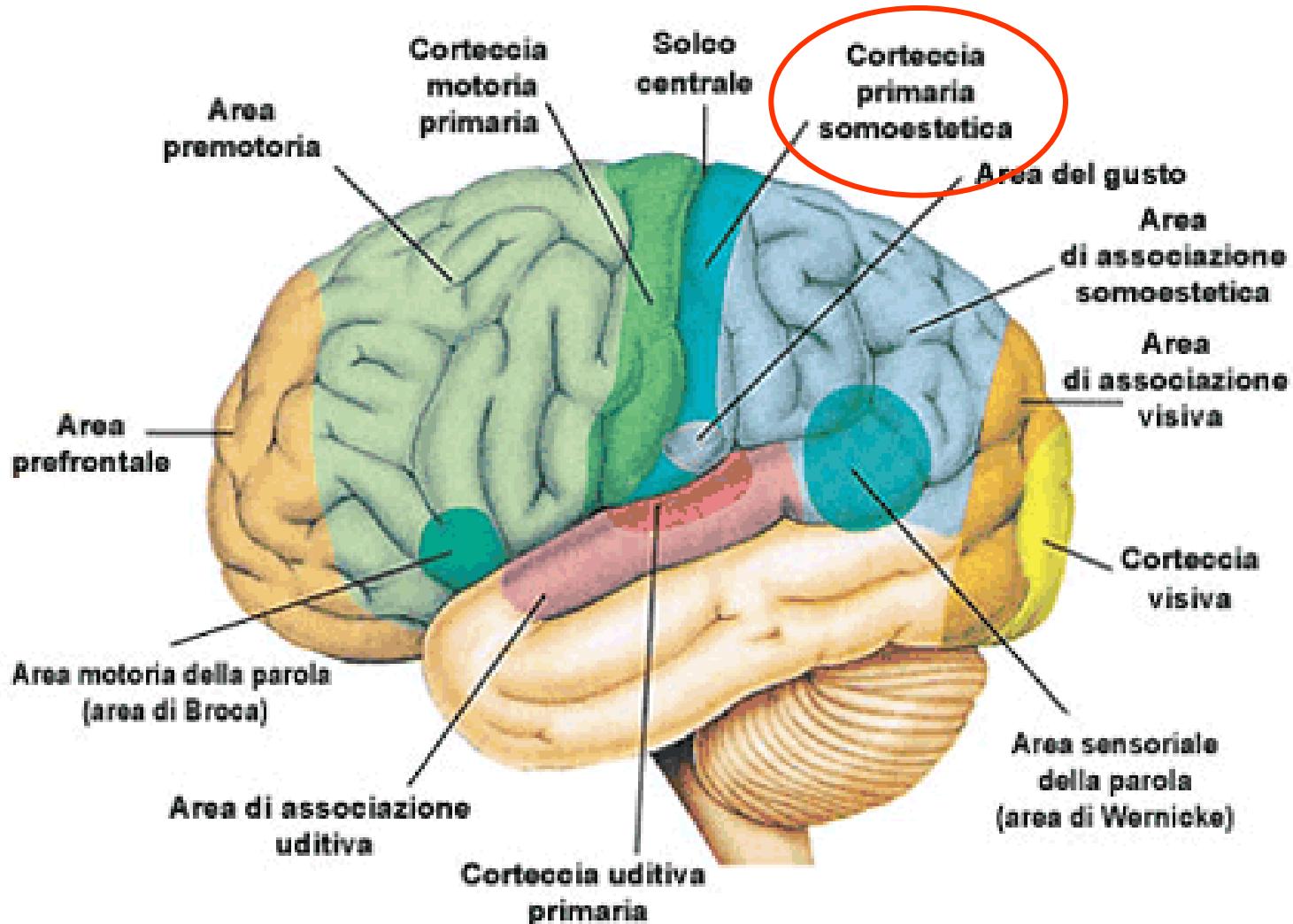
La trasformazione delle diverse forme di energia in energia elettrica (elettrochimica) avviene variando la permeabilità della membrana del recettore.

Per tutte le modalità sensoriali l'obiettivo iniziale dell'input alla corteccia cerebrale è chiamato CORTECCIA SENSORIALE PRIMARIA per quella modalità

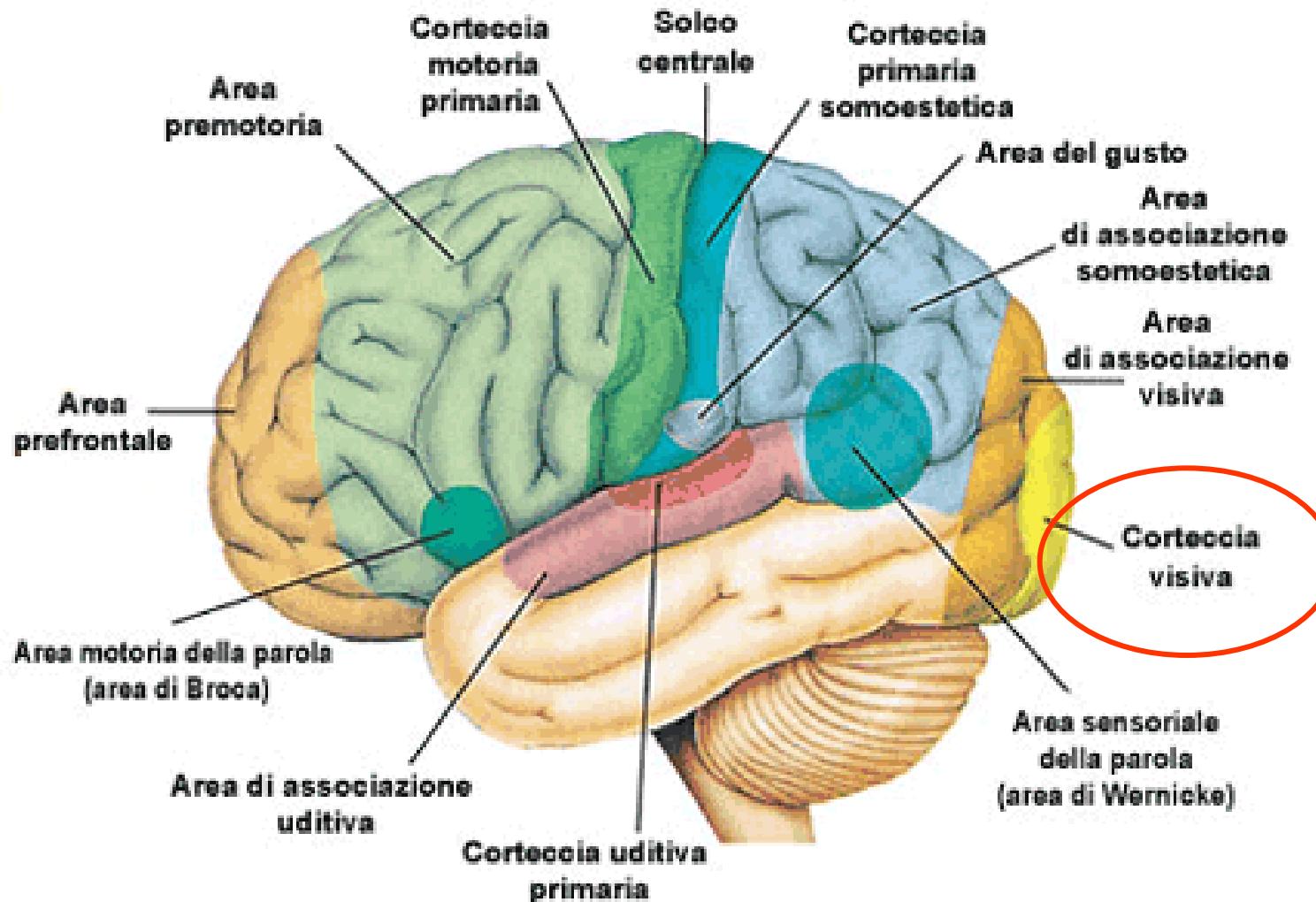
## Lobo temporale: udito

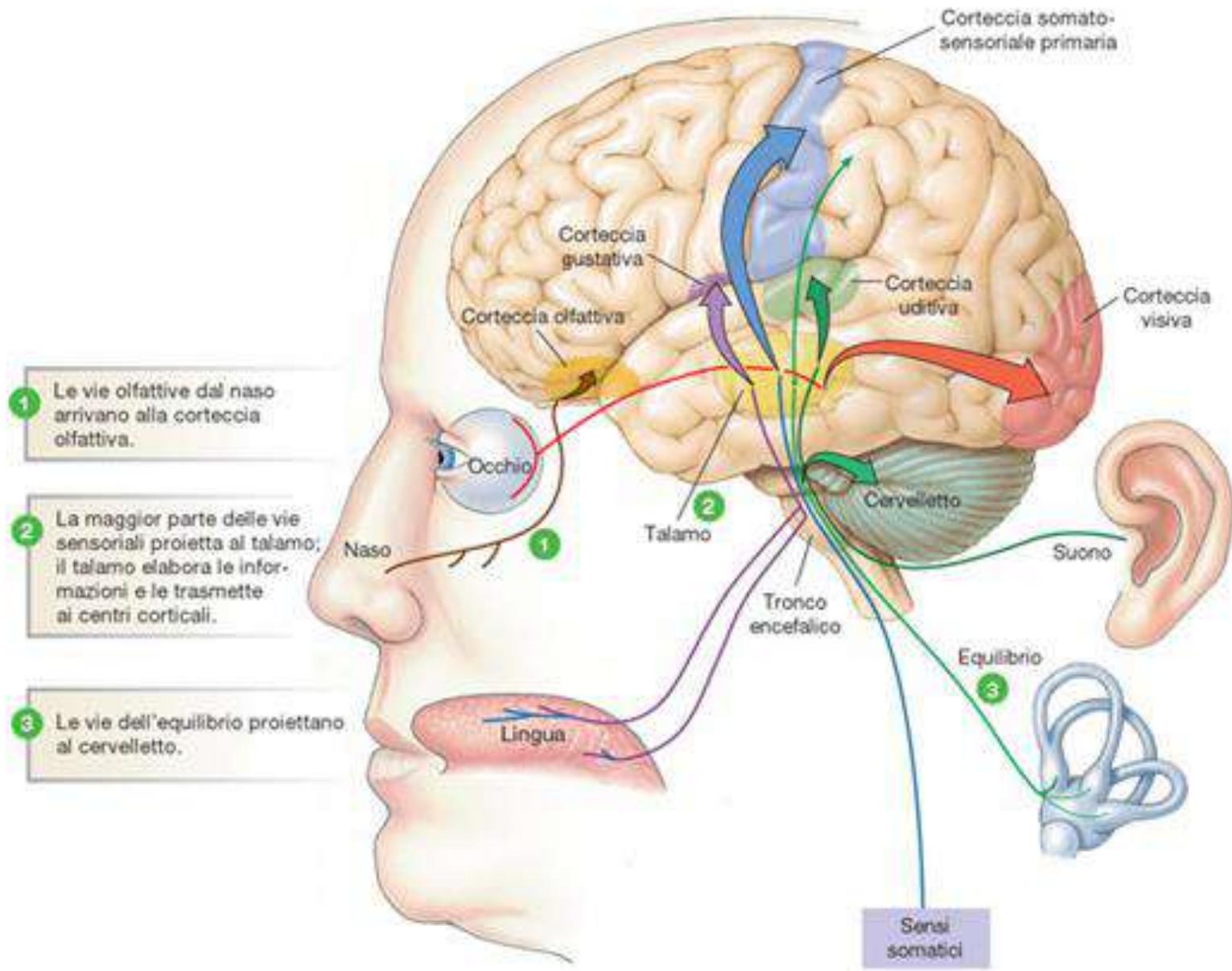


## Giro postcentrale (dietro il solco centrale): corteccia somatosensoriale



## Lobo occipitale: elaborazione iniziale informazioni visive





Ciascuna modalità sensoriale si è sviluppata per fornire informazioni derivate da una particolare forma di energia.

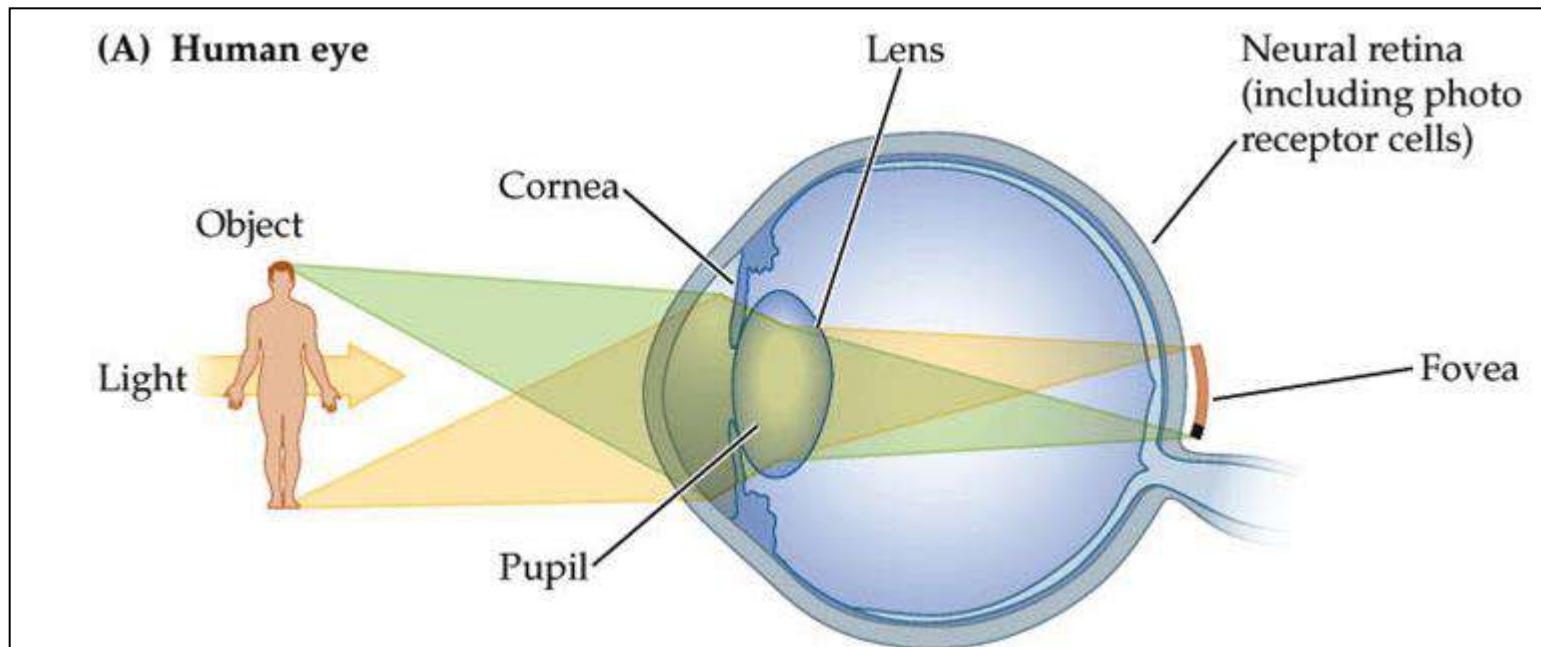
I sistemi sensoriali rispondono solo ad un piccolo sottoinsieme dell'intera gamma fisica di una certa categoria di stimolo.

**Amplificazione pre-neurale:**

Apparato pre-neurale che raccoglie, filtra e amplifica l'energia rilevante presente nell'ambiente.

Visione: formazione di un'immagine da parte degli elementi ottici dell'occhio.

La cornea il cristallino e la pupilla filtrano e concentrano l'energia luminosa che infine raggiunge le cellule fotorecettive (coni e bastoncelli) presenti nella retina.

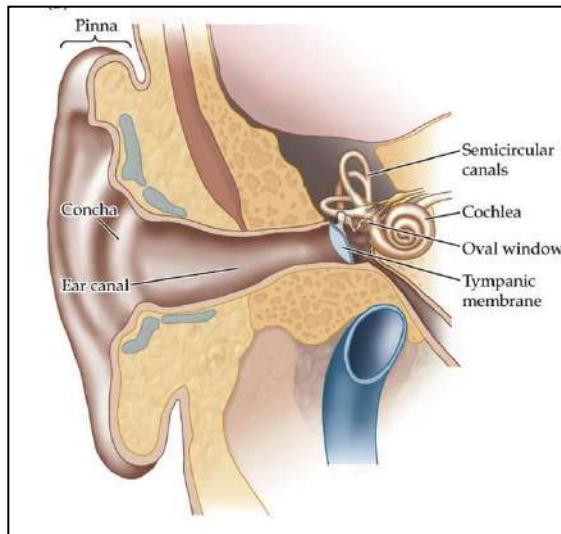


**Amplificazione pre-neurale:**

**Apparato pre-neurale che raccoglie, filtra e amplifica l'energia rilevante presente nell'ambiente.**

**Udito:** gli stimoli vengono filtrati e amplificati dalla struttura dell'orecchio esterno, dal canale uditivo e dagli ossicini dell'orecchio medio.

Le strutture dell'orecchio esterno (la pinna e la conca) raccolgono e concentrano l'energia sonora. Le proprietà di risonanza del canale uditivo e della membrana timpanica filtrano e amplificano ulteriormente l'energia sonora, e gli ossicini dell'orecchio medio (incudine, staffa e martello) aumentano l'energia dello stimolo trasmessa alla minore superficie della finestra ovale (come la pressione dello stantuffo di una siringa amplifica la pressione nell'apertura, più piccola, sulla parte terminale dell'ago).

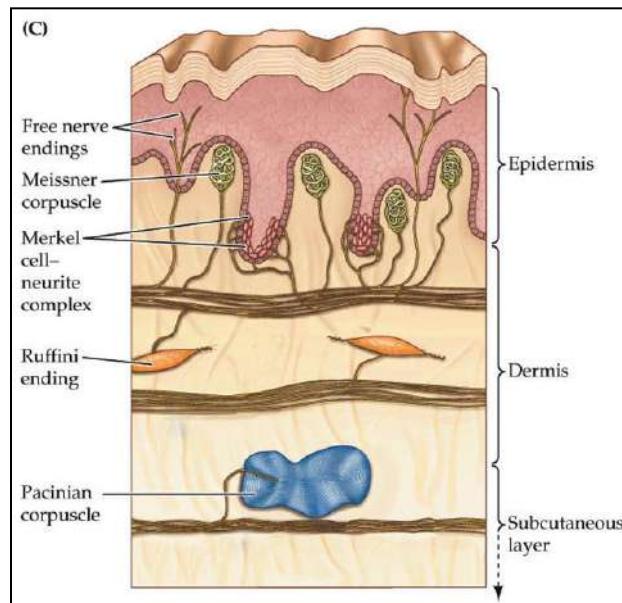


## Amplificazione pre-neurale:

Apparato pre-neurale che raccoglie, filtra e amplifica l'energia rilevante presente nell'ambiente.

Tatto: le forze meccaniche che agiscono sulla superficie corporea sono modificate da strutture non neurali come i peli o le creste dermiche presenti sui polpastrelli.

Le strutture della superficie della pelle funzionano come leve. La struttura intricata delle capsule di alcuni degli organi meccanocettori sottocutanei agiscono come filtri per aumentare e selezionare alcuni tipi di energia meccanica prima che questa agisca sui recettori (terminazioni nervose).



**Amplificazione pre-neurale:**

Apparato pre-neurale che raccoglie, filtra e amplifica l'energia rilevante presente nell'ambiente.

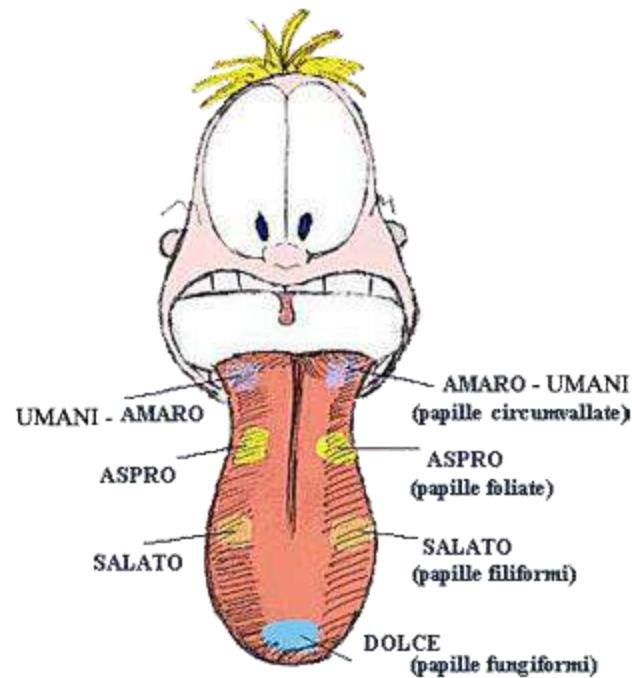
Olfatto: la struttura del naso massimizza l'interazione tra le molecole volatili e i recettori presenti nella mucosa olfattiva.



**Amplificazione pre-neurale:**

Apparato pre-neurale che raccoglie, filtra e amplifica l'energia rilevante presente nell'ambiente.

Gusto: la struttura delle papille gustative presenti sulla lingua facilita l'esposizione delle molecole solubili ai recettori del gusto.



Trasduzione sensoriale:

Per mezzo di cellule recettrici specializzate.

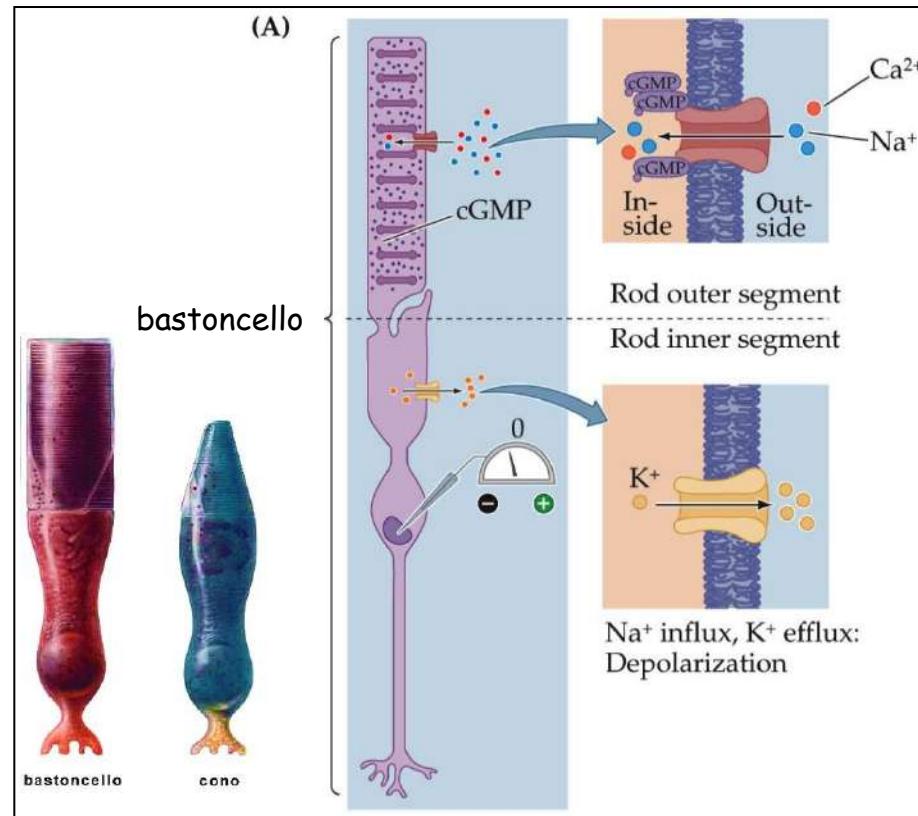
Cambiamento nella permeabilità della membrana della cellula recettrice che modifica il potenziale di membrana di quel recettore e innesca potenziali d'azione nei neuroni che portano le informazioni verso il sistema nervoso centrale.

Visione: quando i fotoni di un'appropriata lunghezza d'onda vengono assorbiti dalle molecole pigmentate presenti nelle cellule fotorecettori.

L'energia luminosa attiva delle proteine che modificano la permeabilità della membrana a particolari ioni, modificandone il potenziale di membrana.

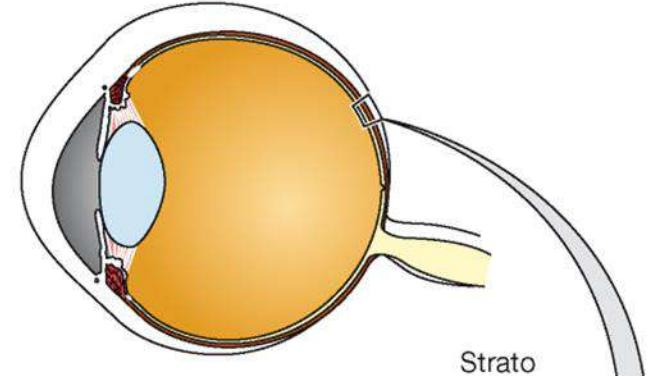
Bastoncelli: rispondono a luci molto deboli. Presenti sopratt. in periferia. Utili nella visione notturna.

Coni: numerosi in fovea, deputati alla visione diurna e sopratt. a quella dei colori.

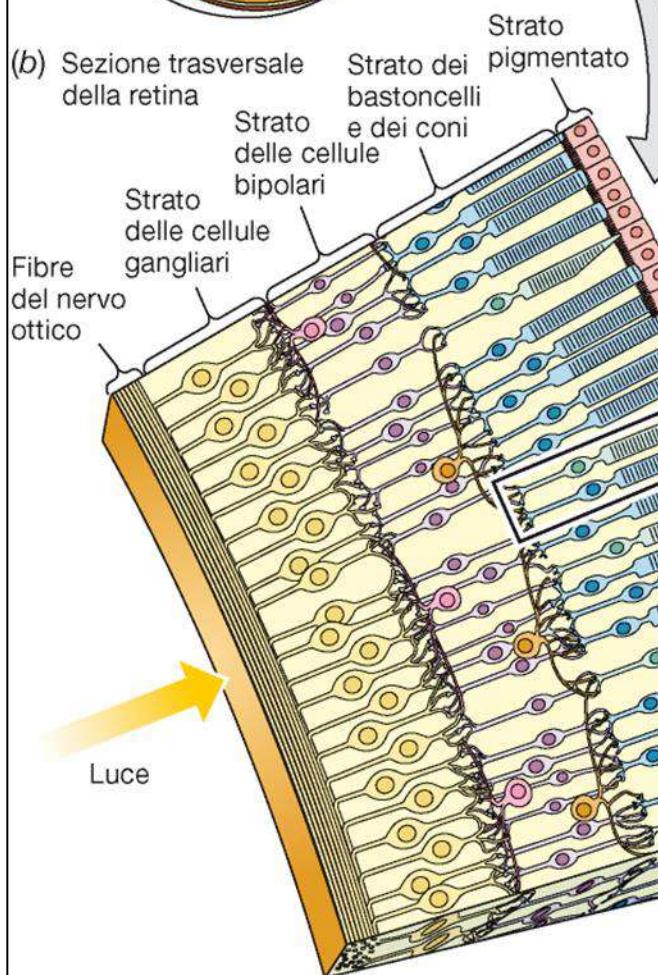


Principles of Cognitive Neuroscience, Figure 4.2 (Part 1)

(a) Sezione trasversale dell'occhio

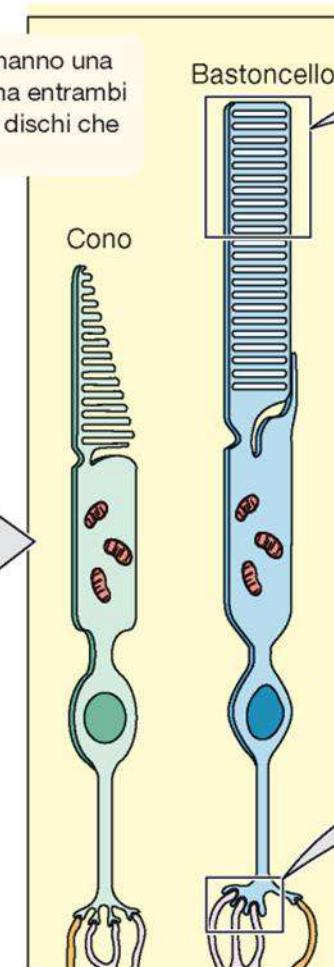


(b) Sezione trasversale della retina

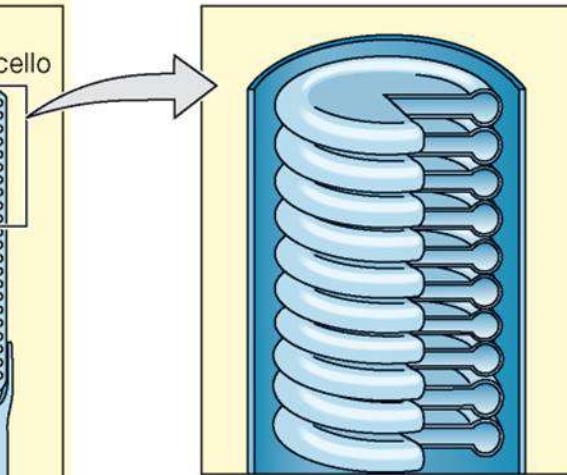


(c) Fotorecettori

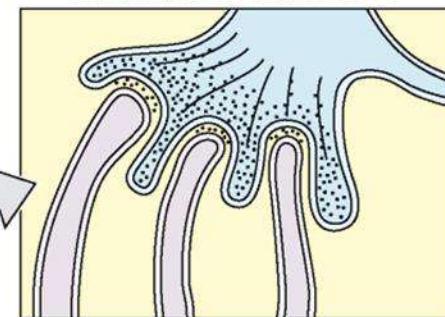
Bastoncelli e coni hanno una struttura diversa, ma entrambi contengono pile di dischi che catturano la luce.



(d) Segmenti esterni del bastoncello

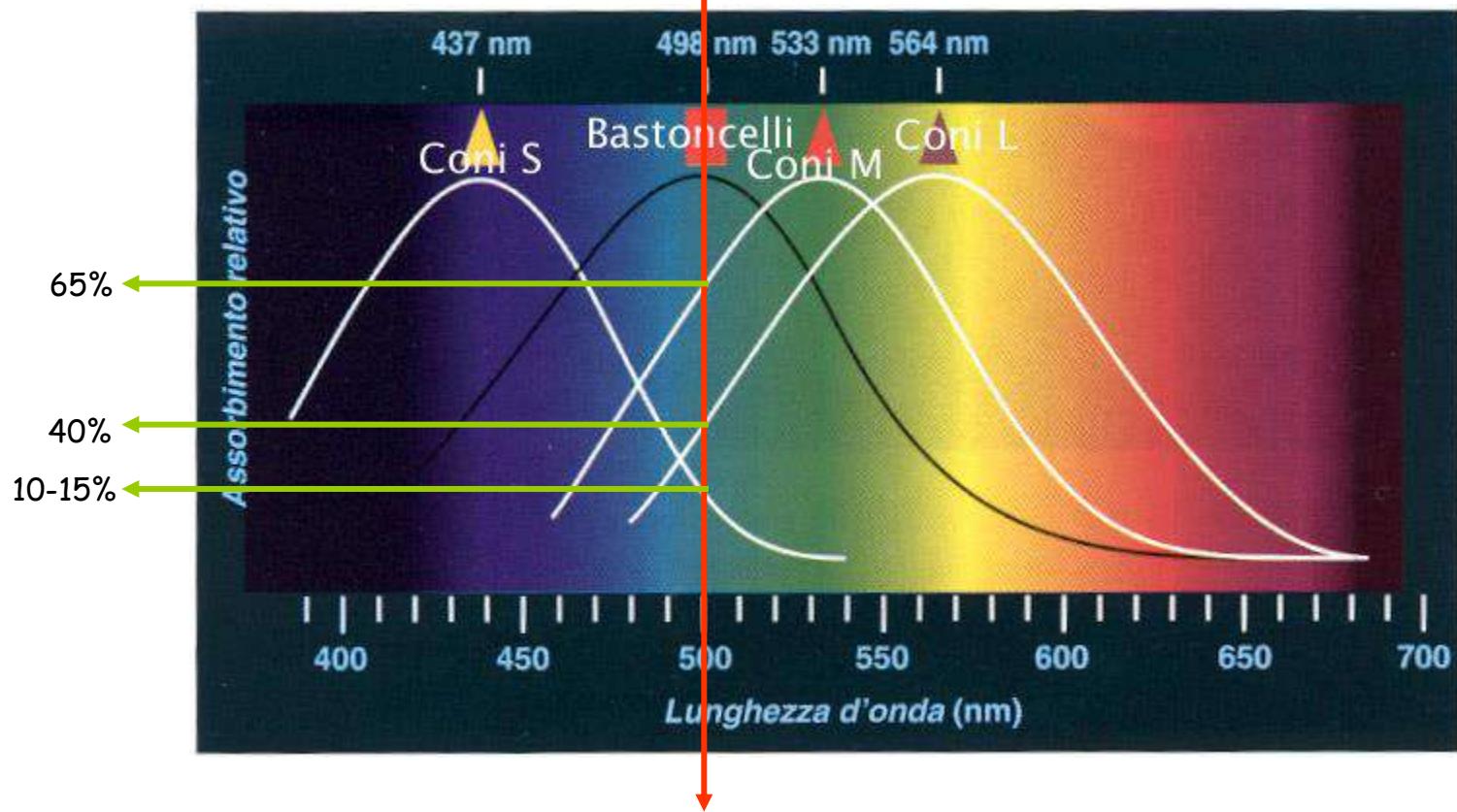


(e) Rilascio del trasmettitore dalla base del bastoncello



I fotorecettori (bastoncelli e coni) si trovano sulla parte esterna della retina.

Entrambi i fotorecettori rilasciano il neurotrasmettore sui neuroni bipolari.



Un raggio di luce di 500 nm eccita i coni sensibili a lunghezze d'onda medie (M) al 65% della loro attività massima, quelli sensibili a lunghezze d'onda lunghe (L) al 40%, e quelli sensibili a lunghezze d'onda corte (S) per il 10-15%.

Questa proporzione di risposte dei tre tipi di coni determina la percezione del blu-verdastro.

Luci più intense aumentano l'attività dei tre tipi di coni, ma non alterano la proporzione delle loro risposte: il colore viene percepito come più luminoso ma sempre blu-verdastro.

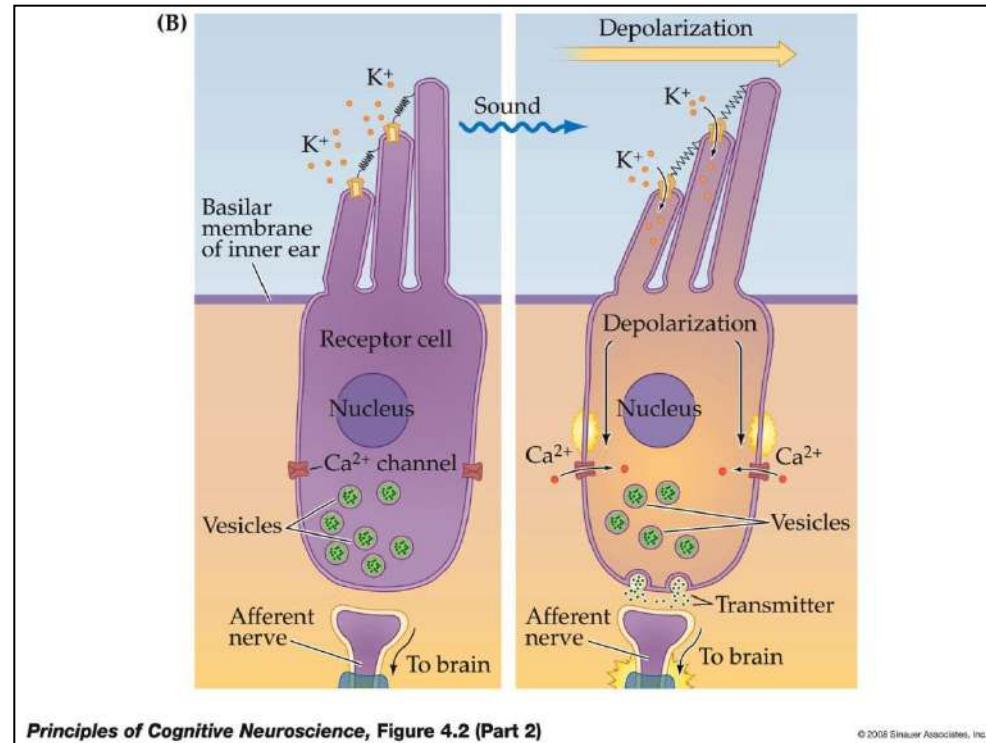
Trasduzione sensoriale:

Per mezzo di cellule recettrici specializzate.

Cambiamento nella permeabilità della membrana della cellula recettrice che modifica il potenziale di membrana di quel recettore e innesca potenziali d'azione nei neuroni che portano le informazioni verso il sistema nervoso centrale.

Udito: l'energia prodotta dal movimento delle molecole d'aria è trasmessa al fluido dell'orecchio interno e muove i recettori (cellule ciliate).

Il movimento delle ciglia modifica il potenziale di membrana che determina il segnale che viene inviato al cervello.



Principles of Cognitive Neuroscience, Figure 4.2 (Part 2)

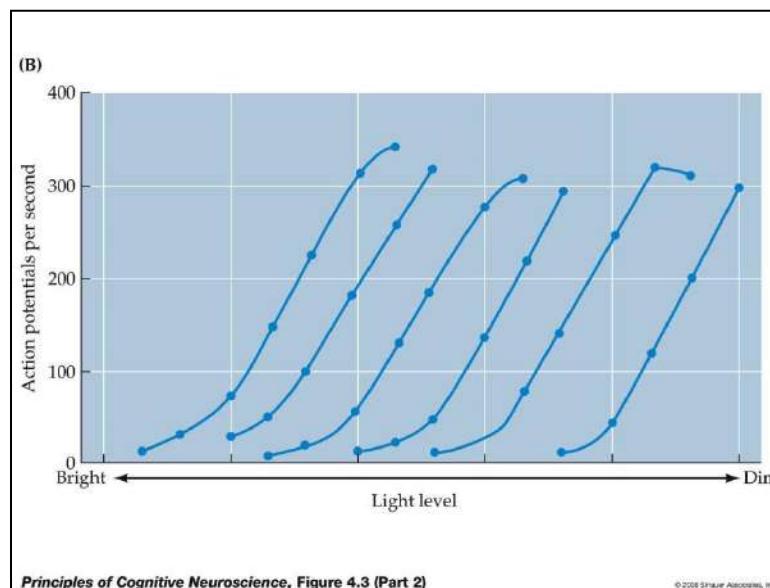
© 2008 Sinauer Associates, Inc.

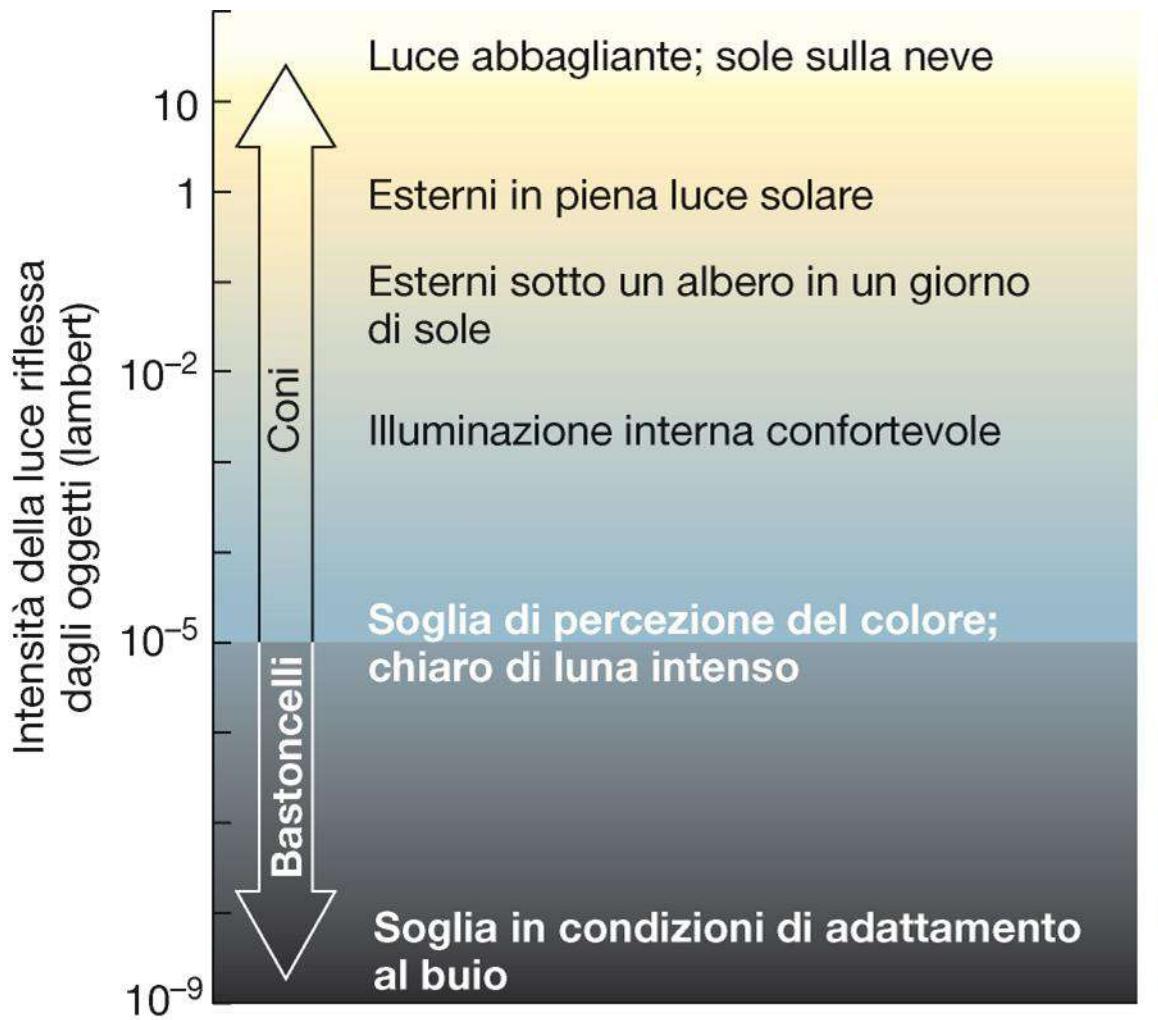
Adattamento all'intensità dello stimolo:

Continua regolazione della sensibilità del sistema in funzione delle condizioni ambientali affinché l'elaborazione sensoriale avvenga con la massima efficienza

Esempio: il sistema visivo ha una frequenza di scarica (che trasmette le informazioni sull'intensità dello stimolo) molto limitata (fino ad un massimo di poche centinaia di potenziali d'azione al secondo) ma deve tradurre una grande varietà di livelli di luce (da quella presente in una stanza buia a quella in uno spazio assolato).

Quindi, la **sensibilità** del sistema (la facilità con la quale i potenziali d'azione vengono generati in risposta ad uno stimolo) viene continuamente adattata per adattarsi ai livelli di intensità luminosa presenti nell'ambiente.

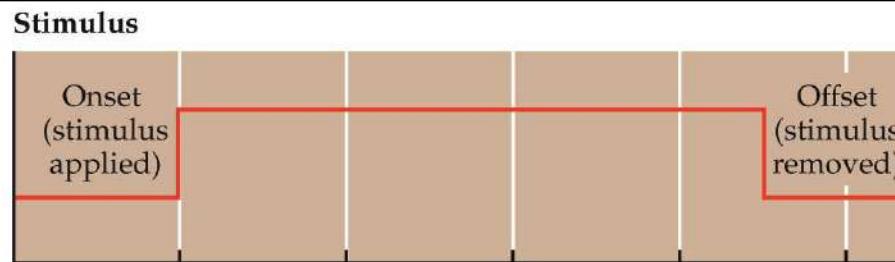




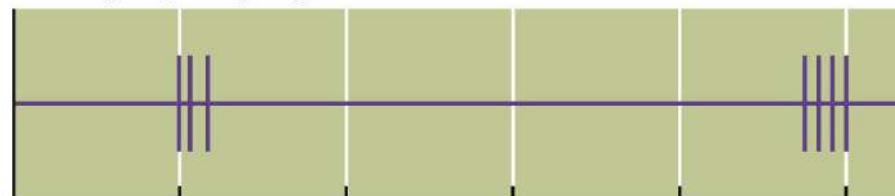
Il nostro sistema visivo funziona su una gamma di intensità luminosa eccezionalmente ampia. Persino nell'intervallo fotopico, dove i coni sono attivi, possiamo apprezzare una gamma di luminosità ampia un milione di volte.

A luce bassa ci affidiamo al sistema scotopico attivato dai bastoncelli, per cui la discriminazione dei colori è debole o assente.

Gli stimoli possono essere momentanei o persistenti ed è necessario sapere quando uno stimolo si interrompe.

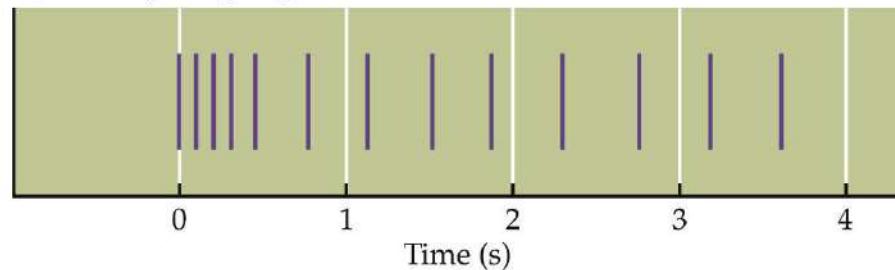


(A) Rapidly adapting



Adattamento rapido: informano sui cambiamenti nella stimolazione

(B) Slowly adapting

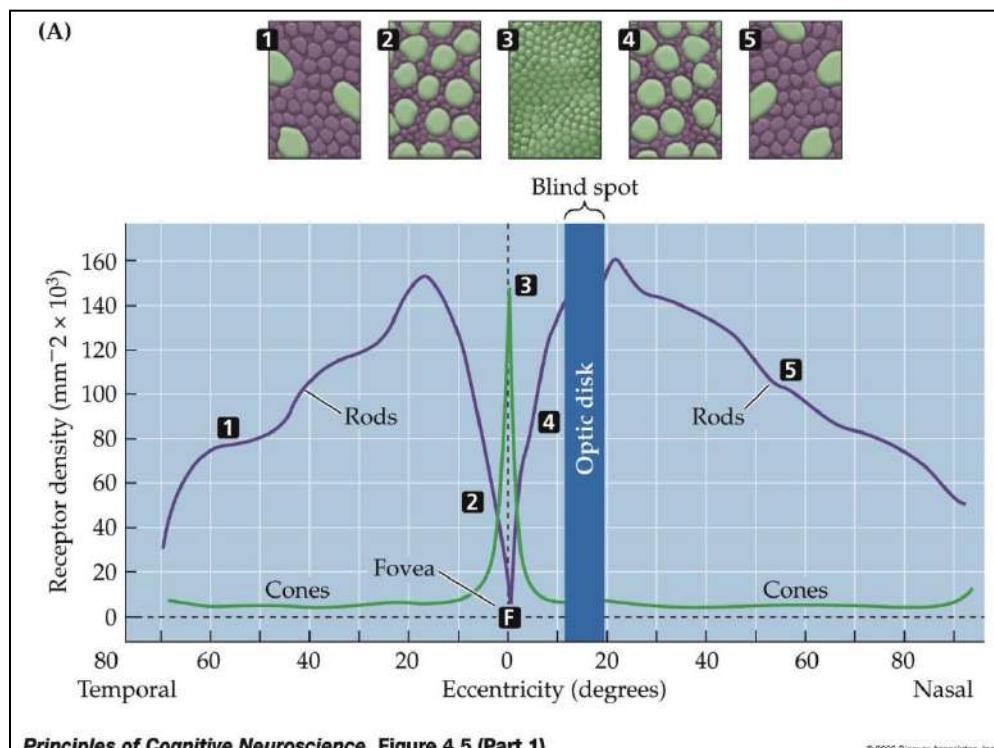


Adattamento lento: informano sulla persistenza di uno stimolo

## Acuità sensoriale:

La finezza della discriminazione (es. distinguere due punti nello spazio visivo oppure due punti sullo spazio corporeo) dipende dalla densità dei recettori.

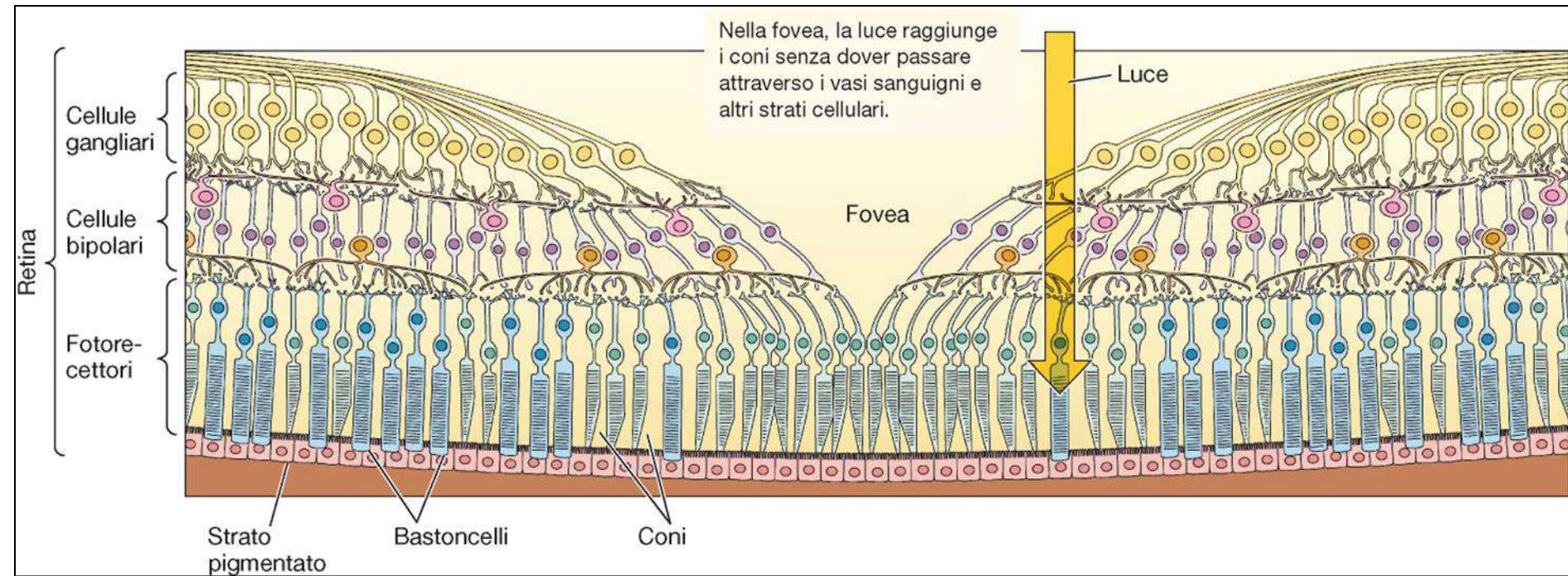
Visione: l'acuità visiva diminuisce rapidamente in funzione dell'eccentricità (la distanza dal punto di fissazione) ed è massima in fovea (regione centrale della retina). Ecco perché si spostano gli occhi di continuo. I coni, responsabili della visione dettagliata in condizioni di luce predominano nella regione centrale della retina. I bastoncelli, responsabili della visione in penombra, sono presenti in periferia.



## Acuità sensoriale:

La finezza della discriminazione (es. distinguere due punti nello spazio visivo oppure due punti sullo spazio corporeo) dipende dalla densità dei recettori.

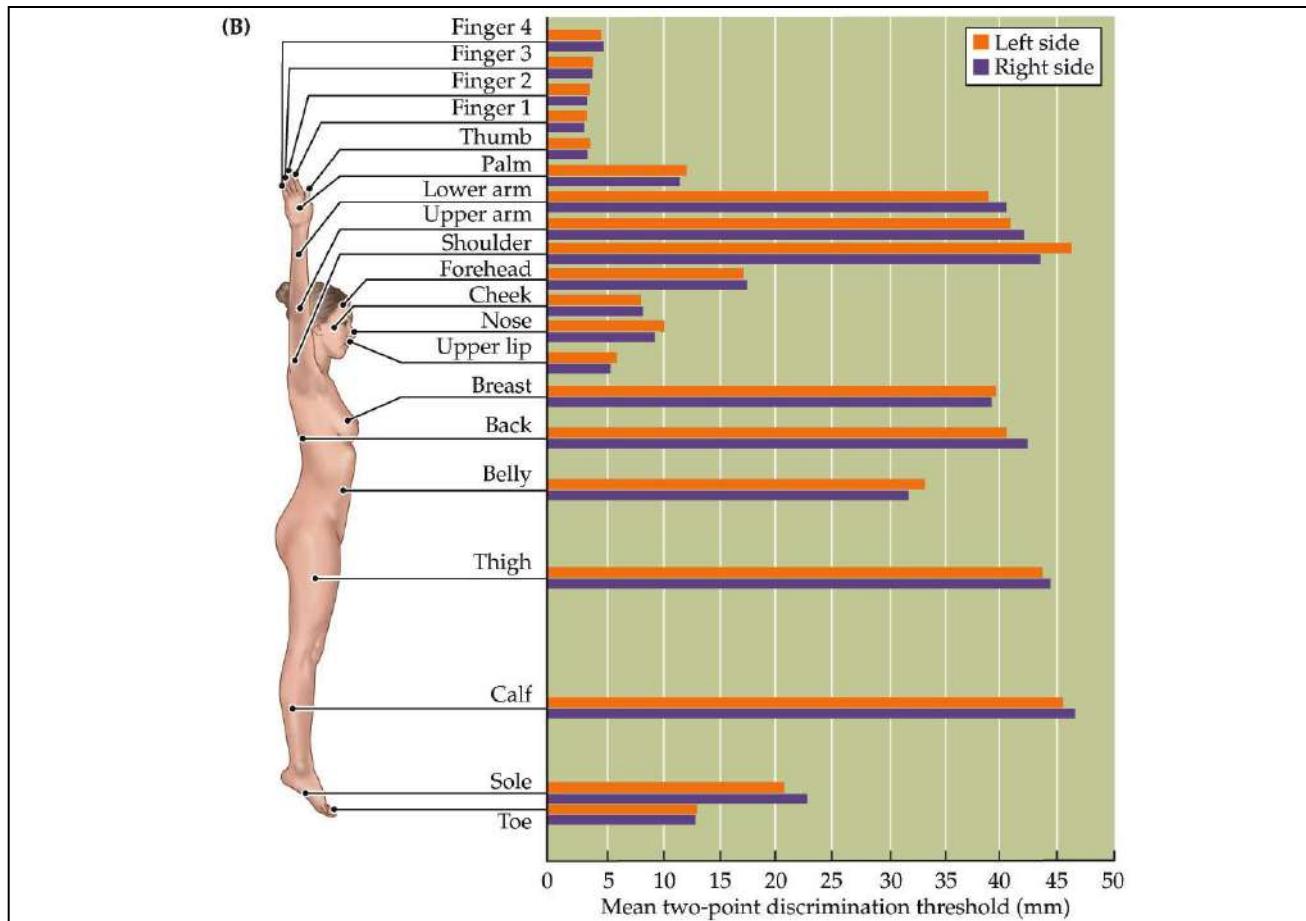
Visione: l'acuità visiva diminuisce rapidamente in funzione dell'eccentricità (la distanza dal punto di fissazione) ed è massima in fovea (regione centrale della retina). Ecco perché si spostano gli occhi di continuo. I coni, responsabili della visione dettagliata in condizioni di luce predominano nella regione centrale della retina. I bastoncelli, responsabili della visione in penombra, sono presenti in periferia.



## Acuità sensoriale:

La finezza della discriminazione (es. distinguere due punti nello spazio visivo oppure due punti sullo spazio corporeo) dipende dalla densità dei recettori.

Tatto: distribuzione dei recettori somatosensoriali sulla superficie corporea. Sui polpastrelli è di pochi millimetri mentre sulla schiena è di alcune decine di millimetri.



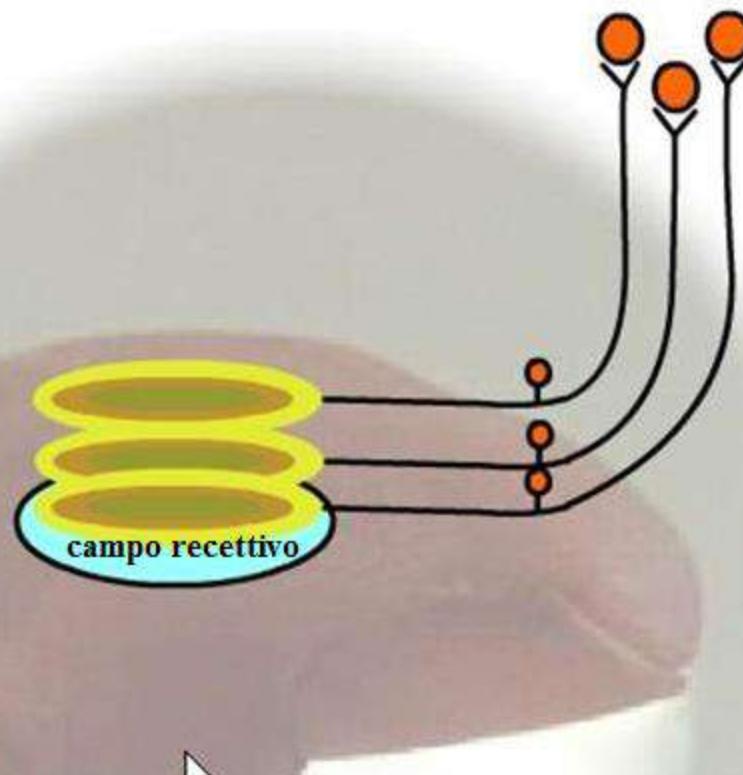
## Nuclei delle colonne dorsali (NCD): **Convergenza**

La pelle della punta del dito ha un'alta densità di fibre afferenti.

Ciascuna fibra afferente ha una bassa convergenza a livello dei NCD.

Pertanto molti neuroni sono richiesti per rappresentare una certa area cutanea.

La conseguenza è: piccoli campi recettivi\* e alta discriminazione tattile.



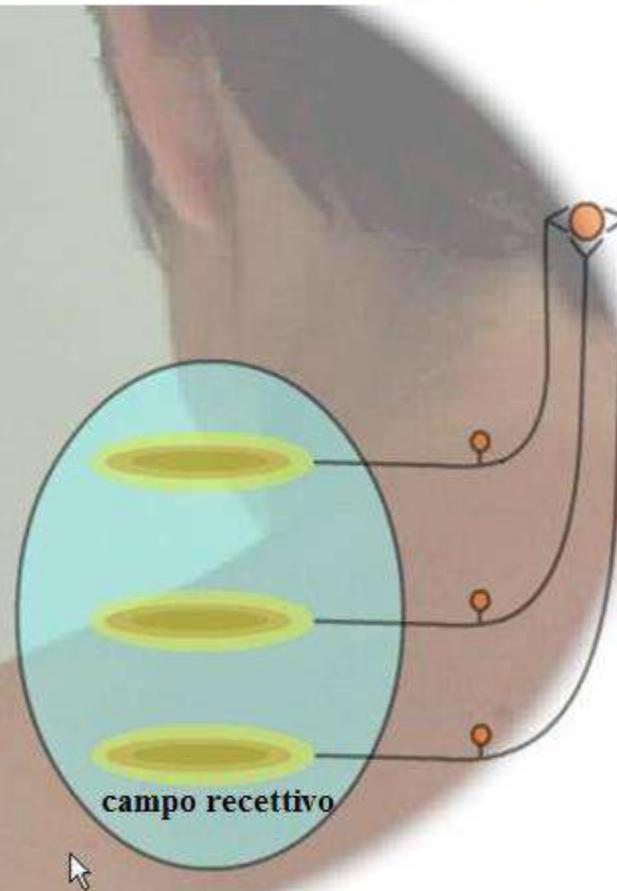
\* **Campo recettivo** di un neurone: è quell'area recettoriale la cui stimolazione modifica l'attività di un neurone

## Nuclei delle colonne dorsali (NCD): **Convergenza**

La pelle della schiena ha una bassa densità di fibre afferenti. Molte afferenze convergono su un singolo neurone dei NCD.

Pertanto solo pochi neuroni sono richiesti per rappresentare una certa area della pelle.

La conseguenza è: grandi campi recettivi\* e bassa discriminazione tattile.



\* **Campo recettivo** di un neurone: è quell'area recettoriale la cui stimolazione modifica l'attività di quel neurone

# I PROCESSI SOTTOCORTICALI:

L'informazione proattiva, retroattiva e laterale:

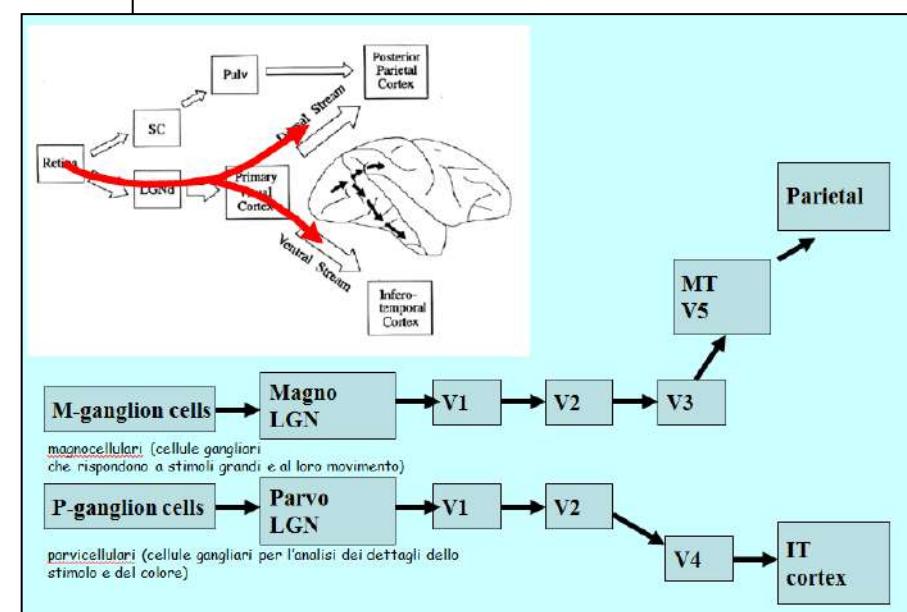
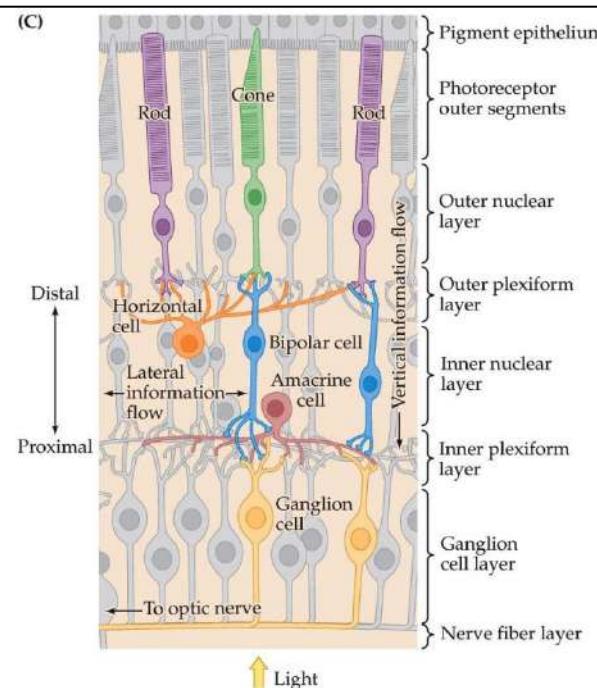
## Visione

Gran parte dell'elaborazione viene compiuta nella retina dalle cellule che si interpongono tra i bastoncelli e i coni (bipolari, orizzontali, amacrini) e dalle cellule gangliari retiniche (neuroni di output dell'occhio).

Inibizione laterale: usata per modulare l'informazione che passa alle gangliari

Informazioni proattive: che vanno alle cellule gangliari (vanno avanti nel percorso)

Informazioni retroattive: per bloccare l'informazione proattiva



## I PROCESSI SOTTOCORTICALI:

L'informazione proattiva, retroattiva e laterale:

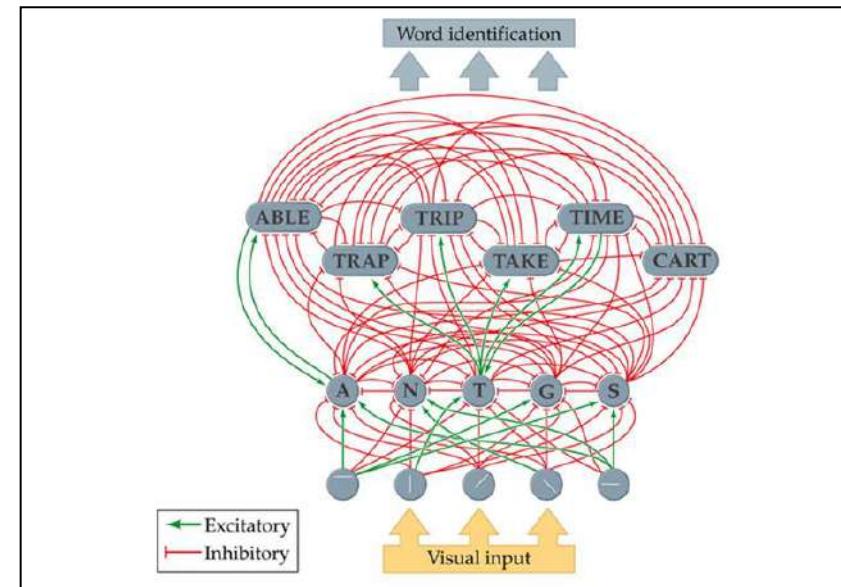
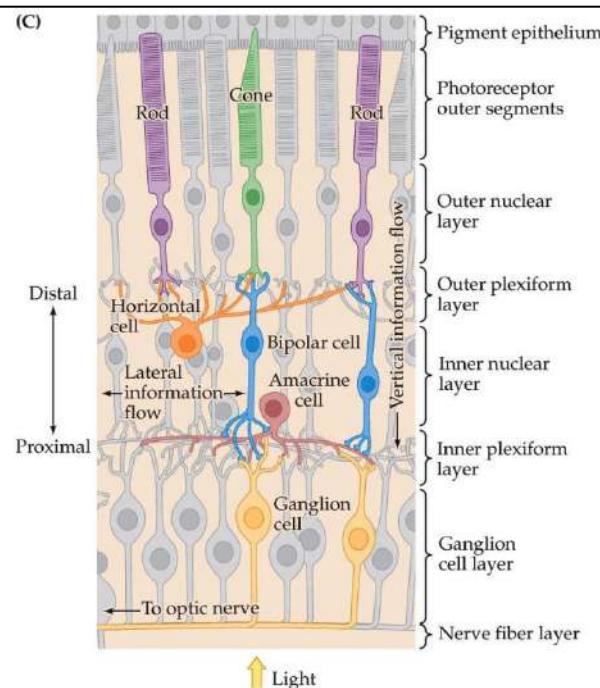
### Visione

Gran parte dell'elaborazione viene compiuta nella retina dalle cellule che si interpongono tra i bastoncelli e i coni (bipolari, orizzontali, amacrino) e dalle cellule gangliari retiniche (neuroni di output dell'occhio).

Inibizione laterale: usata per modulare l'informazione che passa alle gangliari

Informazioni proattive: che vanno alle cellule gangliari (vanno avanti nel percorso)

Informazioni retroattive: per bloccare l'informazione proattiva

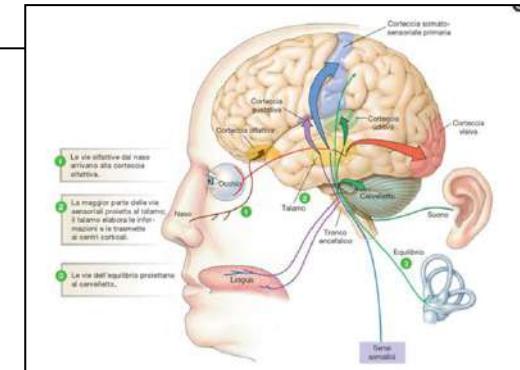
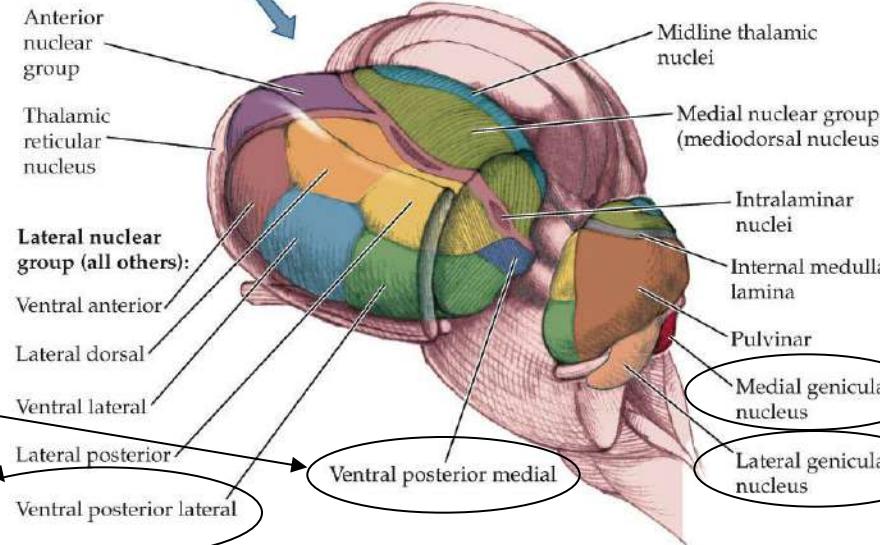
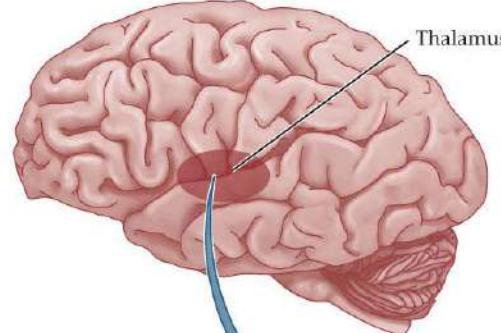


# IL TALAMO:

Complesso di nuclei neuronali.

E' la stazione intermedia tra la periferia (recettori) e la corteccia.

Ciascun sistema sensoriale segue una via separata attraverso il talamo all'interno dei suoi nuclei.



**Informazioni uditive**

**Cellule gangliari retiniche**

# I PROCESSI CORTICALI:

Le corteccce sensoriali primarie: la prima stazione corticale.

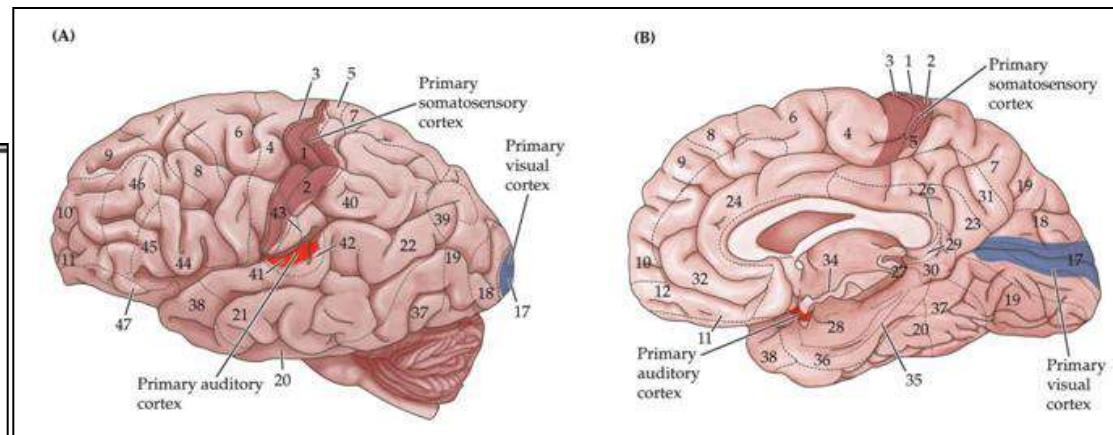
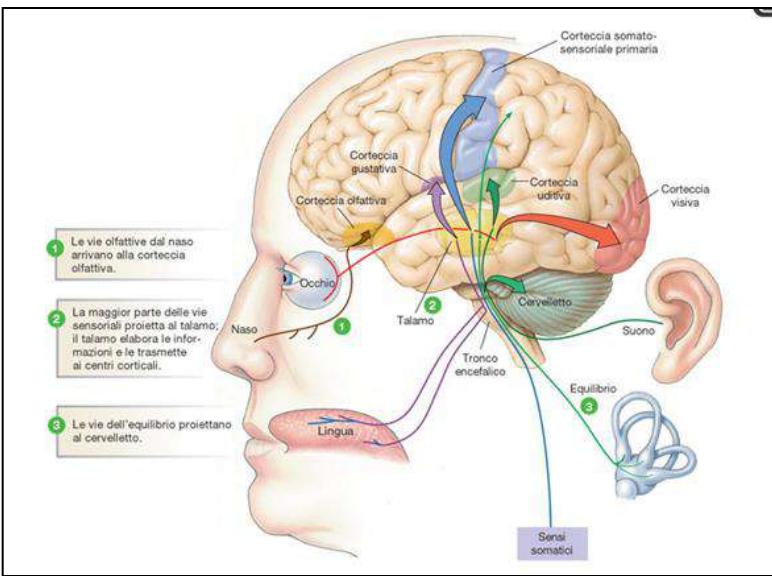
Visione: corteccia visiva primaria (V1, corteccia striata, area di Brodmann 17), lobo occipitale.

Udito: corteccia uditiva primaria (A1, BA 41 e 42), parte superiore del lobo temporale.

Somatosensoriale: corteccia somatosensoriale primaria (BA 1, 2 e 3), nel giro postcentrale del lobo parietale.

Olfatto: corteccia olfattiva primaria (corteccia piriforme), nel lobo temporale mediale.

Gusto: nell'insula del lobo frontale.



# I PROCESSI CORTICALI:

Le corteccce sensoriali primarie: la prima stazione corticale.

La corteccia motoria primaria: l'ultima stazione corticale

Quando vengono stimolate determinano immediate modifiche del comportamento

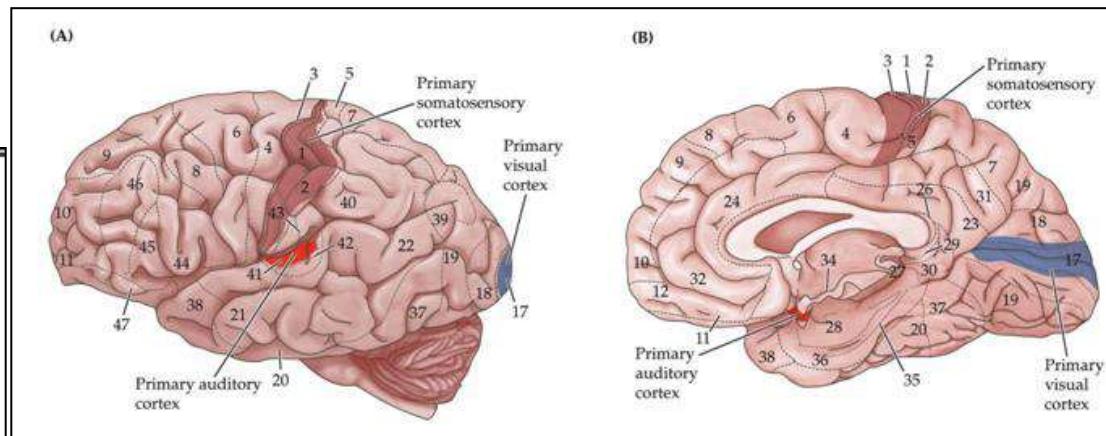
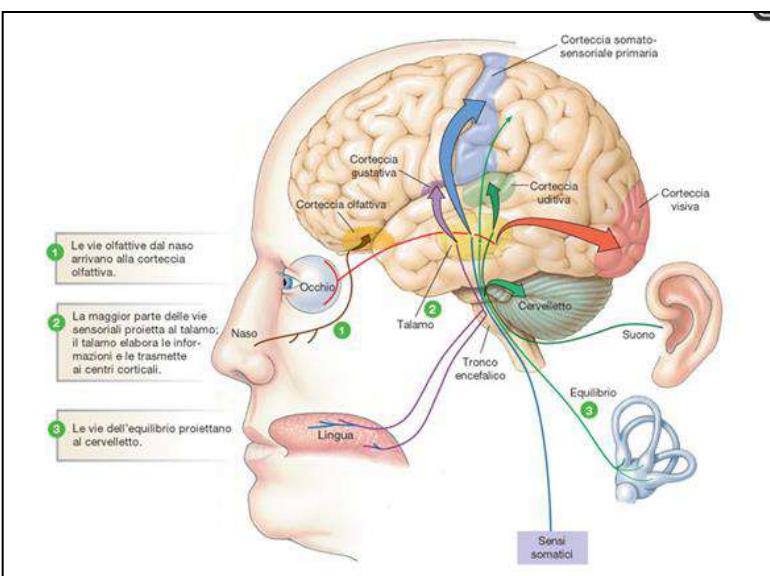
## AREE ELOQUENTI

Fosfeni (lampi di luce)

Acufeni (suoni)

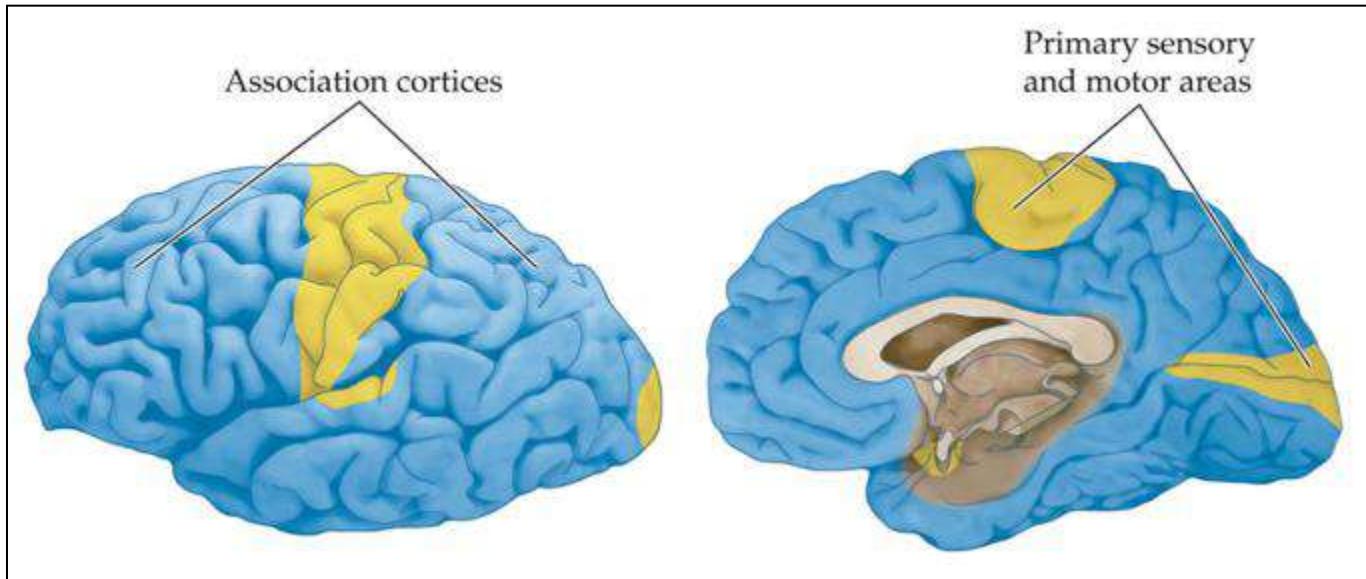
Sensazioni gustative o olfattive

Movimenti



## LE AREE CORTICALI DI ORDINE SUPERIORE:

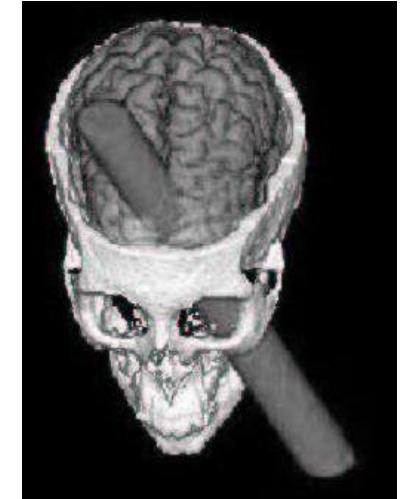
Aree corticali di associazione o cortece associativa: queste regioni **integrano le informazioni derivate da altre regioni cerebrali**.



Quando vengono stimolate **NON** determinano immediate modifiche del comportamento  
**AREE NON ELOQUENTI**

## Phineas Gage

Operaio statunitense addetto alla costruzione di ferrovie, noto per un incidente capitato gli nel 1848: sopravvisse alla ferita infertagli da un'asta di metallo che gli trapassò il cranio.



Miracolosamente sopravvissuto all'incidente, già dopo pochi minuti Gage era di nuovo cosciente e in grado di parlare. Dopo tre settimane poteva già rialzarsi dal letto e uscire di casa in maniera del tutto autonoma. La sua personalità però aveva subito radicali trasformazioni, al punto che gli amici non lo riconoscevano, in quanto divenuto intrattabile, in preda ad alti e bassi, e incline alla blasfemia. Visse altri 12 anni dopo l'incidente.

L'incidente ha determinato un cambiamento della sua capacità di fare previsioni sulla base dei dati acquisiti, rendendolo incapace di valutare i rischi delle sue azioni.

## Integrazione multisensoriale:

Le informazioni provenienti dai diversi sensi vengono integrare per dare un quadro completo della situazione. Questo ha grosse conseguenze sul modo con il quale percepiamo.

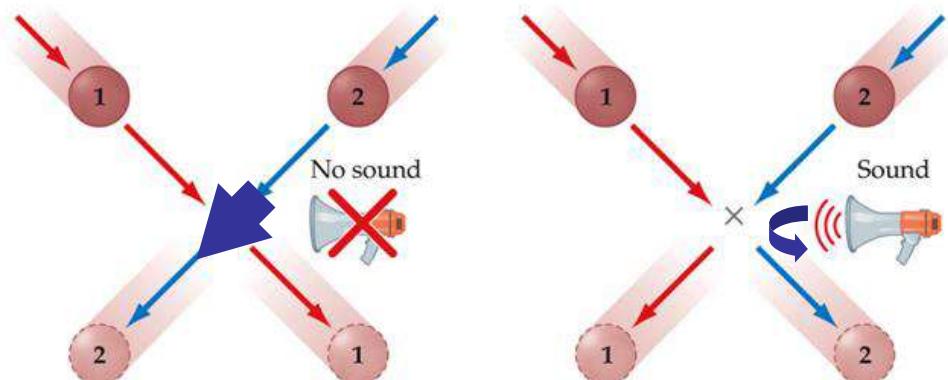
### Ciò che vediamo condiziona ciò che sentiamo:

Poiché vediamo la bocca del manichino che si muove mentre le labbra del ventriloquo sono ferme, percepiamo il suono come se venisse dalla bocca del manichino.



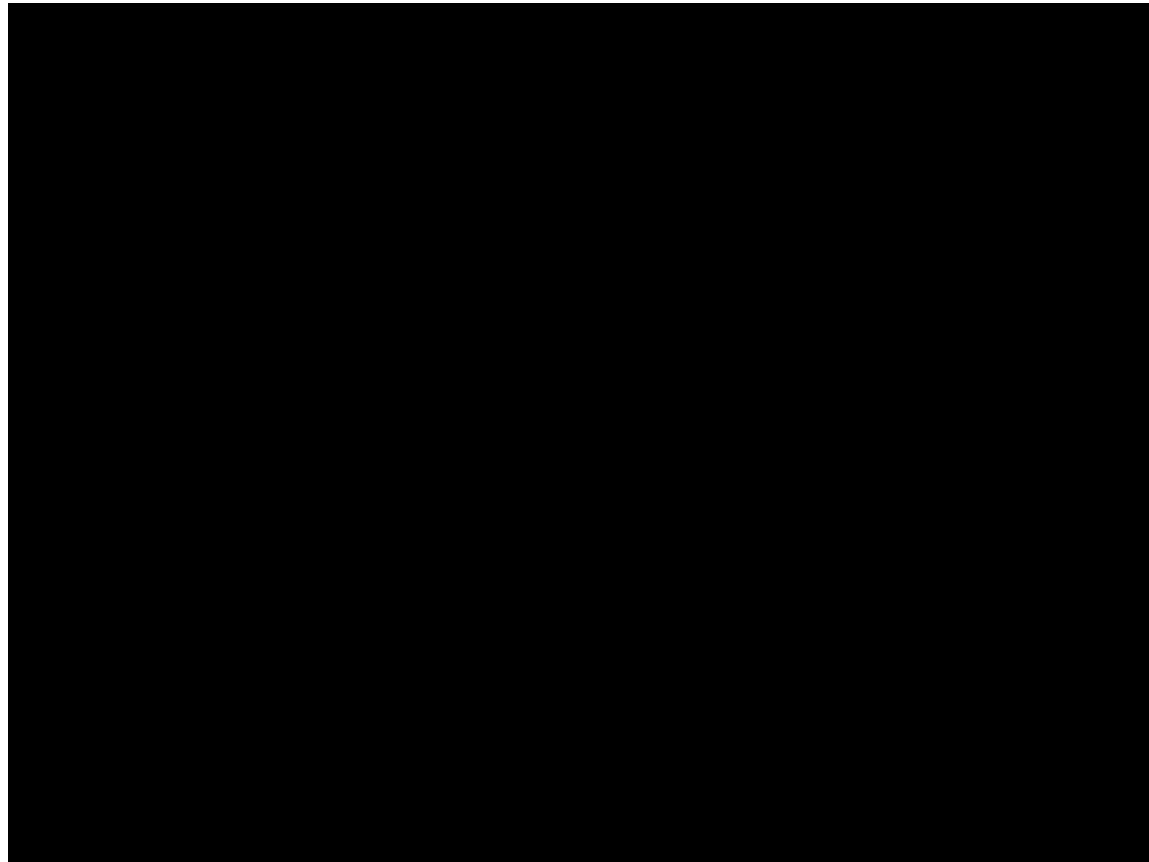
### Ciò che sentiamo condiziona ciò che vediamo:

In assenza di suono le palline sembrano procedere senza scontrarsi; in presenza di suono sembrano rimbalzare.



## EFFETTO McGURK

<http://www.youtube.com/watch?v=jtsfidRq2tw&feature=related>



## McGurk Effect

L'effetto McGurk è un fenomeno percettivo che dimostra un'interazione tra l'udito e la vista nel riconoscimento di una parola o di un singolo fonema. Questo suggerisce che il riconoscimento linguistico è un processo multimodale, cioè che coinvolge informazioni da più di una sorgente sensoriale.

Questo effetto può essere sperimentato quando un video che mostra la produzione di un fonema viene doppiato con il suono registrato di un altro fonema. Spesso il fonema percepito è una via di mezzo tra i due. Per esempio, un video che mostra /ga/ combinato con l'audio di /ba/ è spesso percepito come /da/.

## Sinestesia (mescolanza dei sensi):

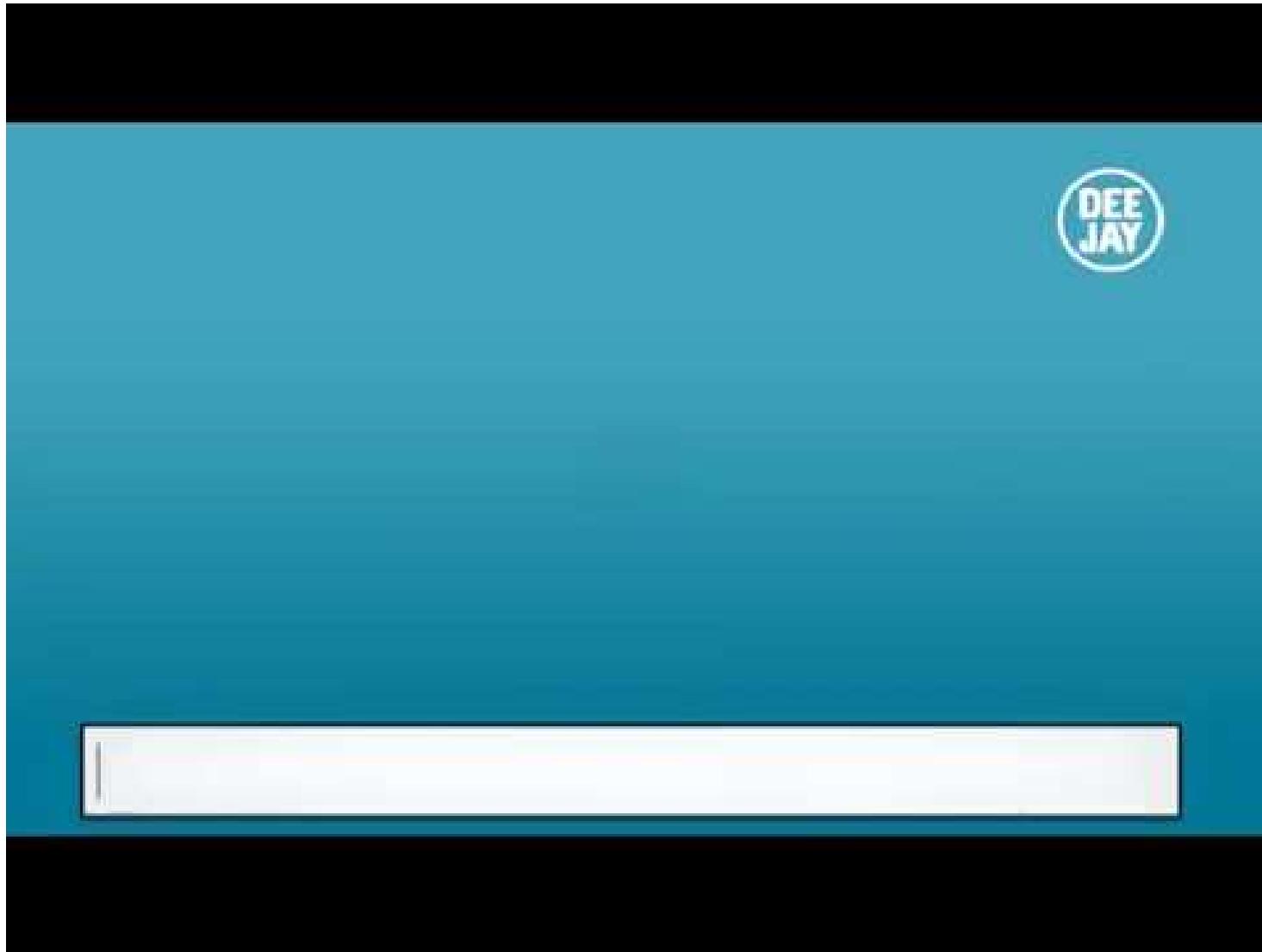
Alcuni individui mescolano le esperienze appartenenti a un dominio sensoriale con quelle appartenenti ad un altro.

Sinestesia grafema-colore: persone che vedono numeri, lettere o forme simili come se fossero di colori diversi.

Percezione di colori in risposta a note musicali e gusti specifici evocati da certe parole e/o numeri.

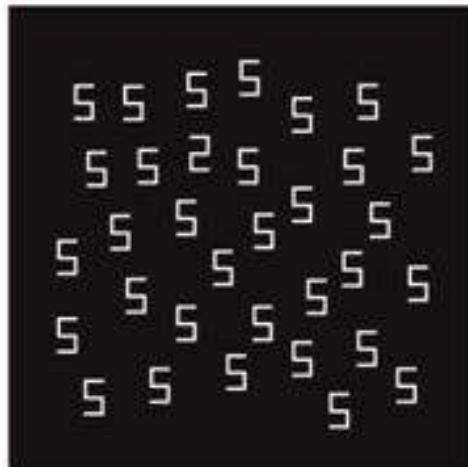
Nella lista dei sinestesici famosi troviamo il pittore David Hockney, lo scrittore Vladimir Nabokov, il compositore e musicista Duke Ellington e il fisico Richard Feynman.

<https://youtu.be/qQHKp7Fjnno>



## Esperimento di registrazione di tempi di reazione che dimostra la presenza di sinestesia

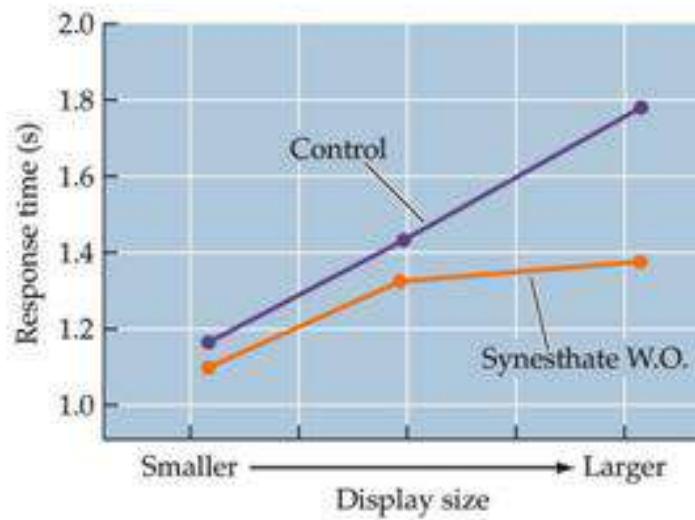
(A) Physical stimulus as presented



(B) Presumed synesthete perception



(C)

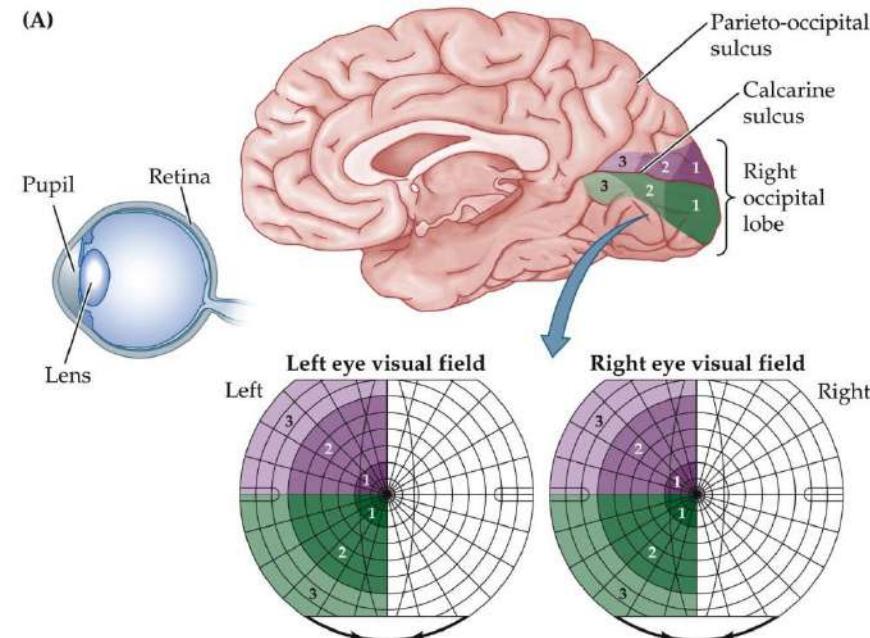
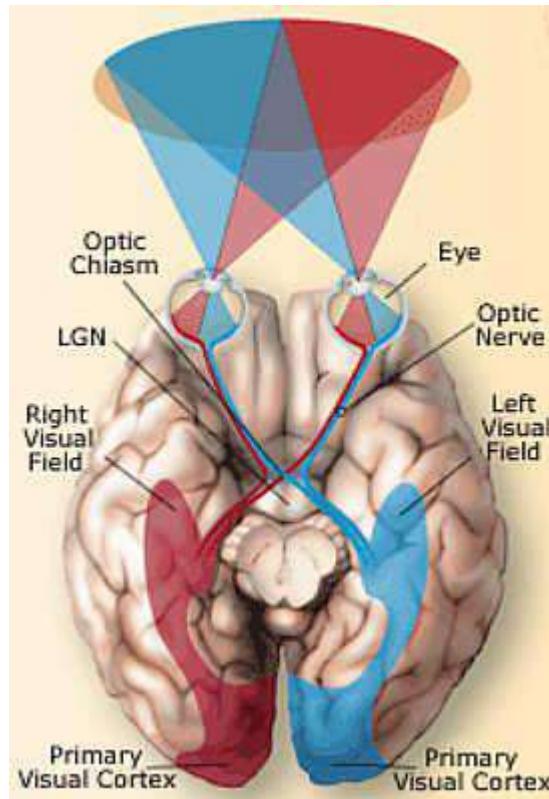


## L'ORGANIZZAZIONE DELLE CORTECCE SENSORIALI

Rappresentazione topografica:

Corrispondenza tra l'organizzazione dei recettori sensoriali periferici e la rappresentazione in corteccia (si stimola in periferia e si registra nel talamo o in corteccia):

Posizione periferiche adiacenti corrispondono a posizioni in corteccia adiacenti (notare anche la magnificazione della fovea).



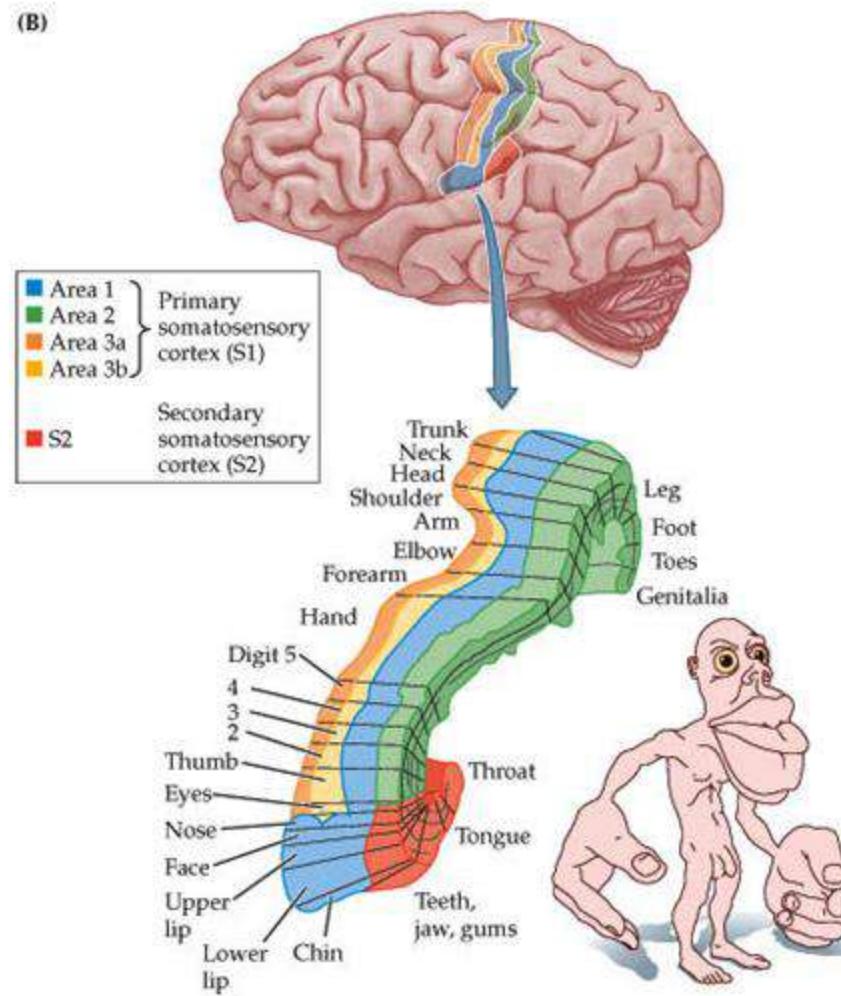
Principles of Cognitive Neuroscience, Figure 4.12 (Part 1)

© 2009 Sinauer Associates, Inc.

## L'ORGANIZZAZIONE DELLE CORTECCE SENSORIALI

Magnificazione corticale:

Nella mappa topografica è dedicato più spazio corticale alle regioni in cui i recettori sensoriali sono distribuiti più densamente (come le mani).



## L'ORGANIZZAZIONE DELLE CORTECCE SENSORIALI

Magnificazione corticale:

Nella mappa topografica è dedicato più spazio corticale alle regioni in cui i recettori sensoriali sono distribuiti più densamente (fovea).

### Cortical magnification

Retinal image



Cortical map



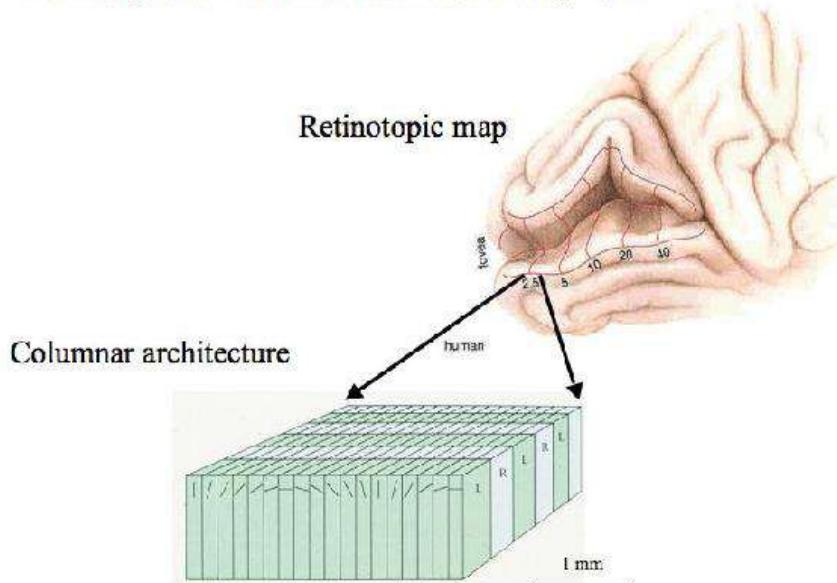
## L'ORGANIZZAZIONE DELLE CORTECCE SENSORIALI

Modularità:

La corteccia (sia primaria che alcune di ordine superiore) è organizzata in gruppi di neuroni (centinaia o migliaia) che si ripetono avendo proprietà funzionali simili: moduli corticali o colonne corticali.

Lo scopo dell'organizzazione modulare non è ancora chiaro.

### Columnar architecture of V1



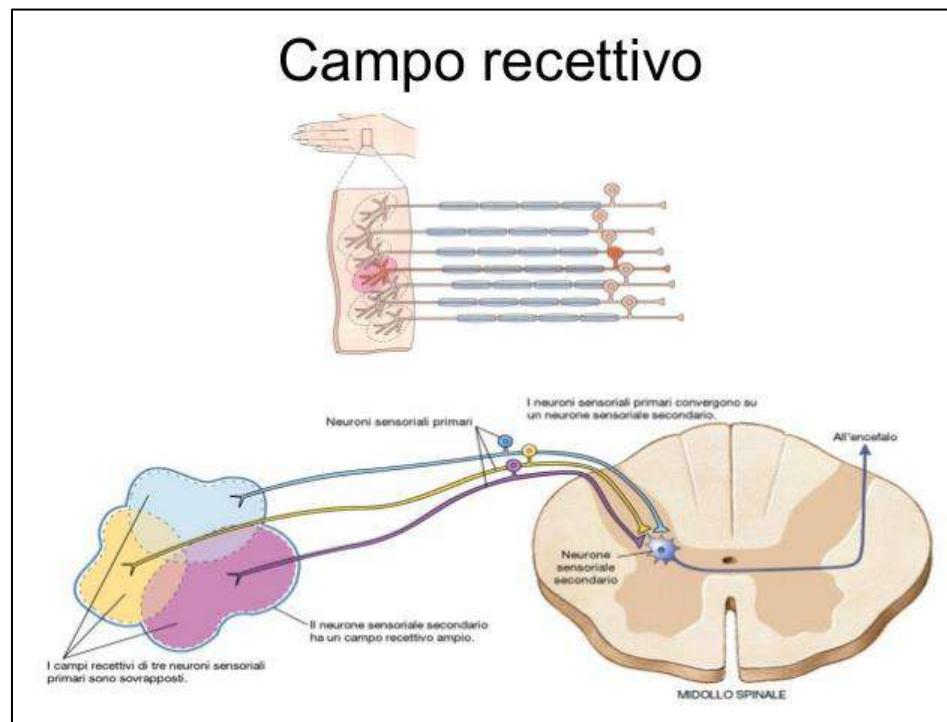
**Columnar architecture:** As one moves an electrode vertically through the thickness of cortex, one finds that most neurons have the same selectivity (e.g., the same orientation preference and eye dominance). **Ocular dominance columns:** As one moves an electrode tangentially through the cortex, one first finds cells that respond to left eye inputs, then binocular (responsive to both/either eye), then right eye, then binocular, then left again, etc. **Orientation columns:** As one moves the electrode tangentially in the orthogonal direction, one first finds cells selective for vertical, then diagonal, then horizontal, etc. A **hypercolumn** is a chunk of cortex about 1 mm square by 3 mm thick that contains neurons, all with approximately the same receptive field location, but with all different orientation selectivities, direction selectivities, both (left- and right-) eye dominances represented.

## Campo recettivo:

Regione dello spazio nella quale deve essere localizzato uno stimolo sensoriale affinché un neurone possa rispondere. I campi recettivi di neuroni del sistema visivo e sensoriale (tattile) sono piccole zone dello spazio visivo o del corpo, mentre i campi recettivi di neuroni dei sistemi uditivo, olfattivo e gustativo sono definiti dalla frequenza del suono e dalla composizione chimica delle molecole stimolanti.

## Campo recettivo tattile:

Regione di superficie corporea che se stimolata determina una risposta del neurone.



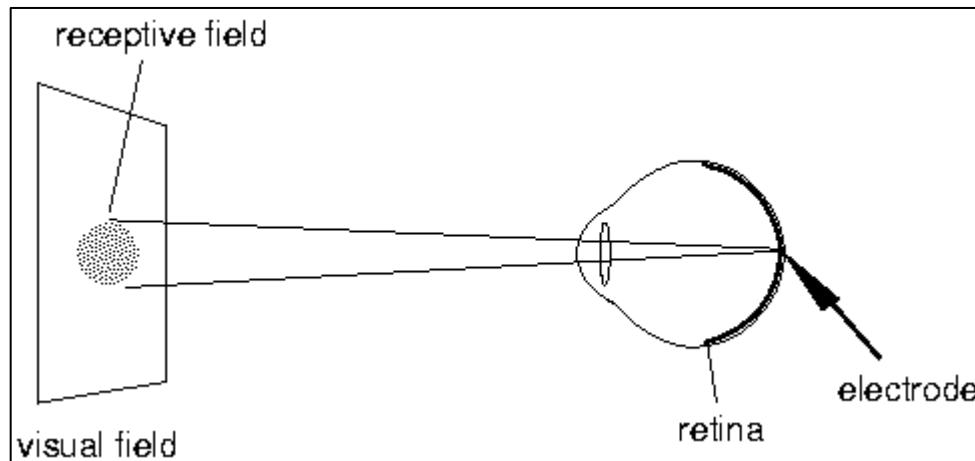
## Campo recettivo:

Regione dello spazio nella quale deve essere localizzato uno stimolo sensoriale affinché un neurone possa rispondere. I campi recettivi di neuroni del sistema visivo e sensoriale (tattile) sono piccole zone dello spazio visivo o del corpo, mentre i campi recettivi di neuroni dei sistemi uditivo, olfattivo e gustativo sono definiti dalla frequenza del suono e dalla composizione chimica delle molecole stimolanti.

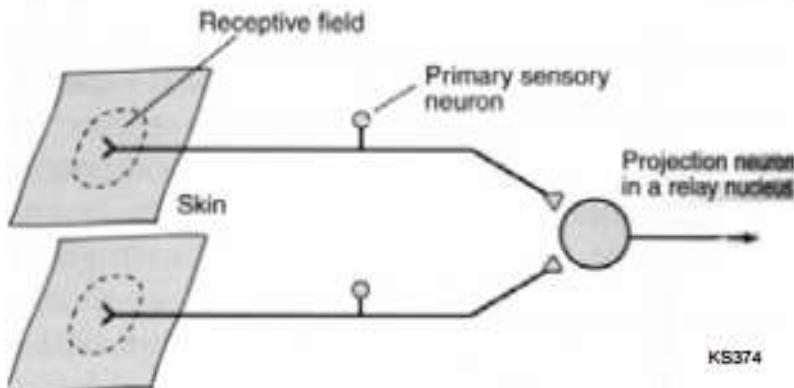
## Campo recettivo visivo:

Regione dello spazio visivo che se stimolata determina una risposta del neurone.

Regione di spazio visivo che corrisponde alla regione stimolata della superficie retinica (spostando l'occhio, si sposta la regione retinica e di conseguenza si sposta il campo recettivo).



# Campo Recettivo



Il funzionamento di un recettore è descritto dal suo campo recettivo (ad esempio la dimensione del campo recettivo determina la risoluzione spaziale del recettore).

I neuroni sensoriali primari proiettano su neuroni secondari che, solitamente, sono raggruppati in "relay nuclei". Ad esempio i **nuclei talamici**. L'unica eccezione è l'olfatto nel quale i neuroni primari proiettano direttamente sulla corteccia olfattiva.

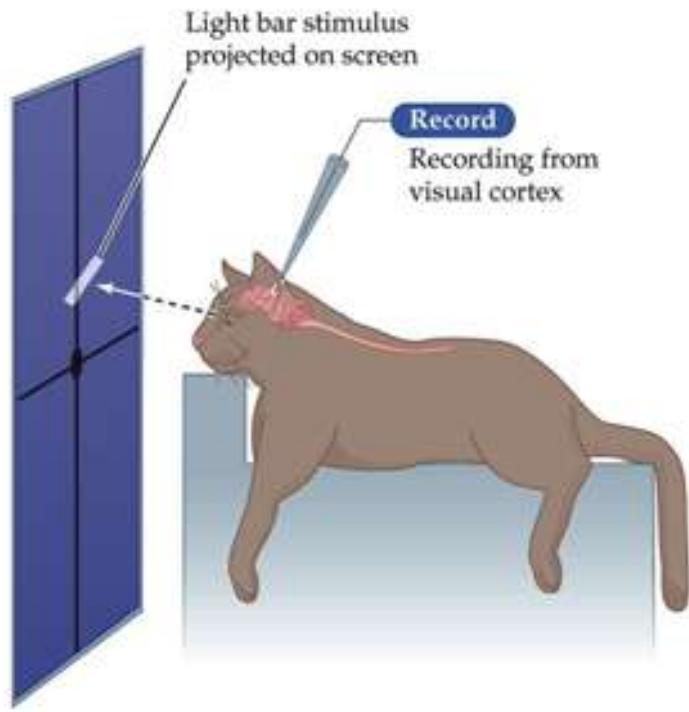
I neuroni sensoriali "centrali" hanno a loro volta un campo recettivo che è ottenuto dalla *combinazione* dei campi recettivi periferici. Questi campi recettivi sono via via più complessi o codificano informazioni spazio-temporali estratte dalle informazioni "base" (ad esempio CR sensibili al movimento visivo).

## PROPRIETÀ FUNZIONALI DEI NEURONI:

Diverse caratteristiche dello stimolo (oltre alla posizione spaziale) alle quali il neurone è sensibile.

La frequenza di scarica non è più legata all'intensità dello stimolo (come avviene a livello dei recettori) ma alle *combinazioni* delle proprietà dello stimolo.

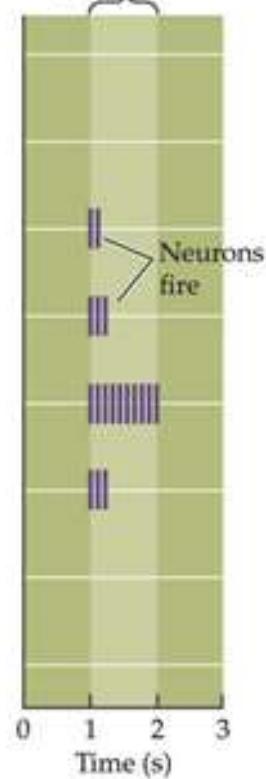
(A) Experimental setup



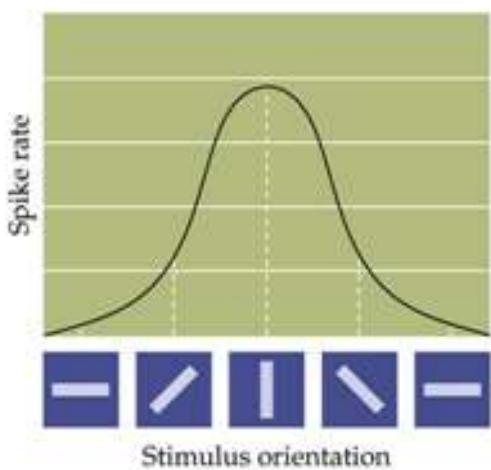
(B) Stimulus orientation



Stimulus presented



(C)



## PSICOFISICA CLASSICA

Determinazione delle soglie sensoriali.

Assunzione:

un continuo fisico (misurabile in unità fisiche che rappresentano le diverse grandezze) che ha in parallelo

un continuo psicologico (aspetti dell'esperienza sensoriale)

### CONTINUO FISICO

- frequenza ed ampiezza dell'onda di un suono
- peso di un oggetto
- lunghezza di una linea
- livello di energia di uno stimolo luminoso

### CONTINUO PSICOLOGICO

- altezza e intensità sonora
- pressione tattile e pesantezza
- grandezza visiva percepita
- luminosità della luce

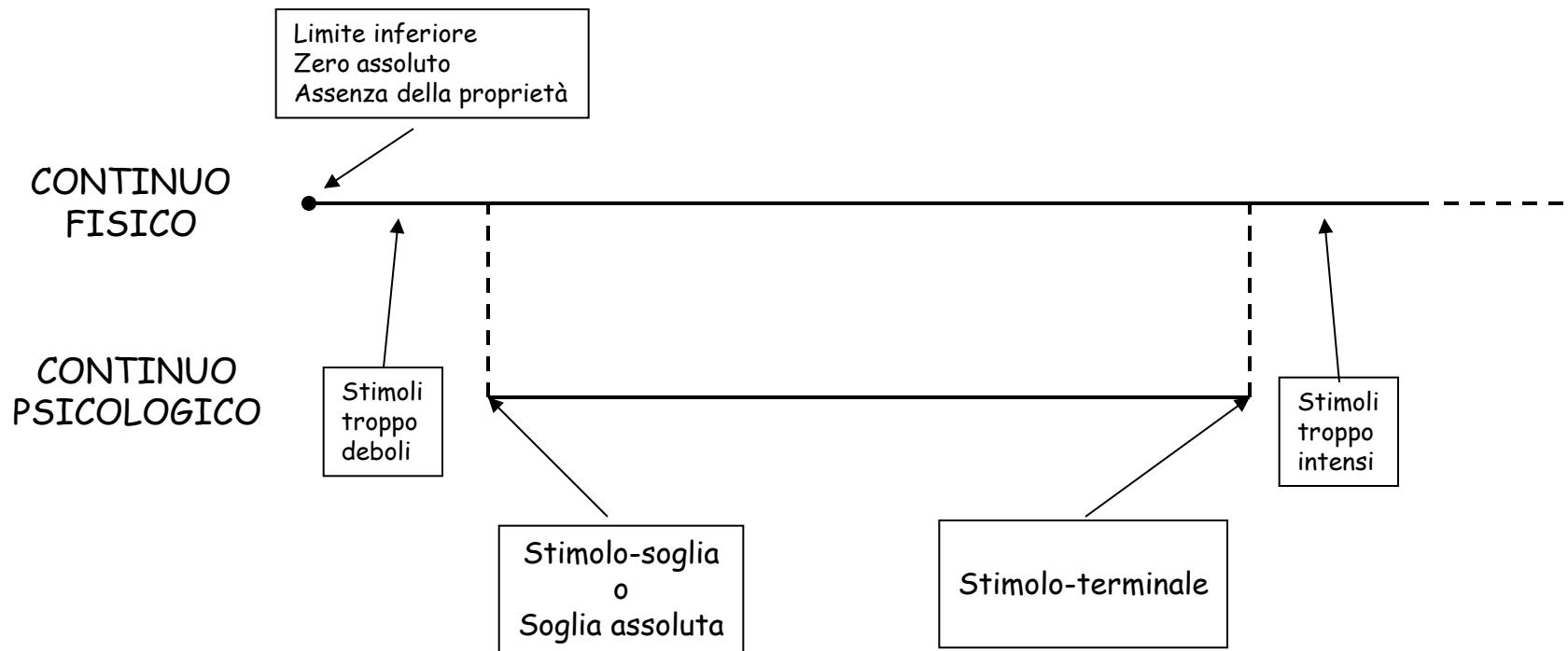
## STIMOLI



## RISPOSTE



© Can Stock Photo - csp7378946



I limiti del continuo psicologico non sono costanti nel tempo e variano da soggetto a soggetto.

*Zona di transizione:* intervallo in cui uno stimolo di grandezza costante può produrre o no una sensazione. Nello stesso individuo, varia in funzione della stanchezza, della pratica ad eseguire il compito, ecc.

*Soglia:* definita in termini statistici come lo stimolo che provoca una risposta positiva il 50% delle volte in cui viene presentato.

*Soglia assoluta:*

Qual è lo stimolo minimo che gli organi di senso (la visione, l'udito, il tatto) sono in grado di rilevare o discriminare?

### Soglie assolute (da Galanter, 1962)

<b>Visione</b>	La fiamma di una candela vista in una notte serena e illume a 45 m di distanza.
<b>Udito</b>	Il ticchettio di un orologio a 6 m di distanza in un ambiente quieto.
<b>Gusto</b>	Un cucchiaino di zucchero in 9 litri di acqua.
<b>Olfatto</b>	Una goccia di profumo nel volume equivalente a 6 grandi stanze.
<b>Tatto</b>	L'ala di una mosca che cade sulla guancia a dall'altezza di 1 cm.

### *Soglia assoluta:*

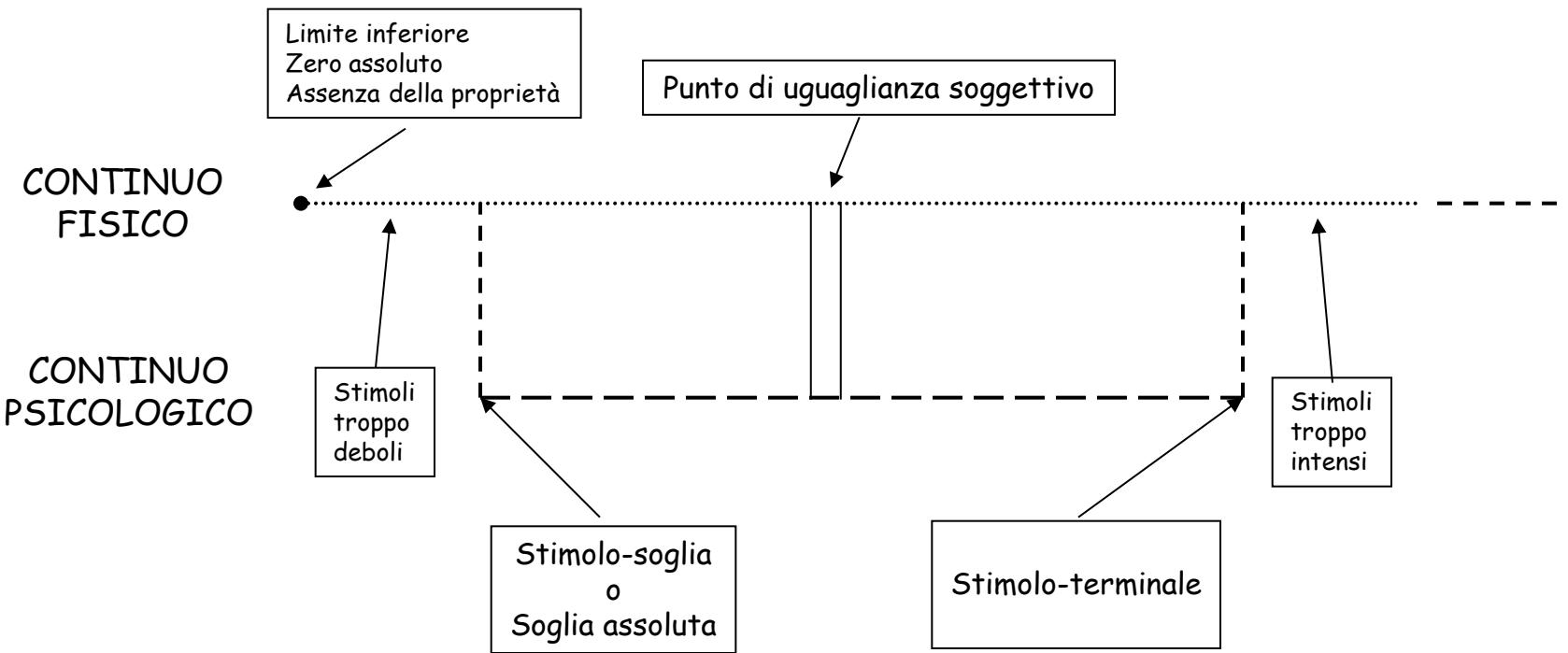
Corrisponde all'intensità minima dello stimolo per la quale lo stimolo viene percepito il 50% delle volte in cui viene presentato

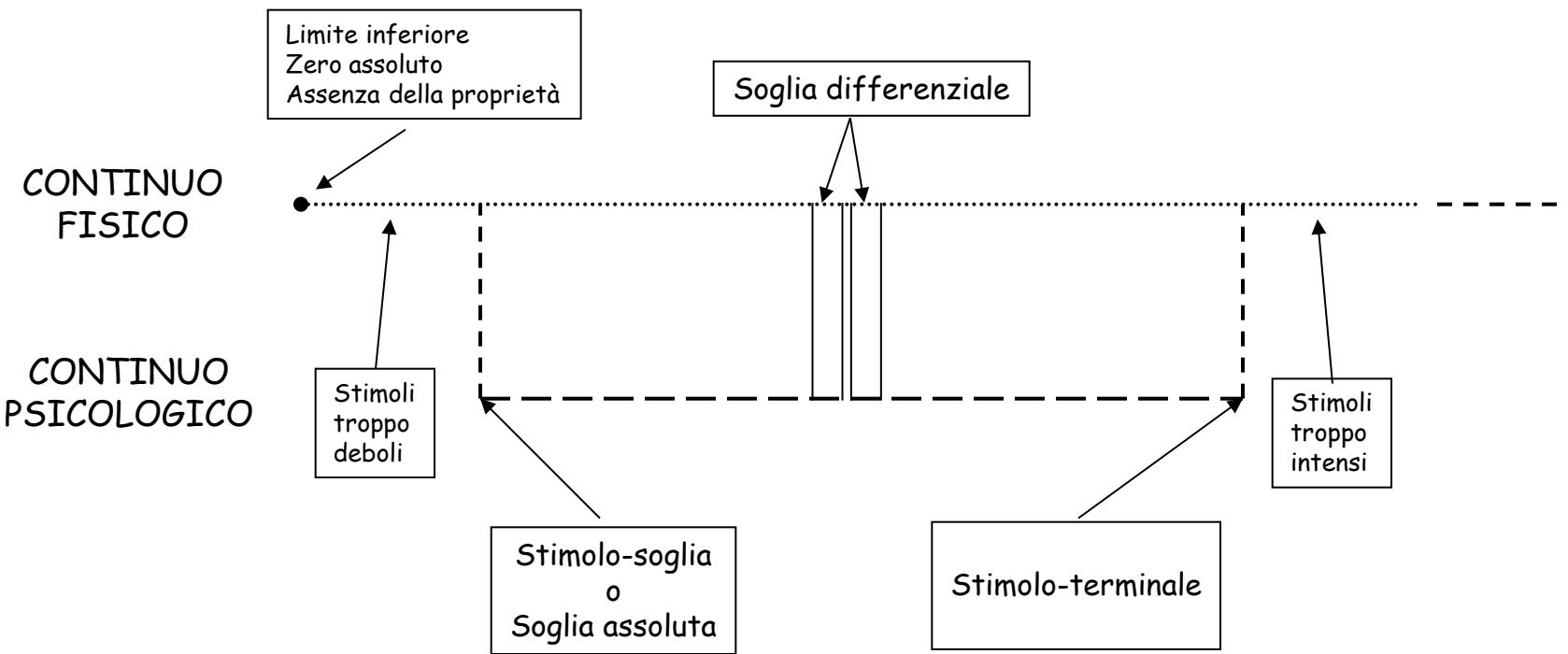
### *Soglia differenziale:*

Corrisponde alla differenza di intensità minima tra due stimoli per la quale gli stimoli vengono percepiti come diversi il 50% delle volte in cui vengono presentati

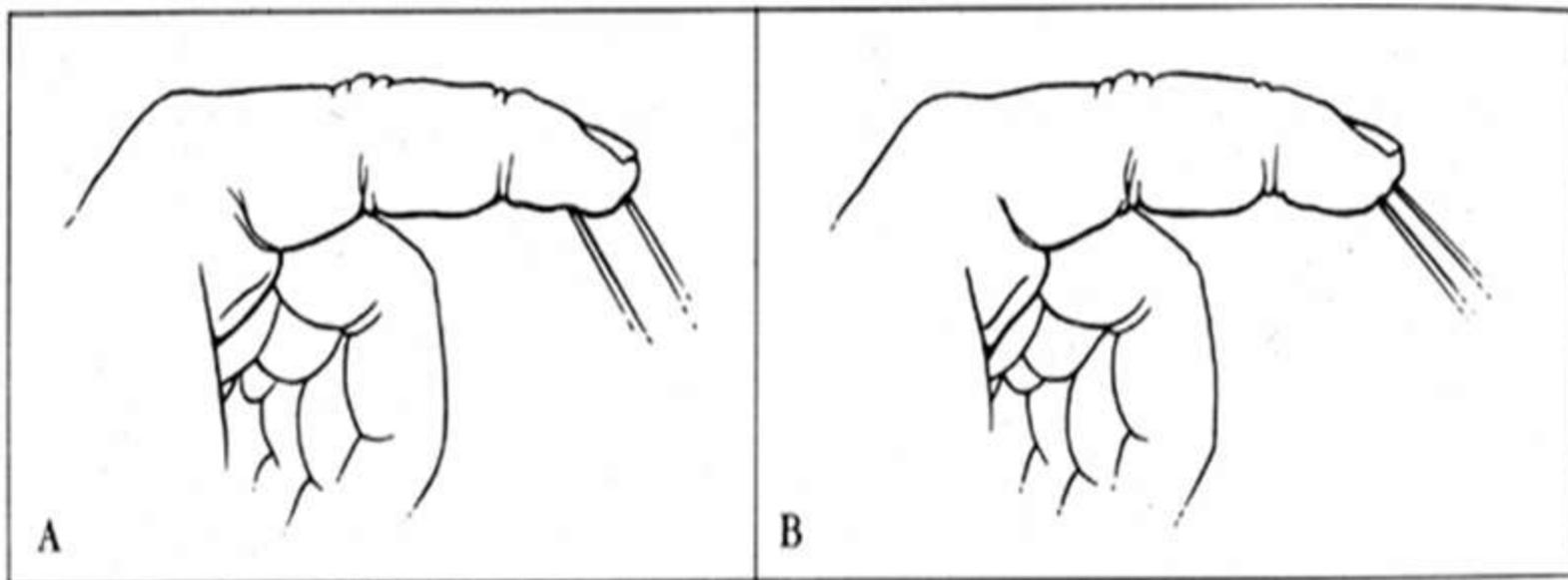
*Punto di eguaglianza soggettivo:*

Valore di uno stimolo che determina una risposta uguale ad uno stimolo standard (due stimoli fisicamente diversi vengono percepiti come uguali)





## Soglia differenziale



A: la persona percepisce il tocco di due stecchi distanti 3.3 mm come due stimoli distinti.

B: quando gli stecchi distano tra di loro meno di 3 mm, il tocco viene percepito come unico.

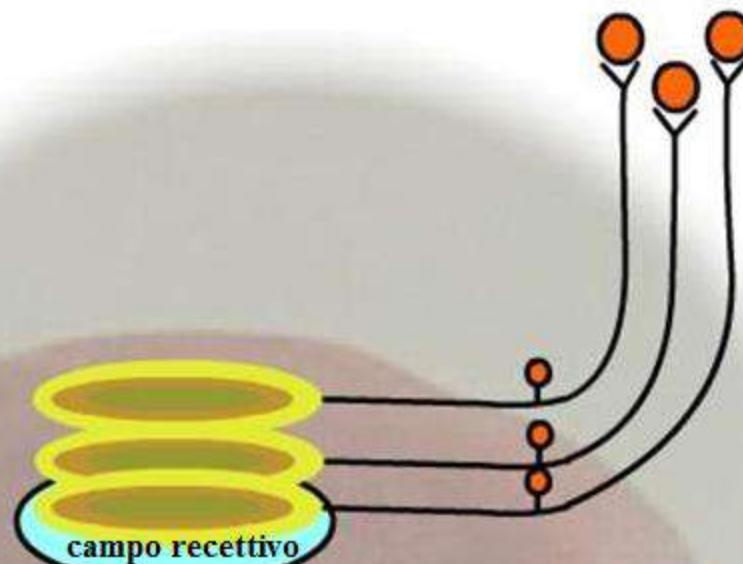
## Nuclei delle colonne dorsali (NCD): **Convergenza**

La pelle della punta del dito ha un'alta densità di fibre afferenti.

Ciascuna fibra afferente ha una bassa convergenza a livello dei NCD.

Pertanto molti neuroni sono richiesti per rappresentare una certa area cutanea.

La conseguenza è: piccoli campi recettivi\* e alta discriminazione tattile.



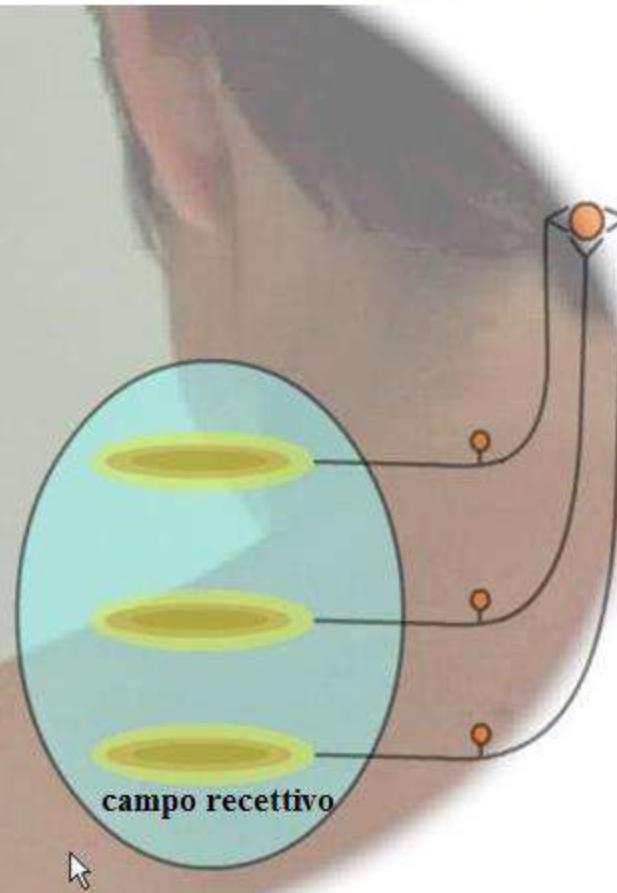
\* **Campo recettivo** di un neurone: è quell'area recettoriale la cui stimolazione modifica l'attività di un neurone

## Nuclei delle colonne dorsali (NCD): **Convergenza**

La pelle della schiena ha una bassa densità di fibre afferenti. Molte afferenze convergono su un singolo neurone dei NCD.

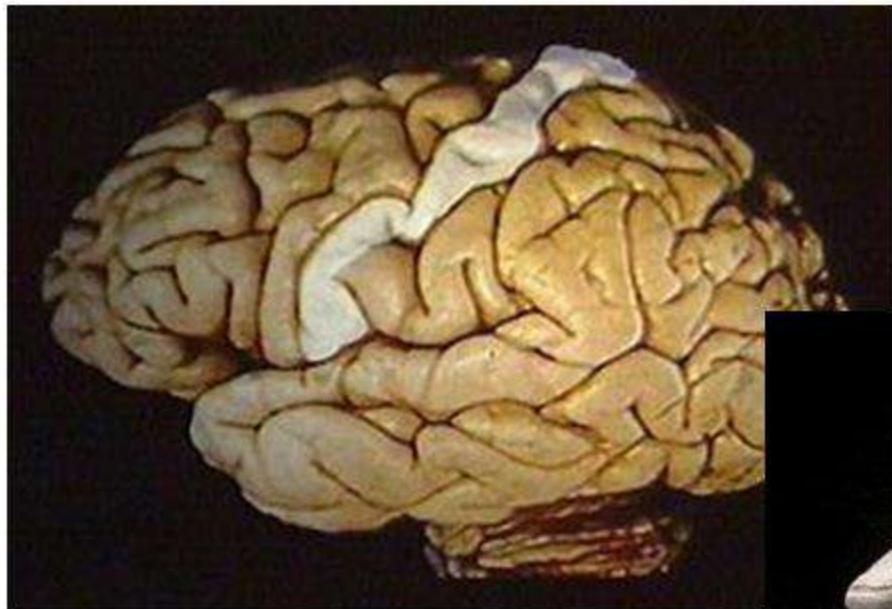
Pertanto solo pochi neuroni sono richiesti per rappresentare una certa area della pelle.

La conseguenza è: grandi campi recettivi\* e bassa discriminazione tattile.



\* **Campo recettivo** di un neurone: è quell'area recettoriale la cui stimolazione modifica l'attività di quel neurone

# Organizzazione dell'area somatosensitiva corticale

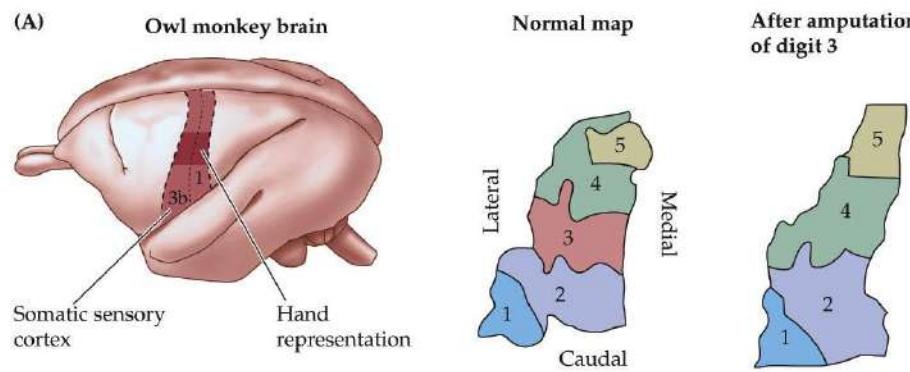


Omuncolo somatosensoriale

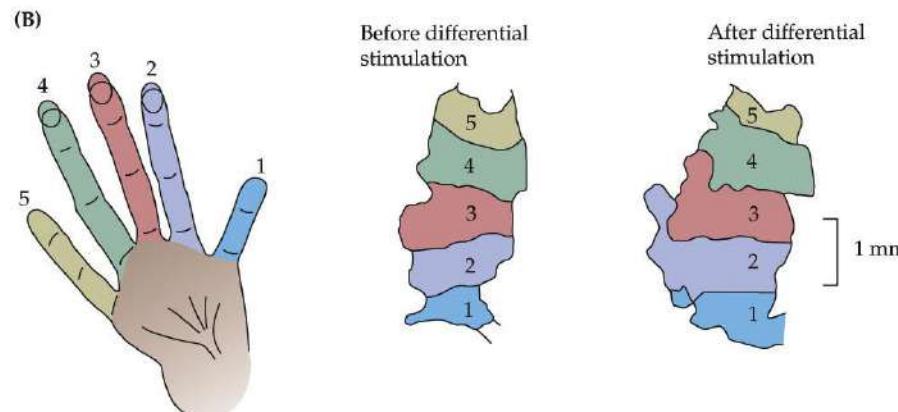


## Plasticità dei circuiti sensoriali

- Quando una regione della mappa sensoriale viene distrutta, quella funzione viene presa in carico da un'altra regione?
- Quando una persona usa in modo particolare una certa funzione, l'organizzazione corticale cambia?



Quando viene amputato un dito in una scimmia adulta, i neuroni che avrebbero dovuto rispondere alla stimolazione del dito amputato, vengono attivati da stimoli tattili applicati alle dita adiacenti



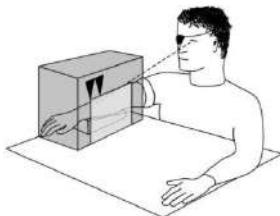
L'uso intenso di un insieme di dita (2 e 4) per un periodo di mesi provoca l'espansione delle aree corrispondenti della relativa corteccia somatosensoriale primaria

# Noninformative vision improves the spatial resolution of touch in humans

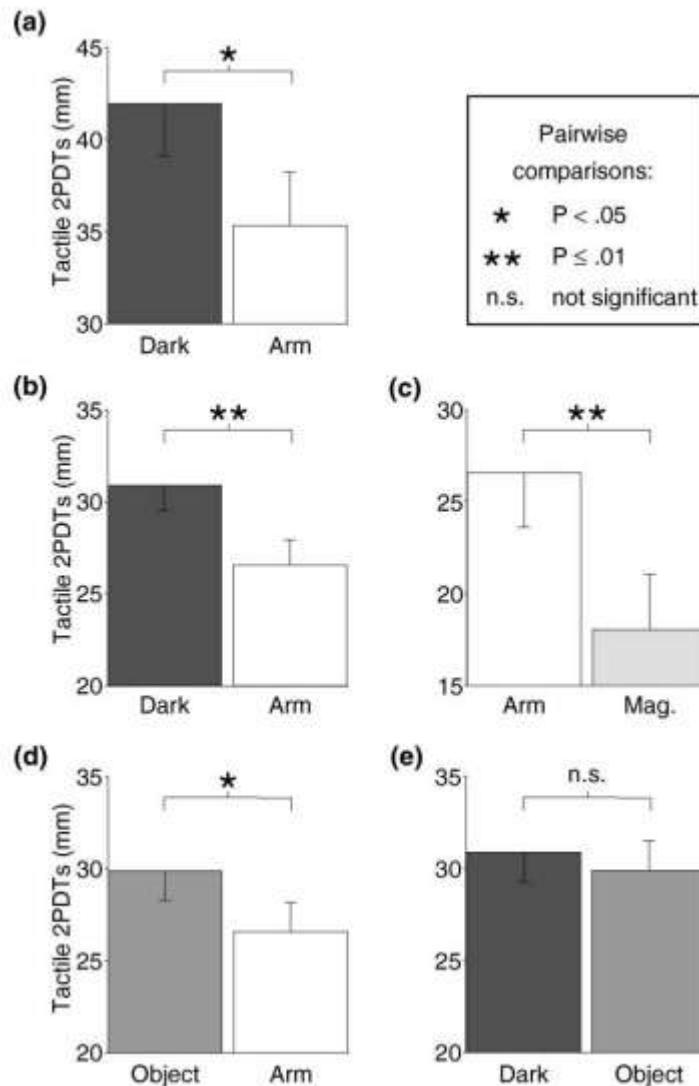
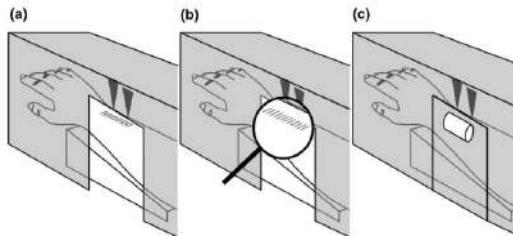
Steffan Kennett, Marisa Taylor-Clarke and Patrick Haggard

Current Biology 2001, 11:1188–1191

We measured tactile two-point discrimination thresholds [7] on the forearm while manipulating the visibility of the arm but holding gaze direction constant. The spatial resolution of touch was better when the arm was visible than when it was not. Tactile performance was further improved when the view of the arm was magnified.



Participants' eye-view of three of the four experimental conditions: (a) visibility-of-arm condition, (b) magnified (factor of 2.5x) visibility-of-arm condition, and (c) visibility-of-neutral object condition. The fourth condition (d), not shown, was darkness. The shading denotes opaque walls occluding the tactile stimulators (dark triangles), which are shown in their retracted position. The hatching on the forearm symbolically represents the range of tapped locations. Nine naïve, healthy participants performed only conditions (a) and (d). Ten new naïve, healthy participants performed all four conditions. Participants performing all four conditions used monocular vision throughout, allowing for an undistorted view of the forearm when looking through the magnifying glass.



La soglia differenziale NON dipende esclusivamente  
dalla densità delle fibre afferenti

## La legge di Weber

1834, Weber, un medico tedesco si rende conto che la soglia differenziale cresce proporzionalmente con il crescere dello stimolo standard.

Più grande è uno stimolo, maggiore è l'incremento necessario affinché il suo cambiamento possa essere rilevabile

## La legge di Fechner

1860, Fechner, uno dei padri della psicofisica classica, ipotizza che tutte le **soglie differenziali** (jnd: just noticeable difference) vengano percepite come cambiamenti uguali nella sensazione, indipendentemente dalla grandezza dello stimolo.

**La jnd può quindi essere considerata l'unità di sensazione.**

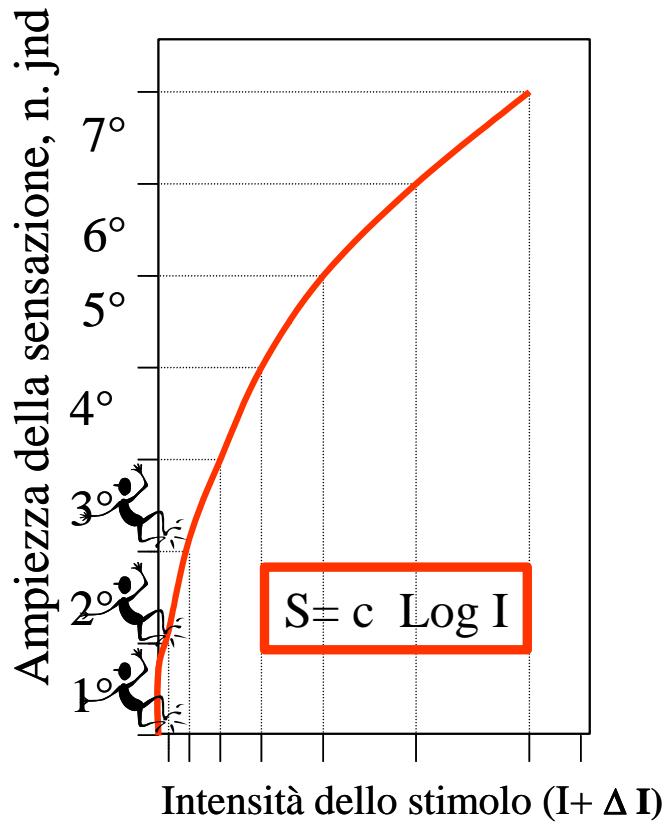
E' possibile misurare le sensazioni utilizzando la jnd:  
partendo dal valore di soglia assoluta ( $jnd=0$ ) è possibile indicare le differenze di sensazione specificando di quante jnd differiscono.

In pratica, la grandezza della sensazione associata ad uno stimolo che si trova 10 jnd sopra soglia sarà pari a "10".

La grandezza percepita di un qualsiasi stimolo sarà proporzionale al numero di jnd sopra la soglia assoluta.

**Grazie a Fechner, il jnd diventa l'unità della scala delle sensazioni esattamente come il metro è l'unità della scala delle lunghezze.**

- Toni 500 & 550 Hz
- Toni 5000 & 5050 Hz
- Toni 5000 & 5500 Hz



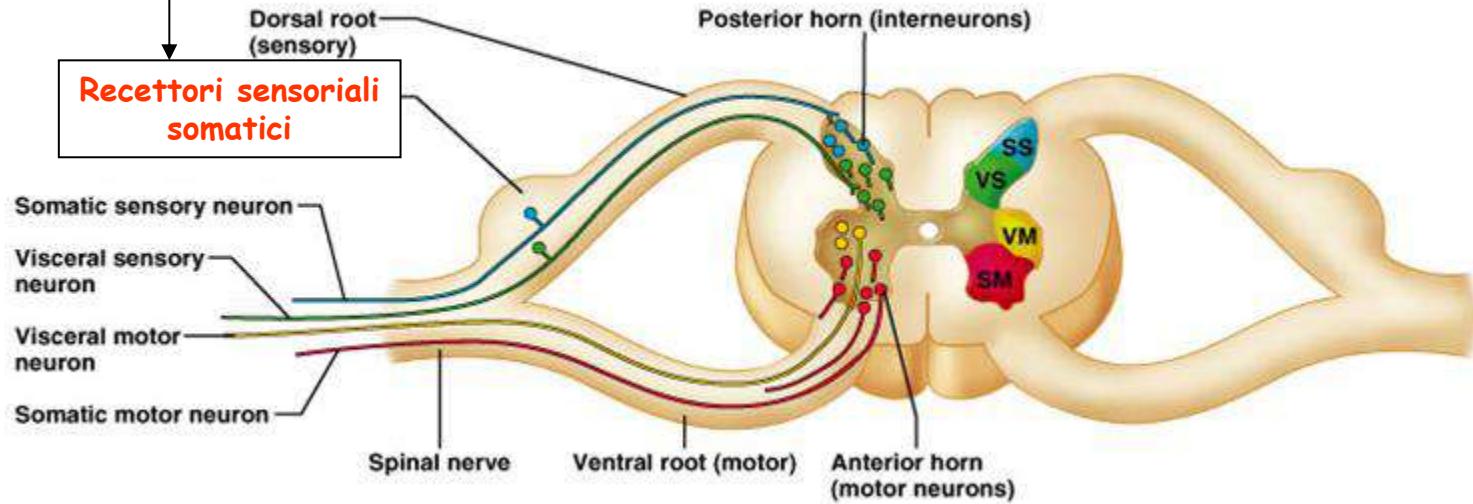
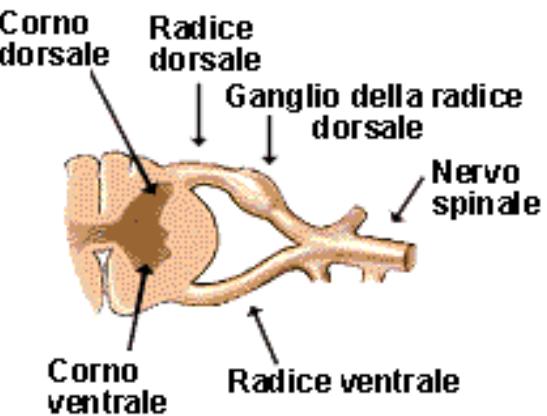
Aumentando linearmente l'intensità,  $S$  aumenta prima rapidamente e poi lentamente

## SISTEMI MECCANOSENSORIALI

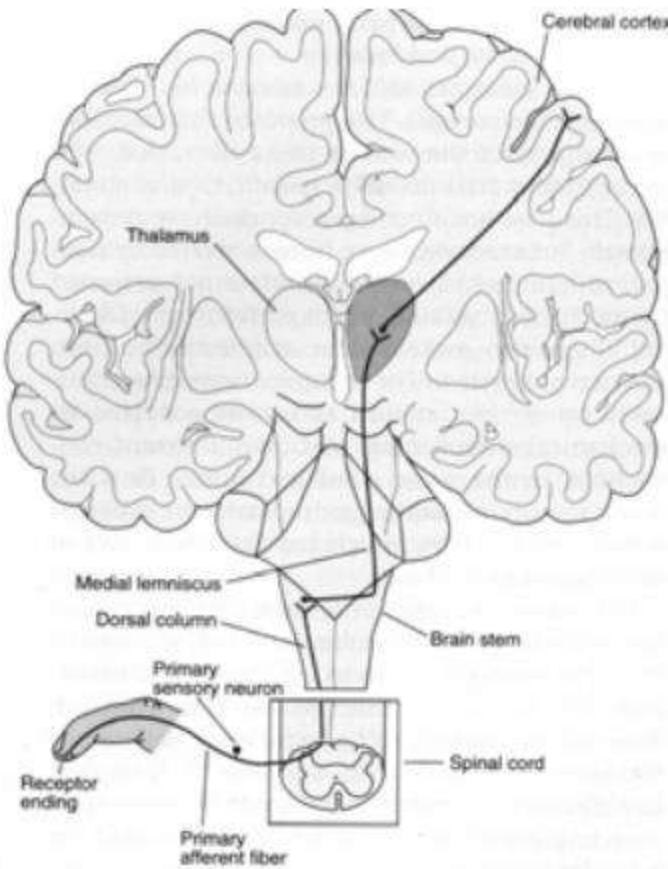
Forniscono le informazioni sugli stimoli meccanici che agiscono sul soma:

1. Sistema cutaneo/sottocutaneo: stimoli sulla superficie del soma (corpo)  
tatto, vibrazione, pressione, tensione cutanea
2. Sistema propriocettivo: forze meccaniche agenti sui muscoli, sui tendini e sulle articolazioni  
percezione della posizione e dello stato degli arti e delle altre parti del corpo nello spazio
3. Sistema del dolore (nocicettivo): stimoli dannosi e temperatura
4. Sistema vestibolare: segnali generati da accelerazione e decelerazione del corpo (in particolare della testa)

Hanno origine dai corpi cellulari dei gangli delle radici dorsali che inviano una terminazione assonica verso la periferia e l'altra nel midollo spinale o nel tronco

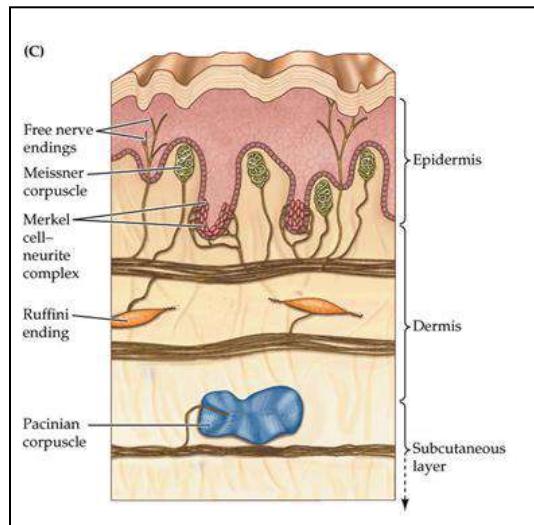


# Struttura di un canale sensoriale



L'informazione sensoriale raggiunge le aree corticali attraverso un certo numero di neuroni. Nel caso somatico si tratta di tre neuroni.

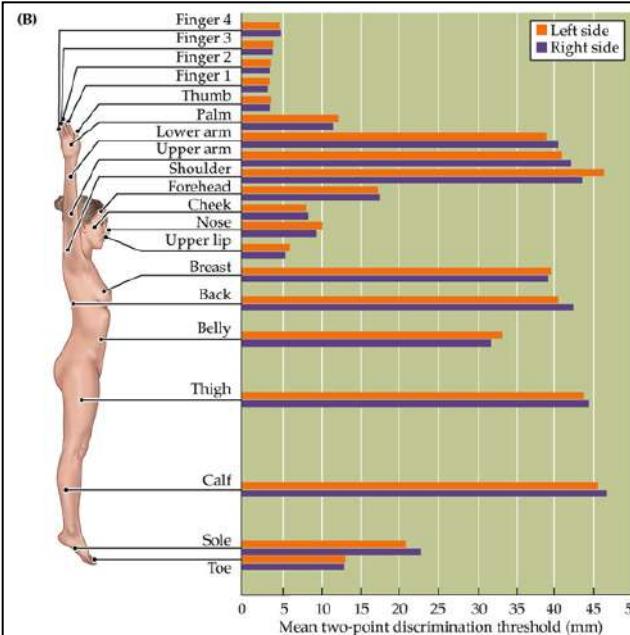
## 1. Sistema cutaneo/sottocutaneo: stimoli sulla superficie del soma (corpo) tatto, vibrazione, pressione, tensione cutanea



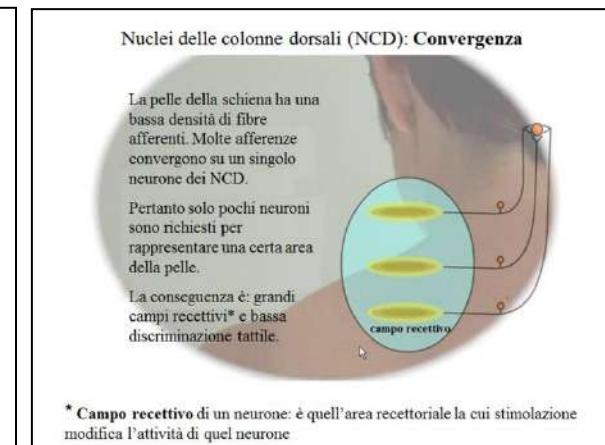
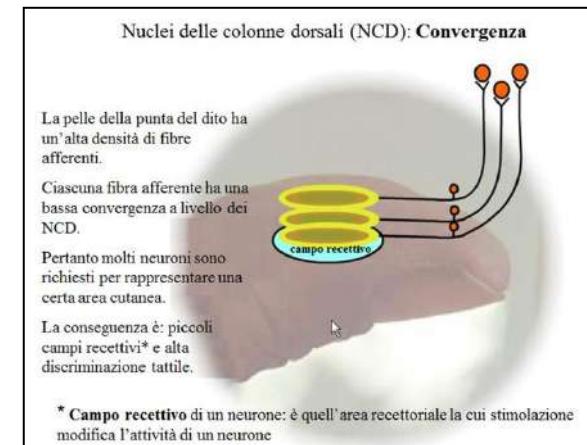
Ha inizio da recettori sensoriali associati ad una grande varietà di elementi non neurali (peli, pliche cutanee e varie strutture di incapsulamento delle terminazioni nervose).

La qualità dello stimolo è determinata dai recettori coinvolti (Dischi di Merkel: tatto lieve, pressione superficiale; corpuscoli di Pacini: pressione profonda, vibrazione; corpuscoli di Meissner: distinzione tra due punti; terminazioni di Ruffini: tatto continuo).

L'intensità dello stimolo è codificata dalla frequenza dei potenziali d'azione.



L'accuratezza nel discriminare due stimoli varia a seconda della parte del corpo sulla quale sono applicati



## LE ILLUSIONI SENSORIALI SOMATICHE

Non vi è corrispondenza semplice tra la percezione e i parametri fisici dello stimolo

### Effetto della doppia matita

Mettere una matita tra le labbra e tirare la bocca.  
Sembra di avere in bocca due matite in quanto la  
matita tocca le labbra in punti che non sono normalmente  
corrispondenti



### Effetto della mano di gomma

Mano destra nascosta

Falsa mano in vista

Una persona tocca contemporaneamente la mano vera  
e la mano falsa

Dopo un po' sembra che la sensazione del tatto sia  
determinata dal "toccamento" della mano falsa

Se improvvisamente la mano falsa viene picchiata con  
un martello automaticamente si tende a ritirare la  
mano vera

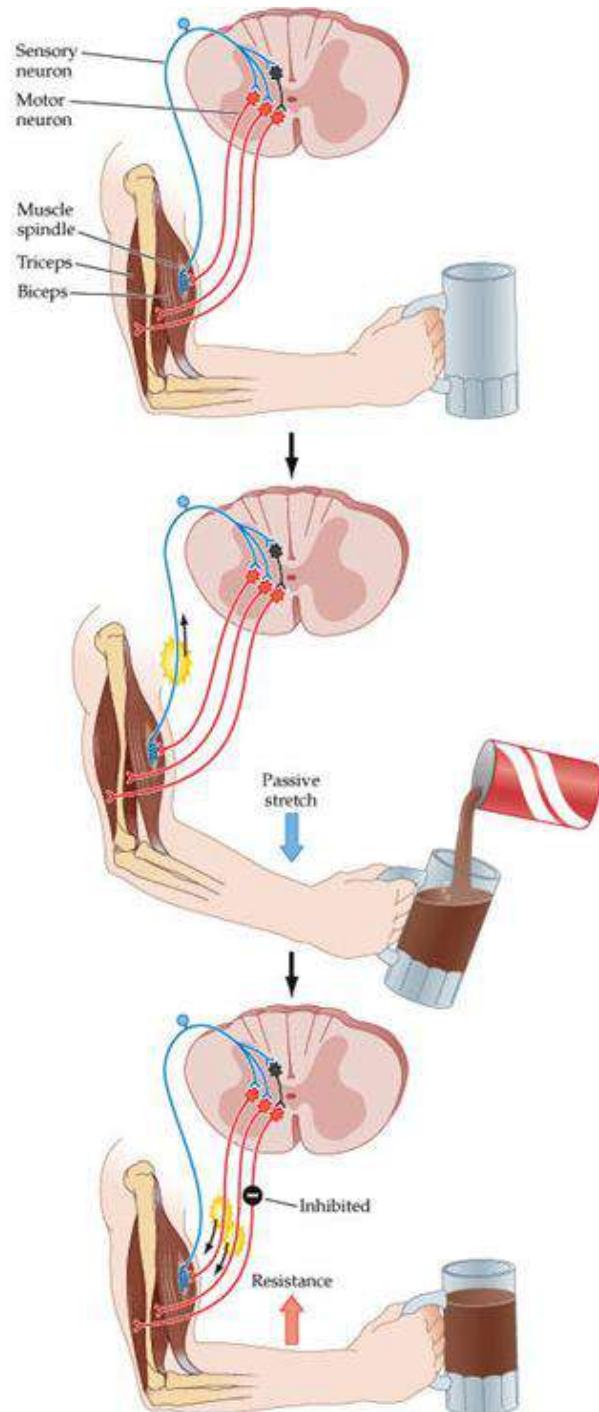
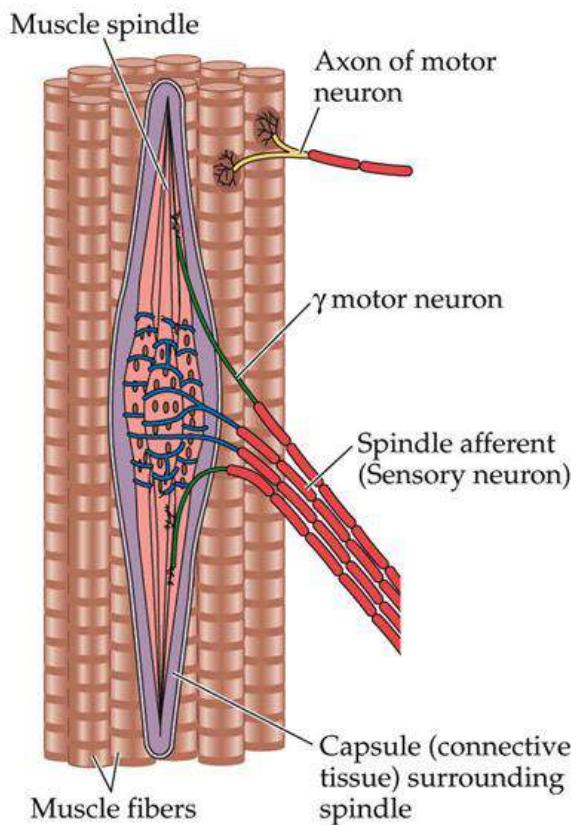




## UNITA' II - 7. La percezione meccanosensoriale e chemiosensoriale

2. Sistema propriocettivo: forze meccaniche agenti sui muscoli, sui tendini e sulle articolazioni  
Percezione della posizione e dello stato degli arti e delle altre parti del corpo nello spazio

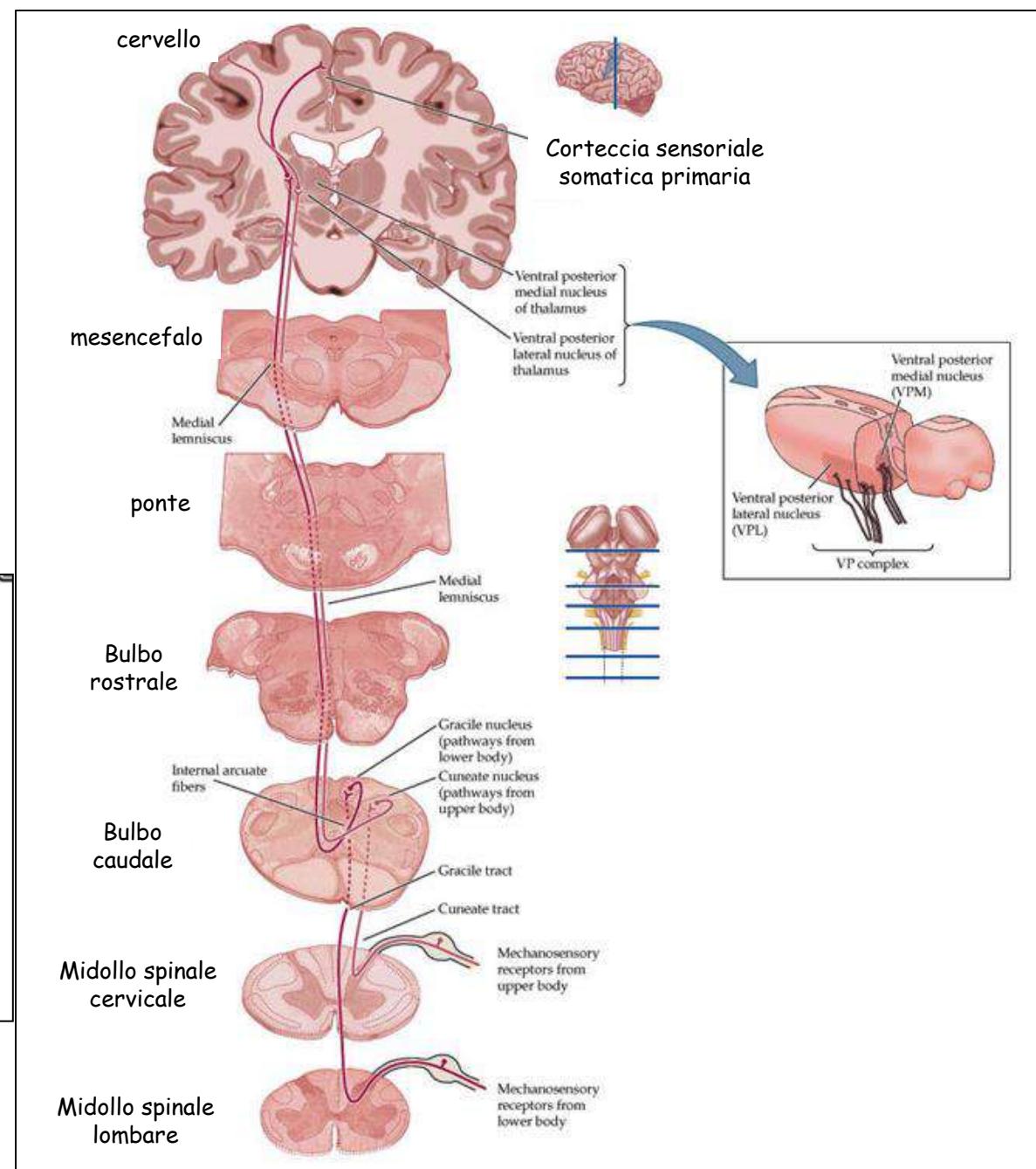
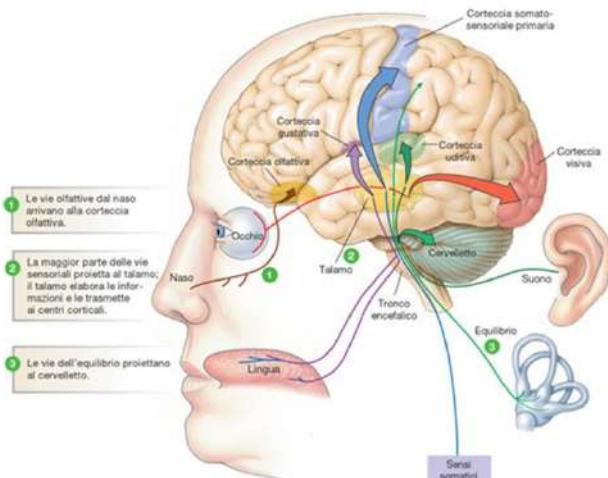
Esempio di propriocettori: fusi neuromuscolari

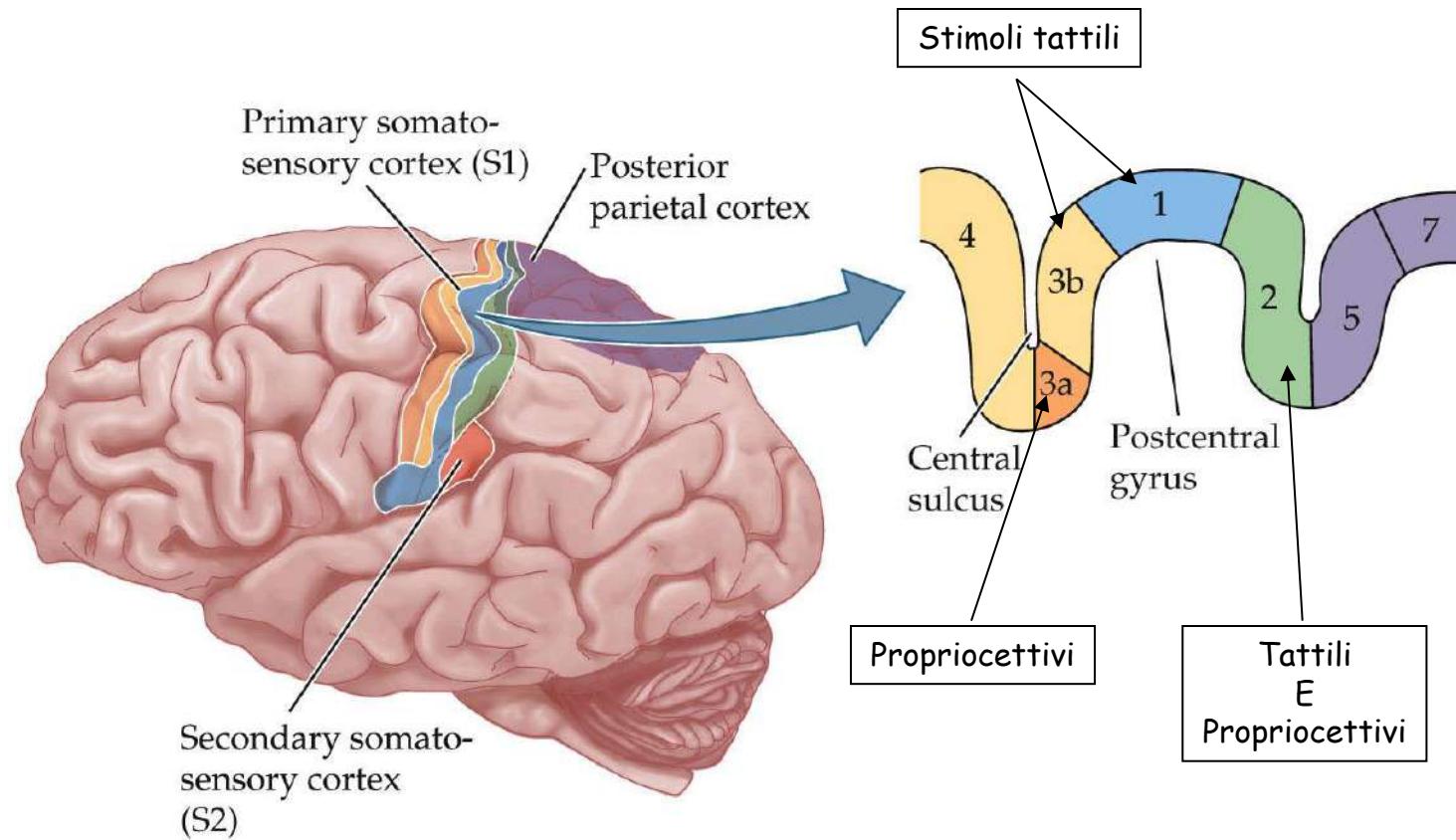


## UNITA' II - 7. La percezione meccanosensoriale e chemiosensoriale

### Sistema sensoriale somatico (sistema somatosensoriale):

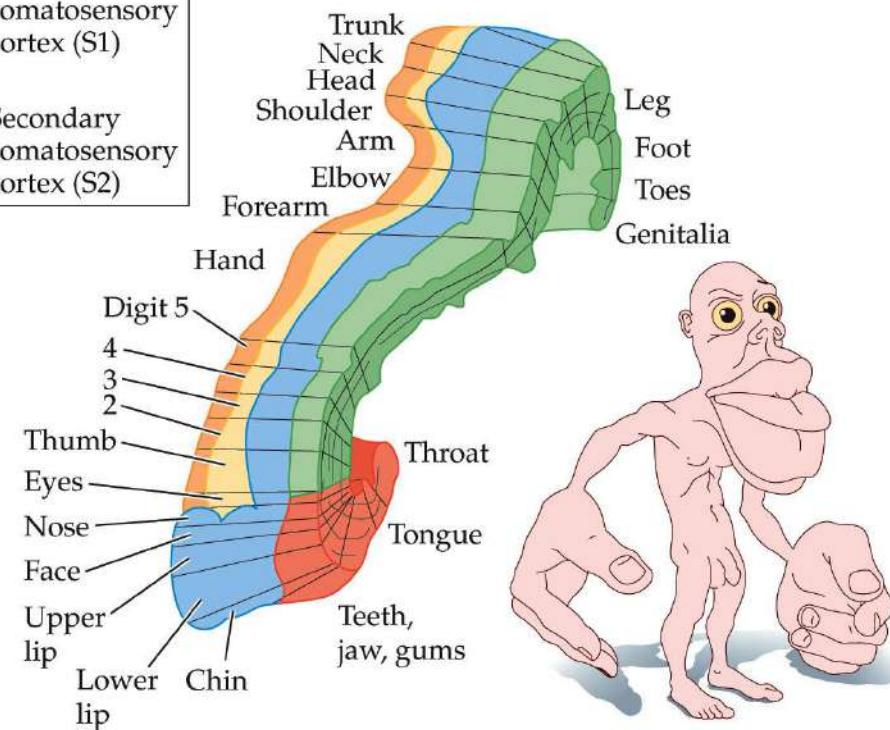
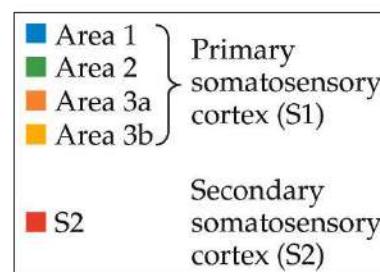
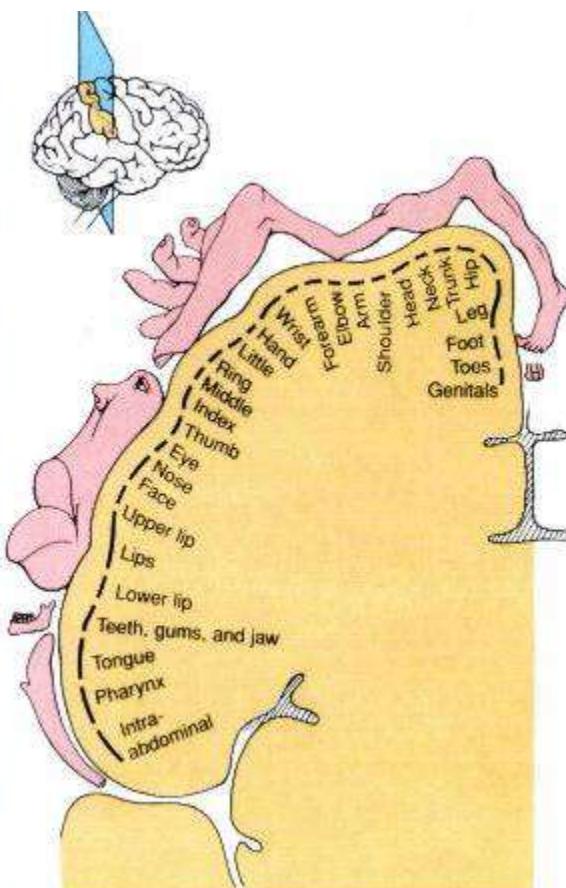
Informazioni dai recettori cutanei e sottocutanei e dai propriocettori





## UNITA' II - 7. La percezione meccanosensoriale e chemiosensoriale

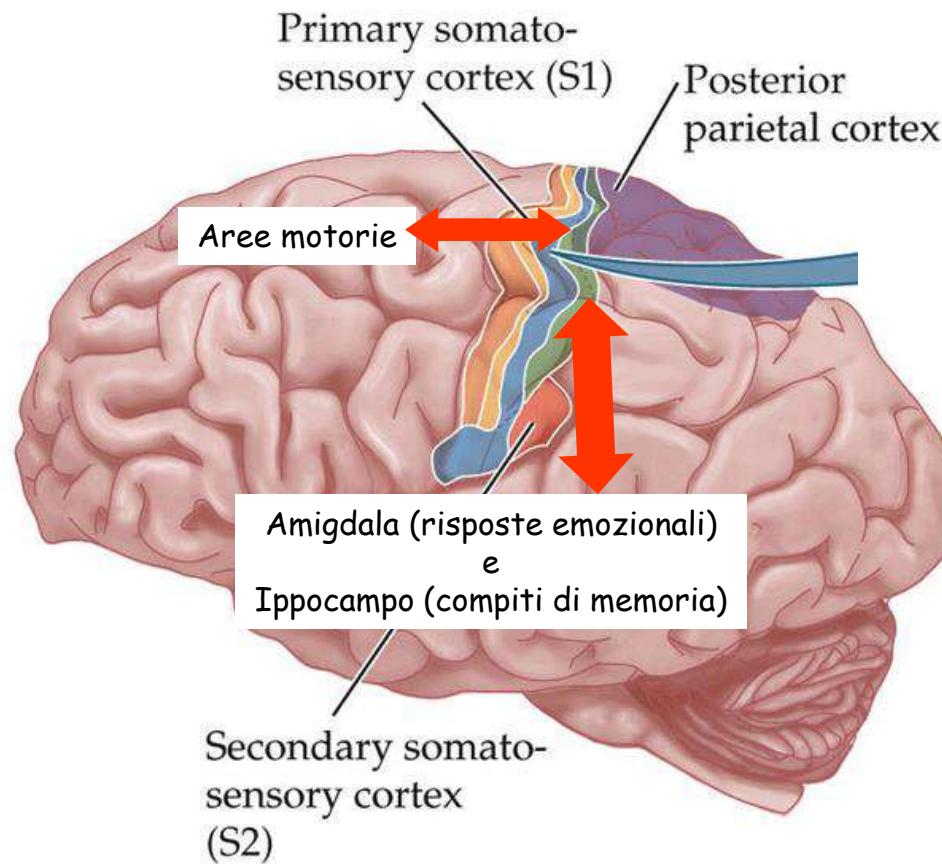
Ciascuna delle 4 aree della corteccia somatosensoriale contiene una rappresentazione completa e separata del corpo: MAPPE SOMATOTOPICHE (homunculus sensoriale)  
La faccia e le mani sono molto ingrandite rispetto al resto del corpo in quanto il feedback sensoriale relativo alla manipolazione e all'espressione facciale è straordinariamente importante per le funzioni cognitive



Principles of Cognitive Neuroscience, Figure 4.12 (Part 3)

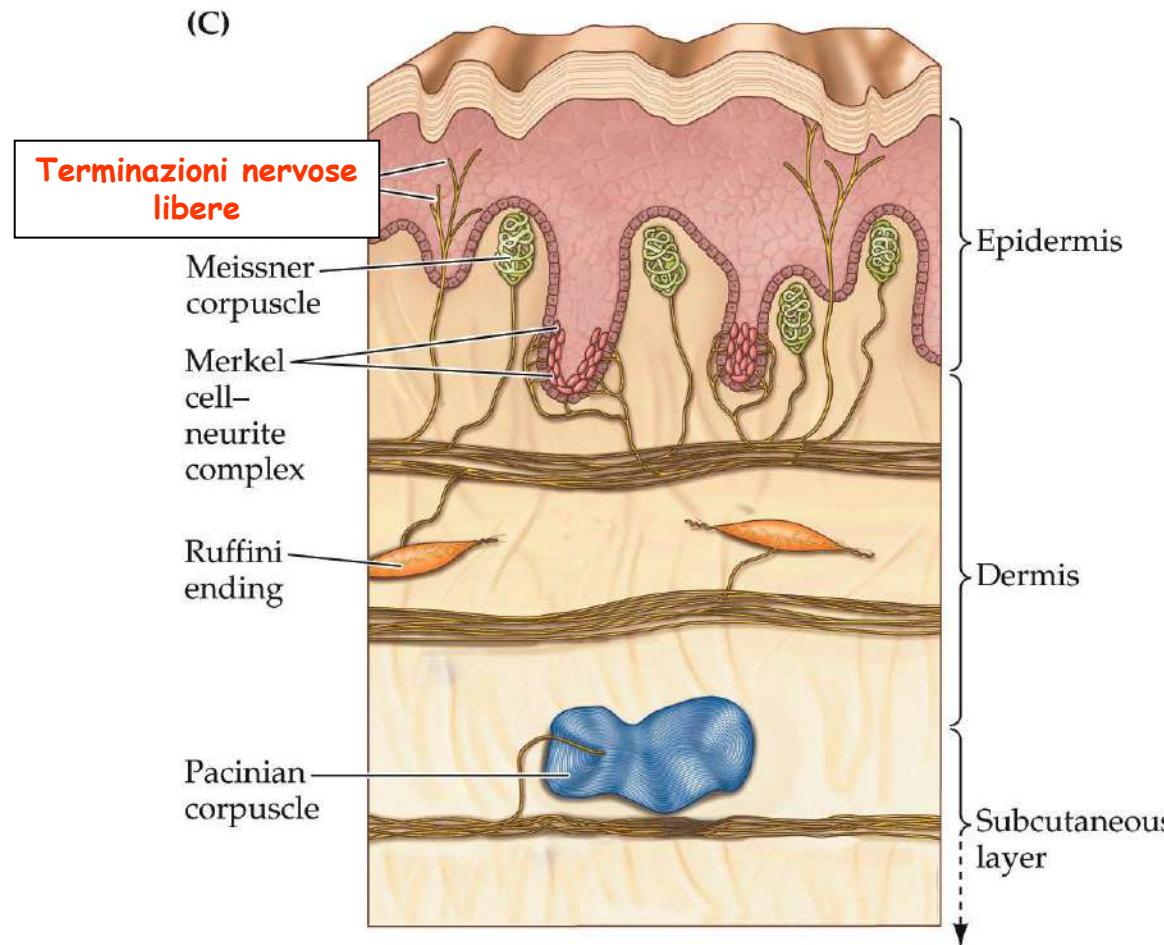
La corteccia somatosensoriale secondaria (S2) e altre aree nella corteccia parietale posteriore ricevono proiezioni da S1 e a loro volta estendono delle proiezioni alle strutture limbiche quali l'amigdala e l'ippocampo.

Anche i neuroni nelle aree corticali motorie del lobo frontale ricevono informazioni da queste regioni di ordine superiore e forniscono proiezioni di ritorno alle regioni somatosensoriali.

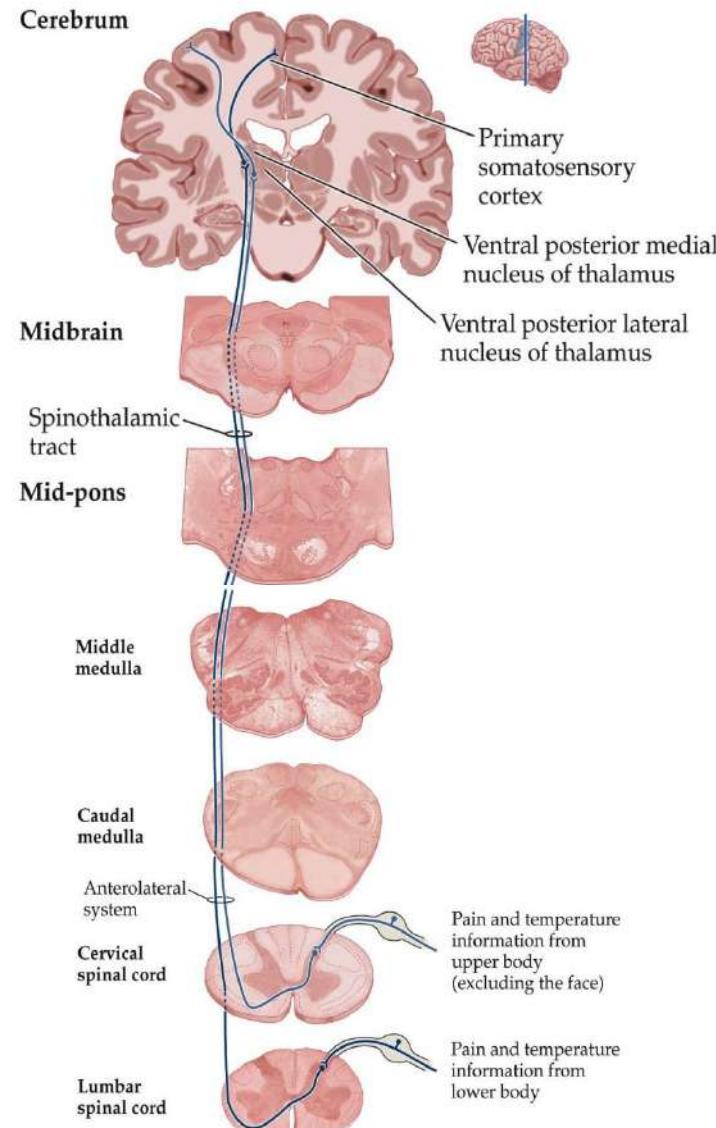


3. Sistema nocicettivo (del dolore): forze meccaniche dannose per l'integrità fisica e termiche (sia dannose che non)

Nocicettori: terminazioni nervose libere nella cute e nei tessuti più profondi

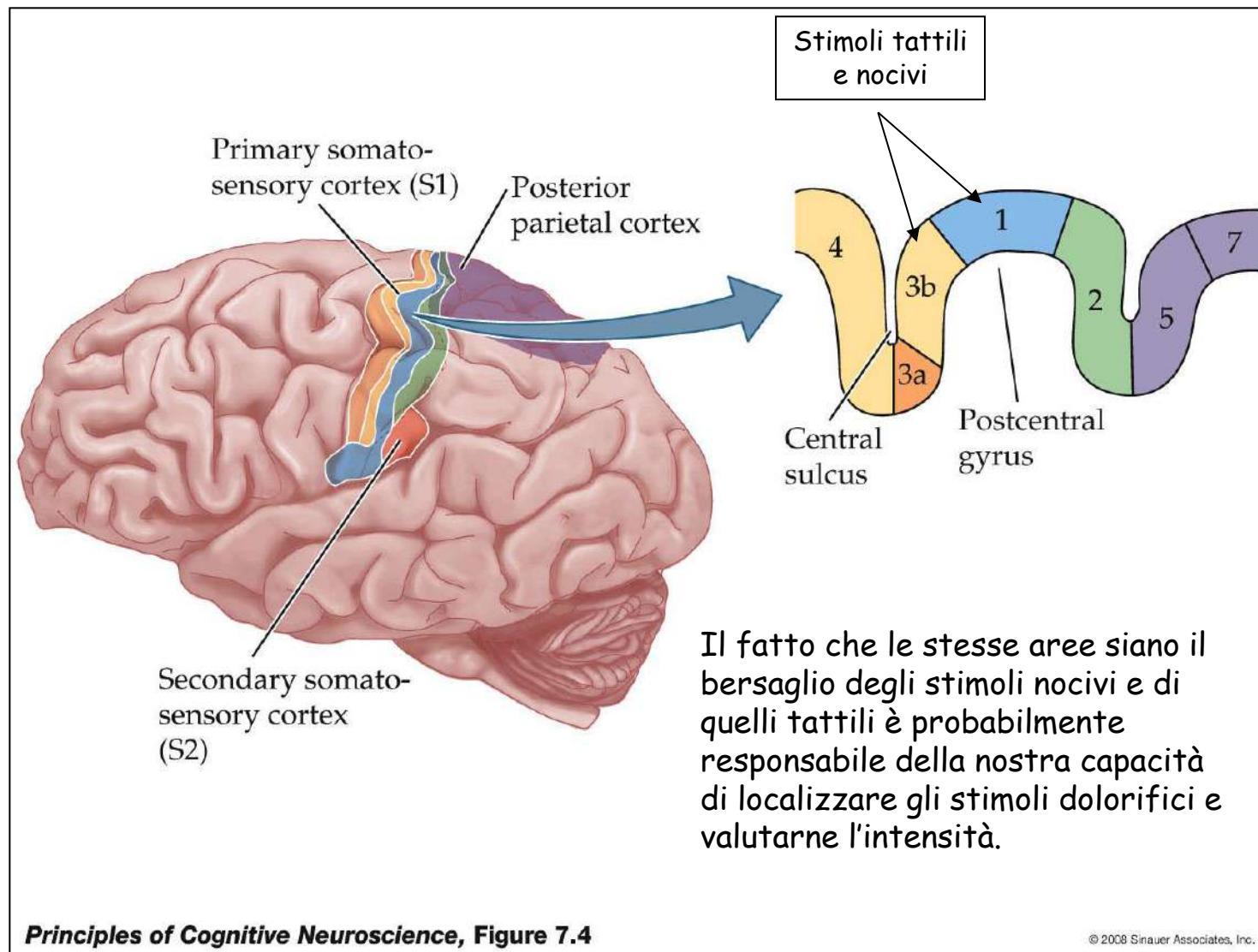


## UNITA' II - 7. La percezione meccanosensoriale e chemiosensoriale



Principles of Cognitive Neuroscience, Figure 7.5 (Part 2)

© 2008 Sinauer Associates, Inc.



## Coding of pleasant touch by unmyelinated afferents in humans

Line S Löken<sup>1,2</sup>, Johan Wessberg<sup>1</sup>, India Morrison<sup>1,2</sup>, Francis McGlone<sup>3,4</sup> & Håkan Olausson<sup>1,2</sup>

Pleasant touch sensations may begin with neural coding in the periphery by specific afferents. We found that during soft brush stroking, low-threshold unmyelinated mechanoreceptors (C-tactile), but not myelinated afferents, responded most vigorously at intermediate brushing velocities ( $1-10 \text{ cm s}^{-1}$ ), which were perceived by subjects as being the most pleasant. Our results indicate that C-tactile afferents constitute a privileged peripheral pathway for pleasant tactile stimulation that is likely to signal affiliative social body contact.

Although the neurobiology of pleasure has been described from a CNS perspective<sup>1,2</sup>, the contribution of the peripheral nervous system has received little attention. In contrast, unpleasant somatosensations are well-characterized in terms of peripheral afferent signaling in dedicated nociceptive afferents<sup>3,4</sup>. We asked whether pleasant tactile sensations are coded for by specialized peripheral tactile afferents, analogous to pain sensations. A subclass of unmyelinated afferents (C-tactile) provided us with a candidate for such a specific role in mediating pleasant touch. They respond vigorously to slow and light stroking<sup>5,6</sup> and are found only in hairy skin<sup>6,7</sup>. C-tactile afferents follow ascending pathways that are distinct from those of myelinated tactile fibers. Selective C-tactile stimulation activates the left anterior insular cortex<sup>8</sup>, an area that has been implicated in the processing of positive emotional feelings<sup>9,10</sup>.



La maggior parte delle sensazioni tattili sono trasmesse da una rete di nervi 'veloci', che conducono segnali a 60 metri al secondo.

Le carezze, caratterizzate da una velocità attorno ai 3 cm/s, attivano un sottogruppo di nervi specializzati (chiamati fibre C-tattili, CT), 'lenti' (solo 1 metro al secondo)

che non vengono elaborate da S1 o S2 ma dalla corteccia orbitofrontale, in particolare la corteccia dell'insula sinistra anteriore, un'area implicata nell'elaborazione dei sentimenti positivi.

Quindi, le carezze non vengono percepite come sensazione tattile ma come emozione!!

- **EFFETTO PLACEBO**

Risposta fisiologica dopo la somministrazione di un rimedio farmacologicamente inerte

- Due gruppi di studenti di medicina: ad un gruppo viene dato uno "stimolante" e all'altro un "sedativo"
- Quelli che hanno ricevuto il "sedativo" riportano stanchezza, quelli che hanno ricevuto lo "stimolante" una riduzione di stanchezza
- Un terzo dei soggetti riporta effetti collaterali (cefalea, vertigini, formicolii alle estremità e andatura barcollante)

L'effetto placebo ha una base farmacologica!

- Il suo effetto può essere bloccato in seguito alla somministrazione di naloxone (antagonista competitivo dei recettori oppiacei)
- Durante la somministrazione di un placebo considerato "analgesico" si attivano le regioni cerebrali farmacologicamente rispondenti agli analgesici opioidi

Quindi l'effetto placebo non è né magico né il segno di un intelletto suggestionabile.

<https://www.youtube.com/watch?v=pgN3ojiXPqo>



La sensazione di dolore ci aiuta a capire la natura delle informazioni sensoriali.

E' certo che il dolore non esiste come "oggetto" nel mondo reale.  
Parallelamente non esistono nemmeno i colori o i suoni o gli odori  
Esistono solo nel nostro cervello!  
(... vedi citazione da «Matrix»)

La dimostrazione più evidente di questa affermazione è data  
dall'ARTO FANTASMA

## ARTO FANTASMA

Dopo l'amputazione di un'estremità quasi tutti i pazienti percepiscono ugualmente la presenza dell'arto perduto.

Questo fenomeno è presente anche dopo blocco anestetico nervoso locale (anestesia) a scopo chirurgico.

Questo dimostra che le stazioni centrali di elaborazione dell'informazione somatica sono in grado di generare (e non solo di raccogliere) le informazioni.

Questo è congruente con quello detto fin'ora riguardo la visione o l'udito: "i percetti (le sensazioni) non sono una semplice trasformazione degli input periferici".

Spesso i pazienti provano dolore fantasma: praticamente impossibile da curare!

## ARTO FANTASMA

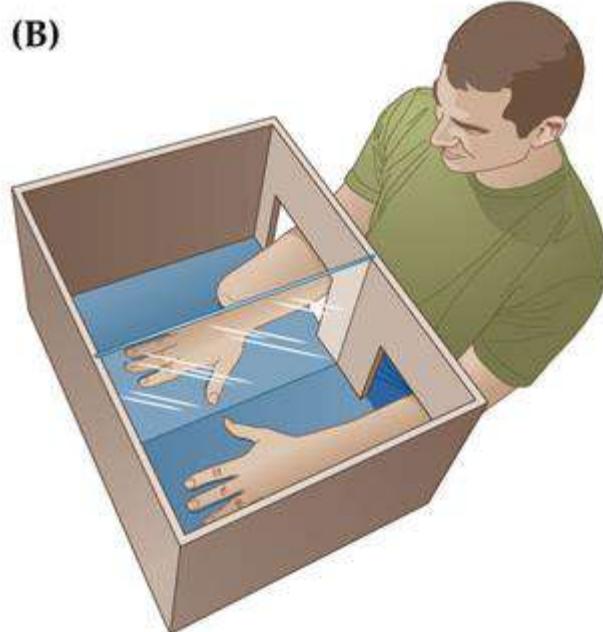
Approccio cognitivo immaginativo (Vilayanur Ramachandran)



### LA STIMOLAZIONE VISIVA INFLUENZA LA PERCEZIONE DEL DOLORE

Guardando nello specchio è possibile che il paziente sostituisca l'arto amputato con quello sano.

E' possibile diminuire il dolore associando sensazioni normali all'arto amputato

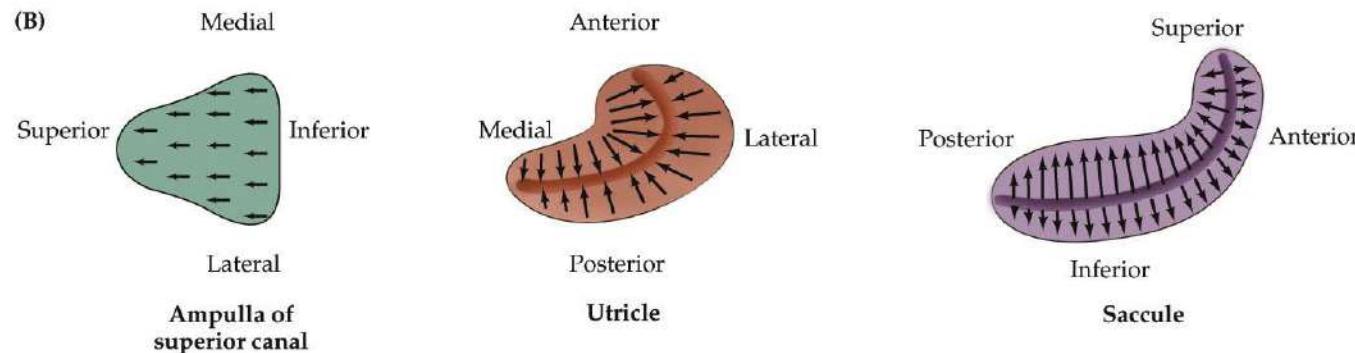
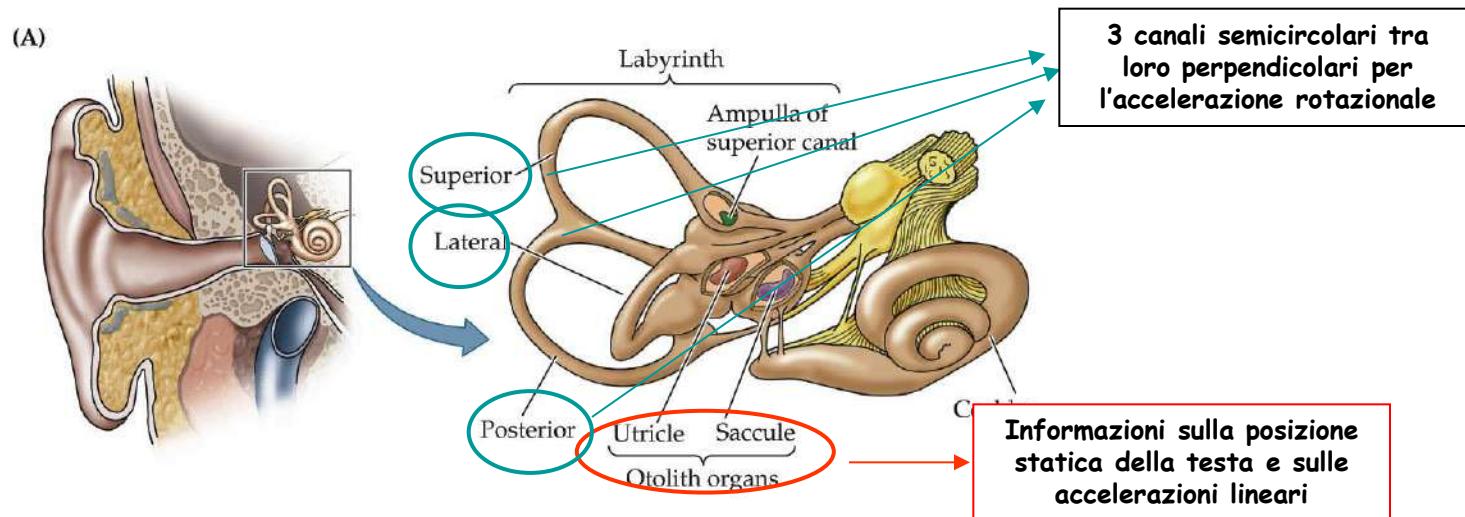


## UNITA' II - 7. La percezione meccanosensoriale e chemiosensoriale

### 4. Sistema vestibolare: segnali generati da accelerazione o decelerazione del corpo (posizione della testa correlata ai movimenti degli occhi)

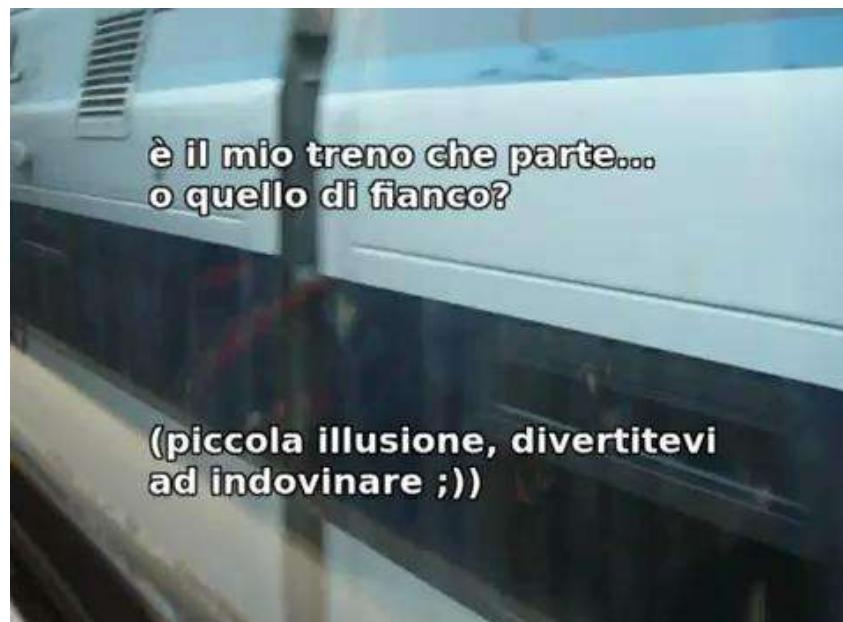
Parte dell'orecchio interno funziona come accelerometro, riportando continuamente il moto della testa e gli effetti della gravità

Usa cellule ciliate che si protendono nell'endolinfa: il loro spostamento genera cambiamenti di potenziale di membrana nei recettori, che a loro volta provocano potenziali d'azione lungo l'VIII nervo cranico (assieme all' informazione acustica)



Le informazioni del sistema vestibolare vengono integrate con quelle del sistema visivo e somatosensoriale e anche con le elaborazioni del cervelletto dando origine ad una varietà di riflessi posturali e di movimenti oculari.

La corteccia parietale riceve le informazioni da questo sistema



[https://youtu.be/PS4dpE92Q\\_g](https://youtu.be/PS4dpE92Q_g)

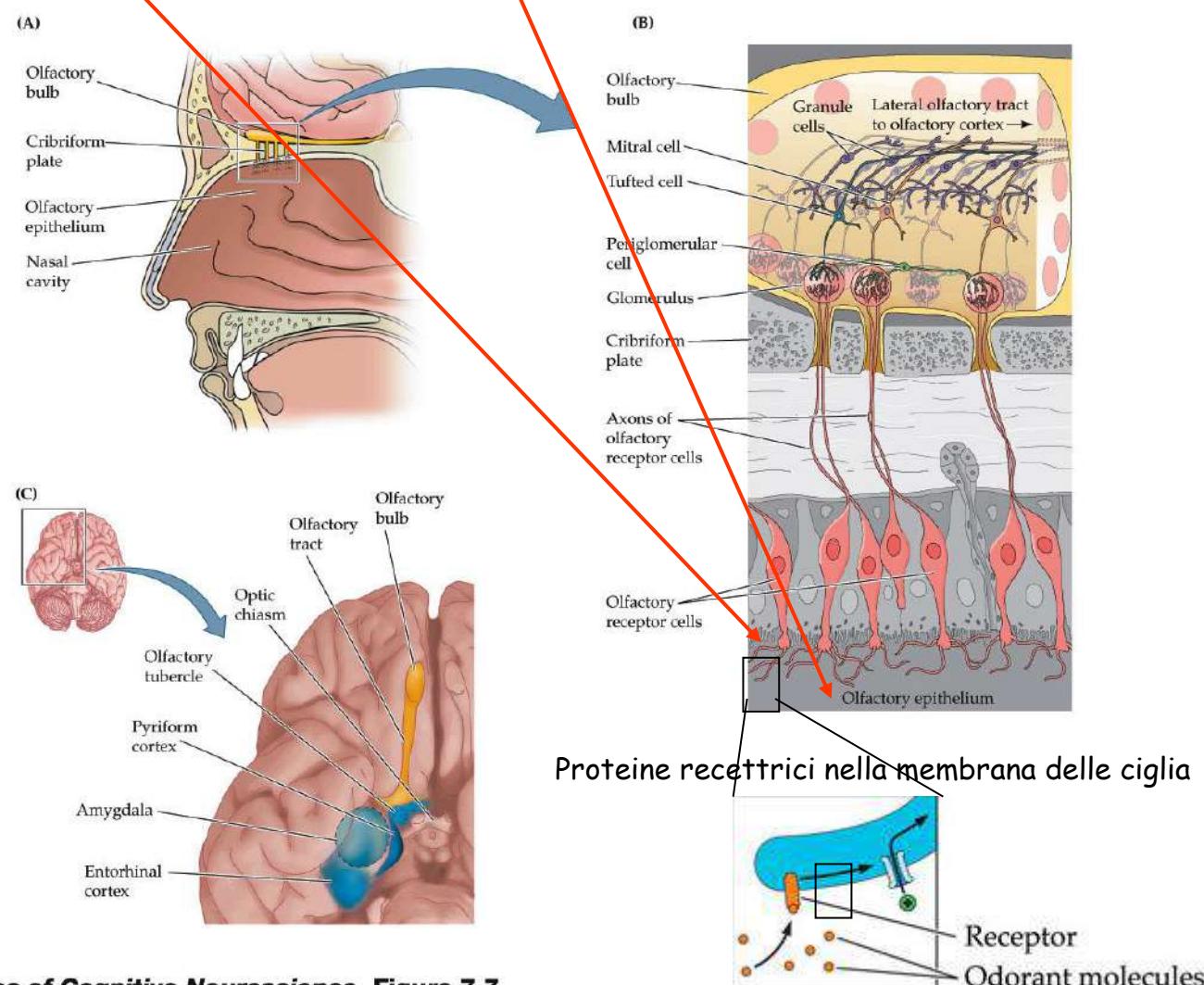
## SISTEMI CHEMIOSENSORIALI

Forniscono le informazioni sugli stimoli chimici che agiscono sul soma:

1. Sistema olfattivo: rileva molecole trasportate nell'aria (odori)
2. Sistema gustativo: rileva molecole ingerite idrosolubili (saponi)
3. Sistema trigeminale: rileva sostanze dannose a contatto con la cute o le membrane mucose del naso e della bocca, es. peperoncino rosso (non hanno nome!)

## 1. Sistema olfattivo: rileva molecole trasportate nell'aria (odori)

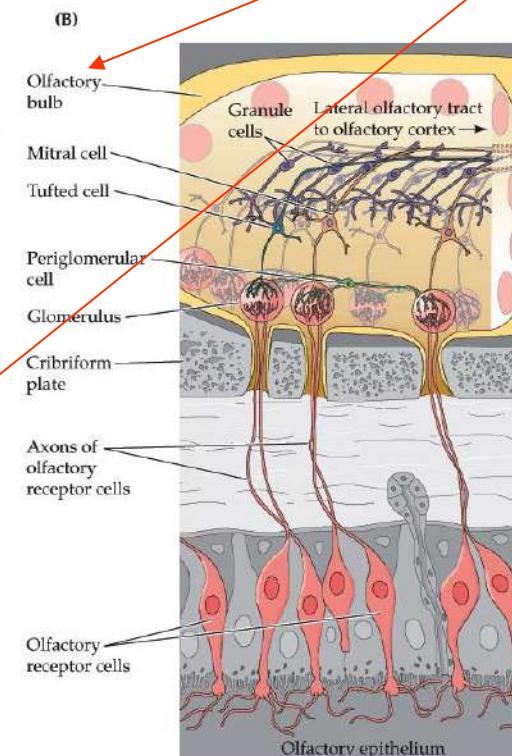
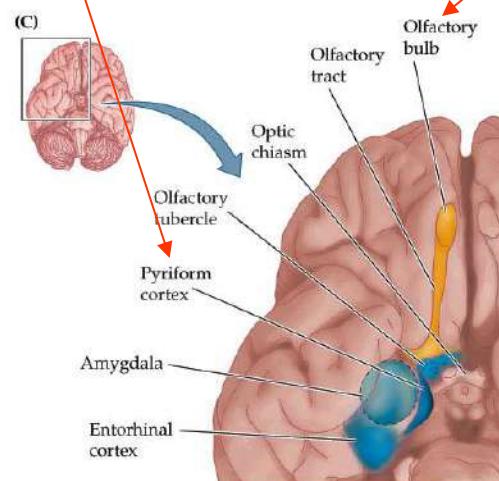
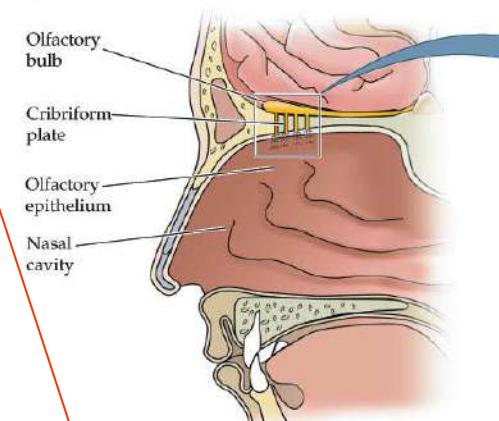
La percezione degli odori inizia nell'epitelio olfattivo, uno strato di neuroni recettoriali olfattivi le cui ciglia sono esposte alle molecole odorose



## UNITA' II - 7. La percezione meccanosensoriale e chemiosensoriale

I neuroni che esprimono la stessa proteina recettrice sono distribuiti in modo specifico nell'epitelio olfattivo e i loro assoni proiettano su specifici insiemi di neuroni nel bulbo olfattivo (mappa topografica).

Dal bulbo, attraverso il tratto olfattivo laterale, le informazioni arrivano alla corteccia piriforme (nel lobo temporale), vicino all'amigdala (emozioni) e alla corteccia entorinale (memoria), e proiettate a diverse strutture



La grande diffusione delle informazioni sugli odori consente ai segnali olfattivi di influenzare i comportamenti viscerali involontari e omeostatici come pure i sistemi cognitivi che mediano l'attenzione, l'emozione e la memoria

Gli odori più comuni sono generati da molte molecole odorose diverse anche se sono percepiti come un unico odore

## UNITA' II - 7. La percezione meccanosensoriale e chemiosensoriale

Feromoni: segnali biochimici prodotti dal corpo non percepiti tramite il sistema olfattivo (non hanno odore) e capaci di modificare il comportamento di conspecifici (comportamenti sociali, riproduttivi e parentali).

L'esistenza di feromoni nell'uomo è dibattuta.

Nei mammiferi vengono percepiti dall'organo vomeronasale, un organo chemiosensoriale presente alla base del setto nasale. Nell'uomo questo organo è presente nei feti ma sembra atrofizzato o assente negli adulti.

**letters to nature**

### Regulation of ovulation by human pheromones

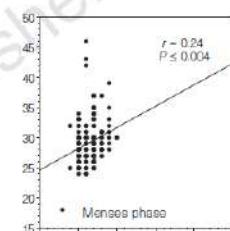
Kathleen Stern & Martha K. McClintock

Department of Psychology, The University of Chicago, 5730 Woodlawn Ave, Chicago, Illinois 60637, USA

Pheromones are airborne chemical signals that are released by an individual into the environment and which affect the physiology or behaviour of other members of the same species<sup>1</sup>. The idea that humans produce pheromones has excited the imagination of scientists and the public, leading to widespread claims for their existence, which, however, has remained unproven. Here we investigate whether humans produce compounds that regulate a specific neuroendocrine mechanism in other people without being consciously detected as odours (thereby fulfilling the classic definition of a pheromone). We found that odourless compounds from the armpits of women in the late follicular phase of their menstrual cycles accelerated the preovulatory surge of luteinizing hormone of recipient women and shortened their menstrual cycles. Axillary (underarm) compounds from the same donors which were collected later in the menstrual cycle (at ovulation) had the opposite effect: they delayed the luteinizing-hormone surge of the recipients and lengthened their menstrual cycles. By showing in a fully controlled experiment that the timing of ovulation can be manipulated, this study provides definitive evidence of human pheromones.

identify a potential pheromonal mechanism for menstrual synchrony, as well as for other forms of social regulation of ovulation.

We found that the recipients had shorter cycles when receiving axillary compounds produced by donors in the follicular phase of the menstrual cycle ( $-1.7 \pm 0.9$  days) and longer cycles when receiving ovulatory compounds ( $+1.4 \pm 0.5$  days), which represent significantly different opposite effects (Fig. 1). The response was manifest within the first cycle, rather than requiring three cycles of exposure as suggested previously<sup>2,3</sup>, and the sequence of compound presentation had no effect. The two types of axillary compounds had effects that were significantly different from each other and from the baseline cycle. The carrier had no effect on cycle lengths of the control recipients. In five of the cycles, women had mid-cycle nasal congestion, which could have prevented their exposure to pheromones; including these cycles in the analysis made the results slightly less robust (follicular compounds:  $-1.4 \pm 0.9$  days; ovulatory compounds:  $+1.4 \pm 0.5$  days; ANOVA: follicular versus ovulatory compounds  $F(1, 18) = 4.32$ ,  $P \leq 0.05$ ; cycle 1 versus



NATURE | VOL 392 | 12 MARCH 1998

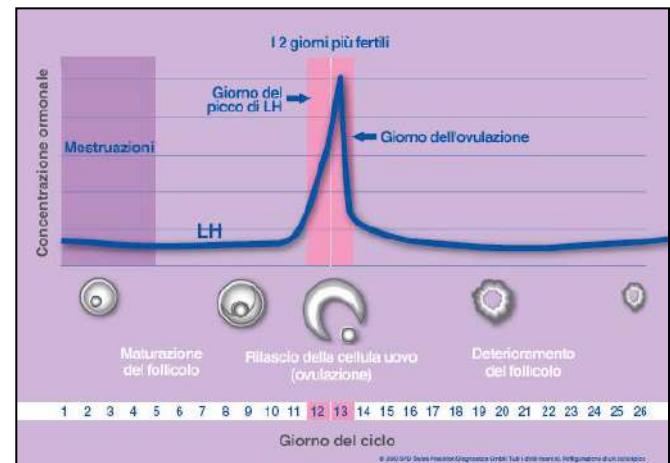
Nature © Macmillan Publishers Ltd 1998

177

A LIVELLO EVOLUTIVO E' MEGLIO ESSERE FERTILI CONTEMPORANEAMENTE ALLE ALTRE DONNE PER NON PERDERE L'OPPORTUNITA' DI RIPRODURSI  
GLI UOMINI SONO PIU' ATTRATTI DALLE DONNE IN OVULAZIONE.

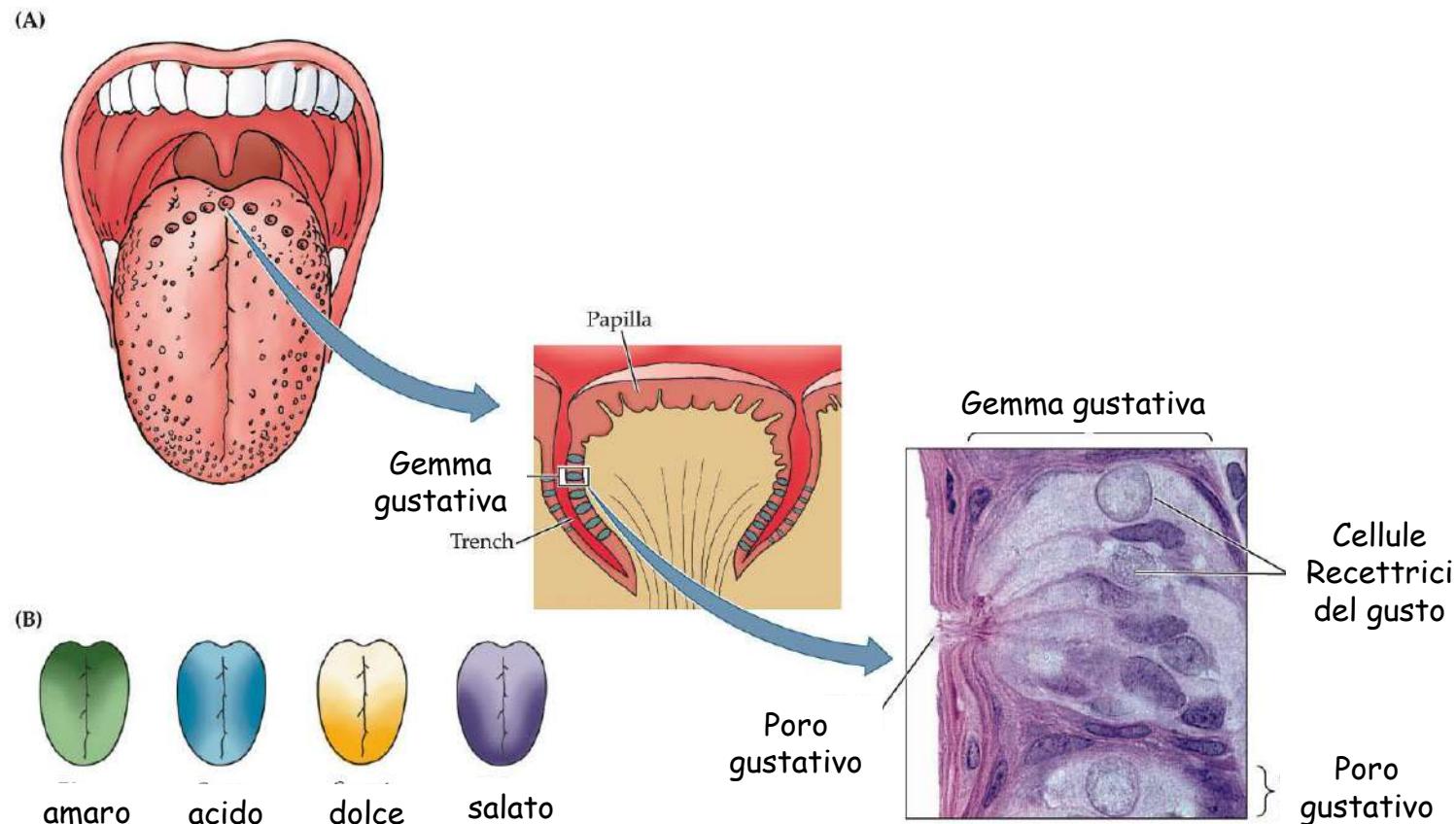
Prodotti privi di odore presenti sulle ascelle di donne allo stadio tardivo della fase follicolare del ciclo mestruale:

- accelerano la secrezione preovulatoria dell'ormone luteinizzante
- e accorcianno il loro ciclo mestruale nelle donne riceventi
- di donne in ovulazione:
- ritardano la secrezione dell'ormone luteinizzante
- E allungano il ciclo mestruale nelle donne riceventi



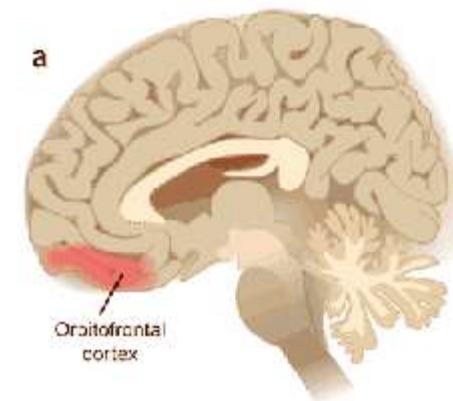
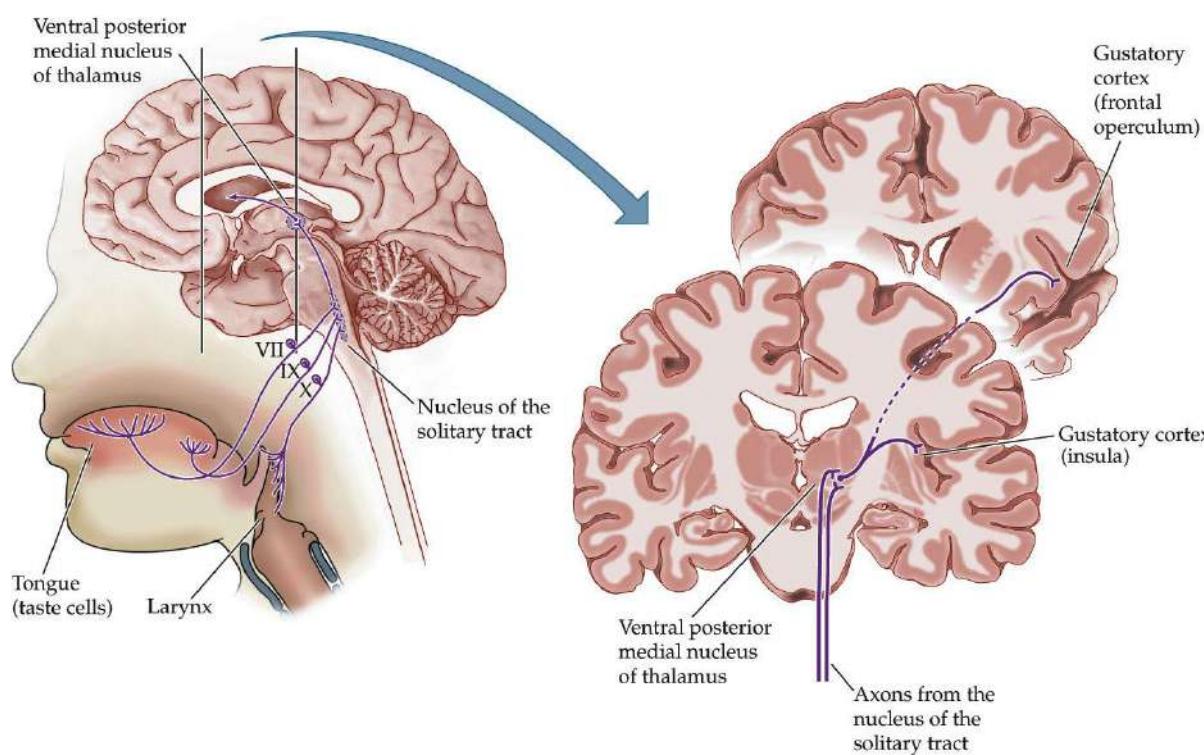
Sistema gustativo: rileva molecole ingerite idrosolubili (saperi)

Gemme gustative: recettori in strutture specializzate dell'epitelio linguale che contengono le cellule gustative (informazioni su identità, concentrazione e piacevolezza della sostanza: può essere mangiato?)



L'informazione sul gusto prepara il sistema gastrointestinale a ricevere il cibo provocando salivazione e deglutizione o conati di vomito e rigurgito se la sostanza è nociva.

L'informazione sulla temperatura e la consistenza del cibo viene trasmessa dalla bocca e dalla faringe alle cortecce somatosensoriali attraverso gli altri recettori sensoriali



**Corteccia orbitofrontale**  
che riceve informazioni  
dall'insula:  
i neuroni rispondono a  
combinazioni di stimoli  
visivi, somatosensoriali,  
olfattivi e gustativi

Proiezioni anche all'ipotalamo e all'amigdala: probabilmente influenzano la fame e la sazietà.

Molte qualità gustative:

dolce, salato, amaro, acido, astringente (mirtillo rosso, tè), piccante (zenzero, curry), grasso, sapore di amido, sapori metallici, ecc.

Le esperienze sensoriali prodotte dai diversi sapori non dipendono da una molecola specifica ma da una combinazione (come per l'olfatto).

Molti composti differenti possono produrre la medesima sensazione di gusto:

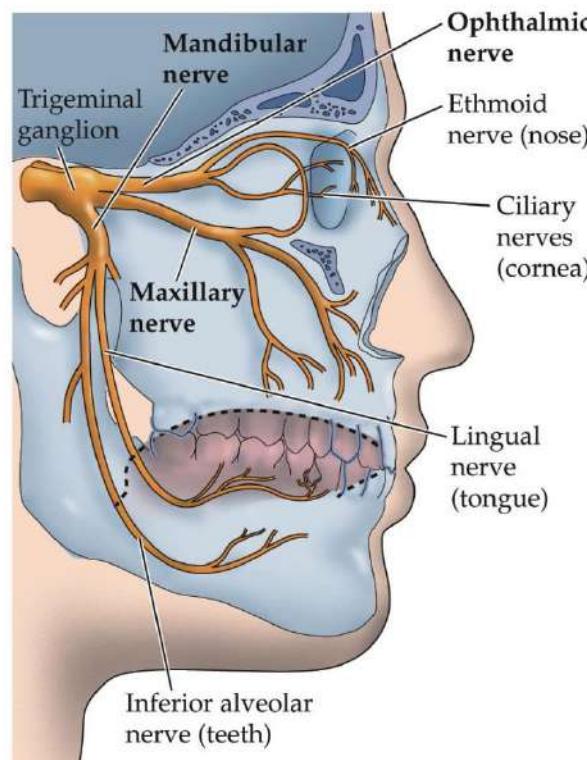
Dolce:

saccaridi (glucosio, saccarosio e fruttosio), anioni organici (saccarina),  
amminoacidi (aspartame).

Differenze individuali nelle risposte al gusto dovute ad un diverso numero o distribuzione di gemme gustative.

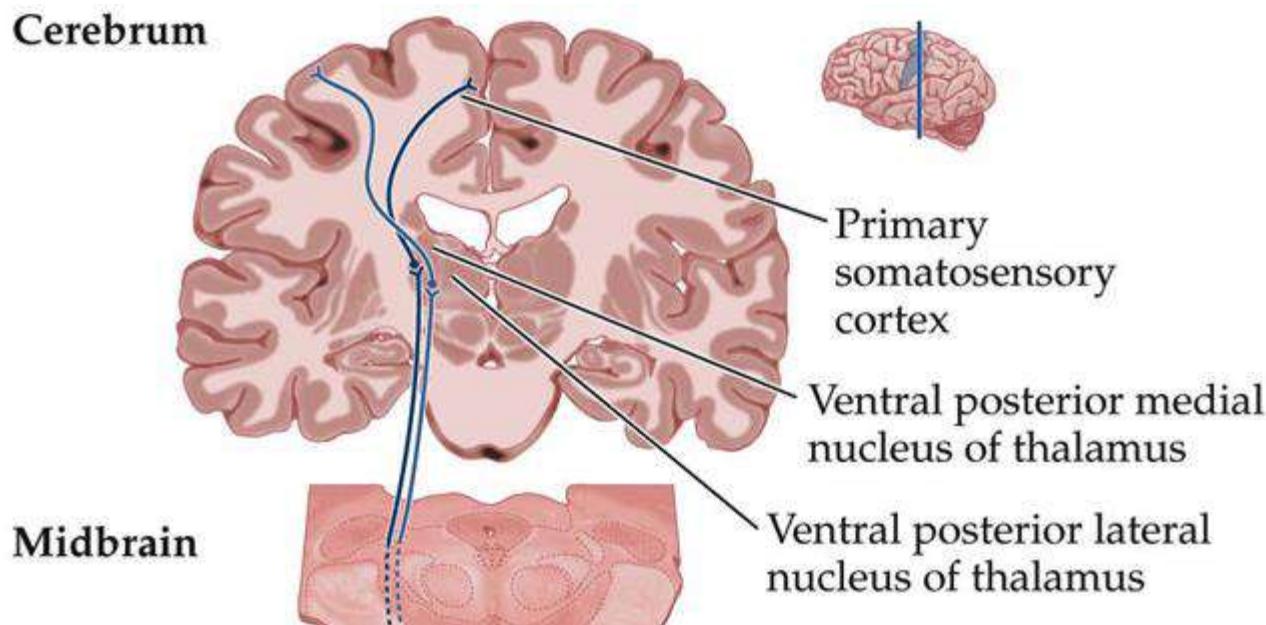
Sistema trigeminale: rileva sostanze dannose a contatto con la cute o le membrane mucose del naso e della bocca, es. peperoncino rosso (non hanno nome!)

Neuroni nocicettivi con terminazioni nella bocca, nella cavità nasale e nelle labbra attivati da sostanze chimiche irritanti come gli agenti inquinanti dell'aria (es. biossido di zolfo), ammoniaca, etanolo (liquori), acido acetico (aceto), anidride carbonica (nelle bibite), il mentolo, capsaicina (composto del peperoncino rosso che dà la sensazione di piccante)



**Attraverso il nervo trigemino le informazioni arrivano alla corteccia somatosensoriale primaria: come le informazioni nocicettive **NON** come quelle gustative!**

Le risposte riflesse mediate dal sistema trigeminale sono tutte protettive perché tendono a diluire lo stimolo (lacrimazione, salivazione, sudorazione) e a prevenire l'inalazione o l'ingestione di un'ulteriore quantità di esso (ridotta frequenza respiratoria, broncocostrizione) e tutte possono influenzare l'intera gamma delle funzioni cognitive.



## PERCEZIONE

Consapevolezza cosciente degli ambienti interni ed esterni, generata dall'elaborazione neurale condotta dal sistema sensoriale umano basata su qualità fondamentali (*qualia*) che dipendono da ciascuna modalità sensoriale.

Visione: brillantezza, colore, forma, profondità, movimento.

Udito: volume, tono, timbro.

Sensazione somatica: tatto, pressione, dolore.

La percezione non dipende esclusivamente da una traduzione degli stimoli che colpiscono i recettori (continuum psicologico non corrisponde al continuum fisico) ma dipendono dalla precedente esperienza con lo stimolo in questione, dalla situazione in cui lo stimolo occorre, dall'input simultaneo da altri sistemi sensoriali, dallo stato fisiologico del percepiente, ecc.

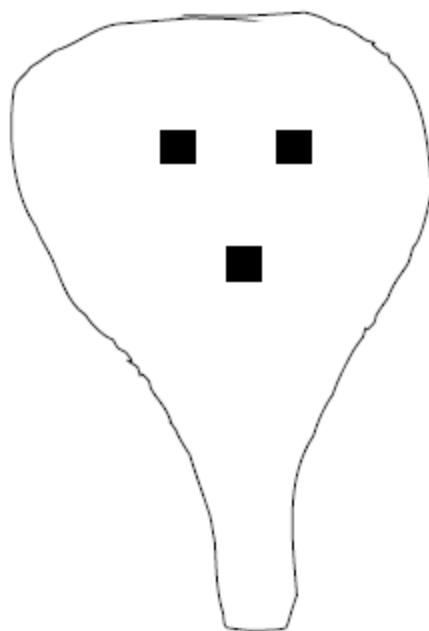
Inoltre, dalla possibilità di riconoscere particolari oggetti (facce, utensili, animali, ecc.) e dalla consapevolezza delle loro relazioni e del loro significato.

*"la percezione dipende dalla possibilità di riconoscere particolari oggetti (facce..)"*

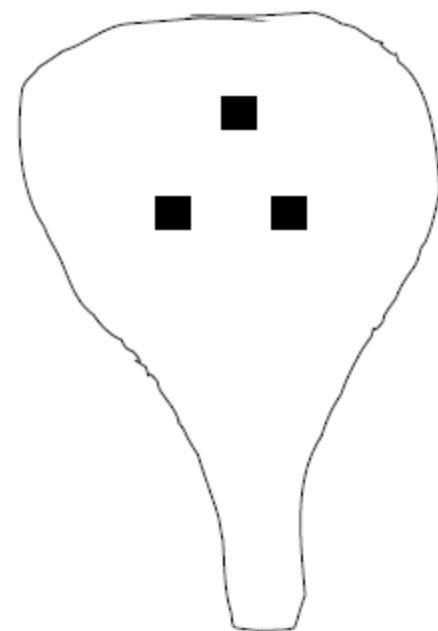
Preferenza per le facce nel bambino: si misurano le risposte di orientamento a pattern simili a volti



Questo stimolo



È preferito a questo



*"dipende dalla consapevolezza delle loro relazioni e del loro significato"*



*"... apprendimento, memoria,  
reazioni emotive, contesto sociale,  
ecc."*

Rabbia



Disgusto



Tristezza



Sorpresa



Felicità



Disprezzo



Paura



15.3 Le espressioni facciali universali delle emozioni



*"dipende dalla consapevolezza delle loro relazioni e del loro significato"*

## La prosopoagnosia (I)

*"... apprendimento, memoria,  
reazioni emotive, contesto sociale,  
ecc."*

- La prosopoagnosia (Bodamer, 1947), è una condizione clinica per la quale un soggetto è incapace di riconoscere i volti in base ai soli caratteri fisiognomici.
- I soggetti prosopoagnosici non presentano generalmente altri disturbi del riconoscimento. Essi restano in grado di riconoscere oggetti o anche parti del volto isolate, ma sono incapaci di riconoscere un volto nella sua totalità, anche quando questo appartiene a persone familiari.

### *RESEARCH REPORT*

Mondini & Semenza, Cortex. 2006 Apr;42(3):332-5.

### HOW BERLUSCONI KEEPS HIS FACE: A NEUROPSYCHOLOGICAL STUDY IN A CASE OF SEMANTIC DEMENTIA

Sara Mondini<sup>1,2</sup> and Carlo Semenza<sup>3</sup>

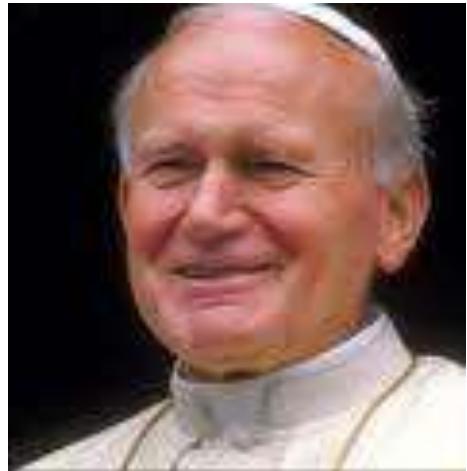
(<sup>1</sup>Department of General Psychology, University of Padua, Padua, Italy; <sup>2</sup>Figlie di San Camillo Hospice, Cremona, Italy;

<sup>3</sup>Department of General Psychology, University of Trieste, Trieste, Italy)

### ABSTRACT

A patient (V.Z.) is described as being affected by progressive bilateral atrophy of the mesial temporal lobes resulting in semantic dementia. *Vis-à-vis* virtually nil recognition of even the most familiar faces (including those of her closest relatives) as well as of objects and animals, V.Z. could nevertheless consistently recognize and name the face of Silvio Berlusconi, the mass media tycoon and current Italian Prime Minister. The experimental investigation led to the conclusion that Mr Berlusconi's face was seen as an icon rather than as a face. This telling effect of Mr Berlusconi's pervasive propaganda constitutes an unprecedented case in the neuropsychological literature.

repeated exposure due to propaganda may have turned Berlusconi's face into a non-living, but very well recognizable icon.



=



=

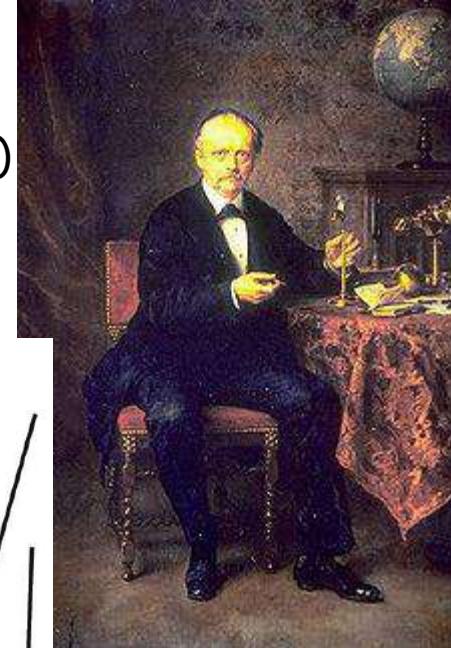
**Papa**



=

**Berlusconi**

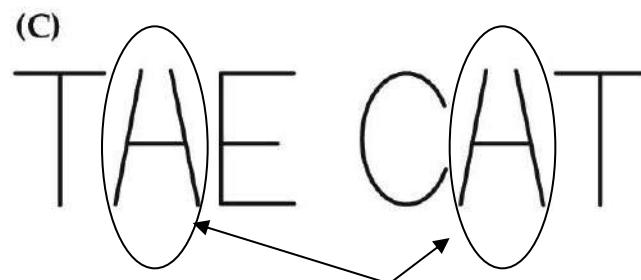
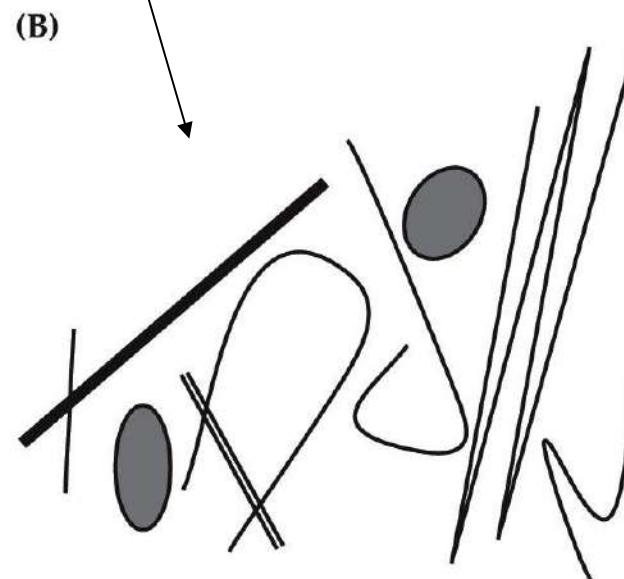
"... dipende dalla precedente esperienza" (fine '800 Hermann Helmholtz)



Ho un cane dalmata...



Ho appena letto "top down"...



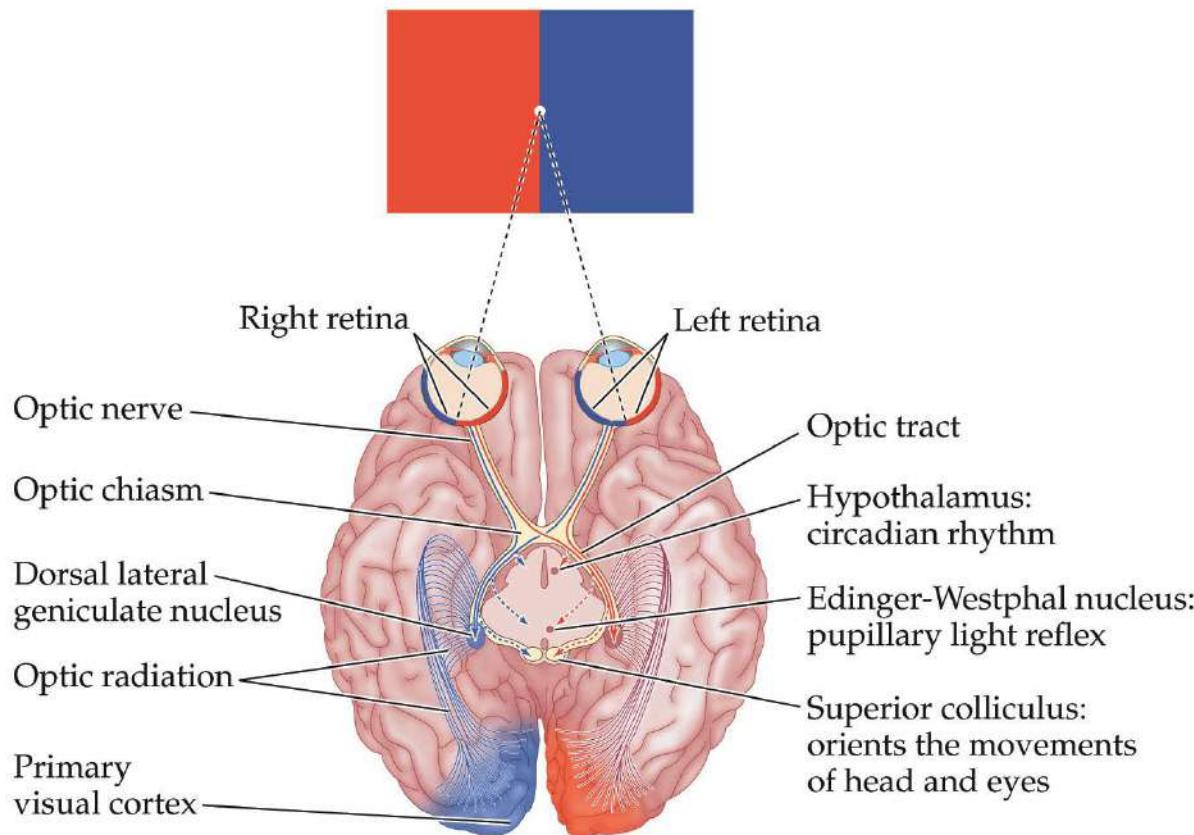
E' una H oppure una A a seconda della parola in cui è inserito...

## ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA VISIVO

Percorso che trasporta le informazioni dalla retina verso il centro.

Notare la parziale decussazione (incrocio) degli assoni a livello del chiasma ottico:  
la metà temporale della retina sinistra e la metà nasale di quella destra invia le inf al  
lobo occipitale sinistro (blu)

e la metà temporale della retina destra e la metà nasale di quella sinistra invia le inf al  
lobo occipitale destro (rosso)



## 1) PERCEZIONE DI CHIAREZZA

un continuo fisico (misurabile in unità fisiche che rappresentano le diverse grandezze)

che ha in parallelo

un continuo psicologico (aspetti dell'esperienza sensoriale)

### CONTINUO FISICO

- luminanza:

misura fisica dell'intensità luminosa,  
ottenuta tramite fotometro, ed espressa in  
unità come candele/m<sup>2</sup>

### CONTINUO PSICOLOGICO

- chiarezza:

esperienza visiva di luce e buio evocata da  
diverse intensità di luce

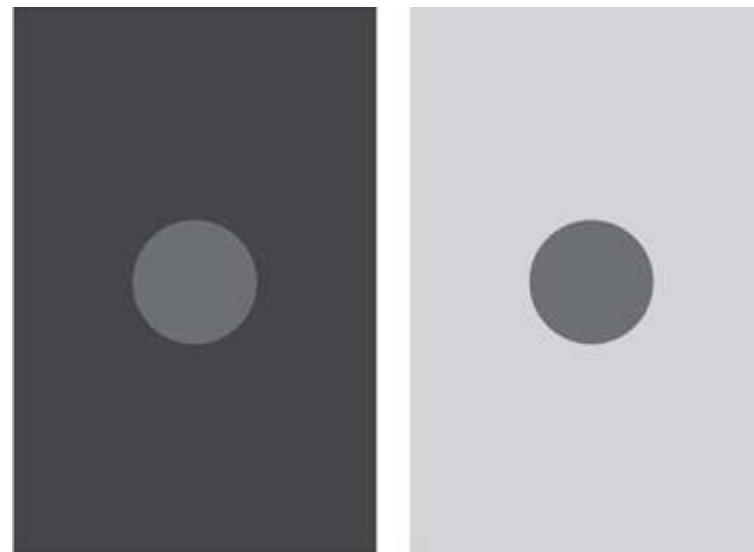
## STIMOLI

## RISPOSTE

La relazione tra luminanza e chiarezza è una relazione proporzionale (più aumenta la luminanza, più aumenta la chiarezza)? Identici livelli di luminanza sono sempre percepiti come identici livelli di chiarezza?

## UNITA' II - 5. La percezione degli stimoli visivi

### CONTRASTO SIMULTANEO DI CHIAREZZA



## UNITA' II - 5. La percezione degli stimoli visivi

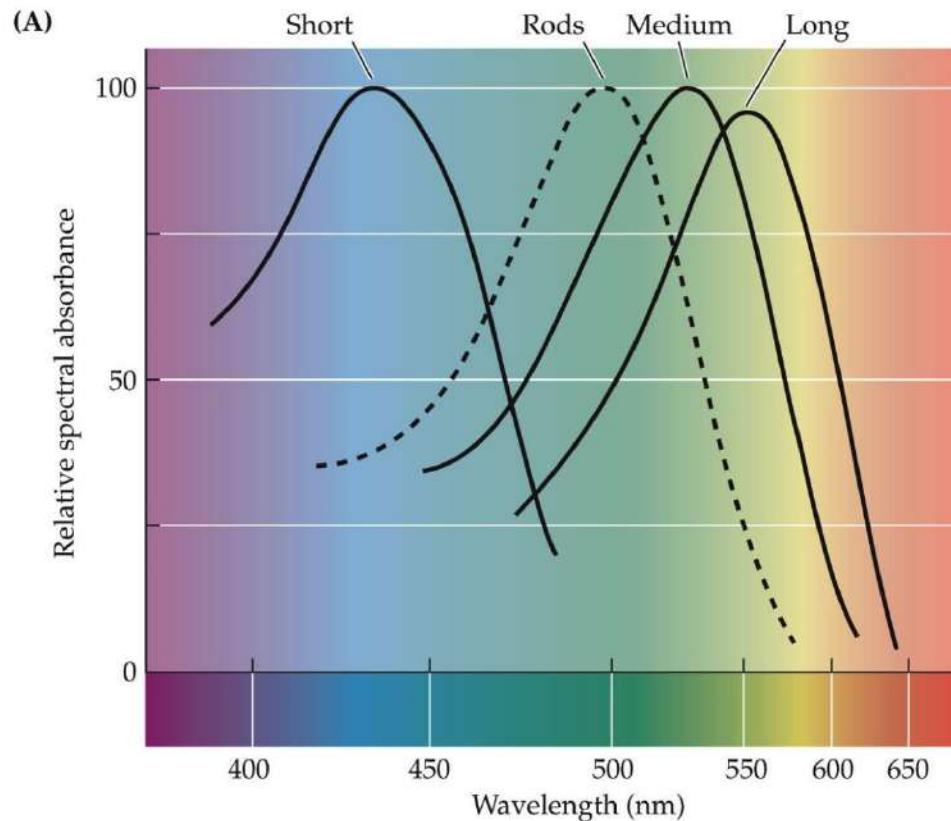
CONTRASTO SIMULTANEO DI CHIAREZZA (non può essere spiegato dalle proprietà dei neuroni gangliari e delle interazioni laterali)



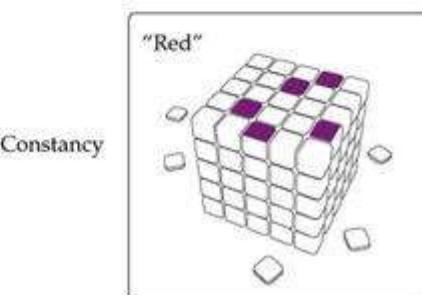
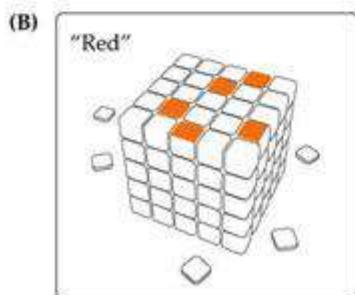
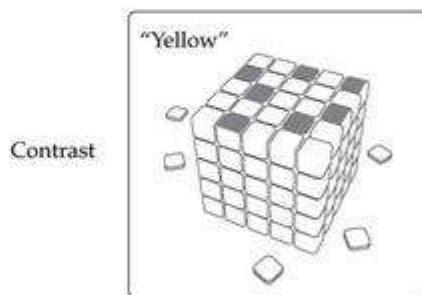
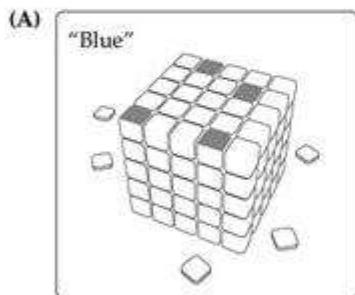
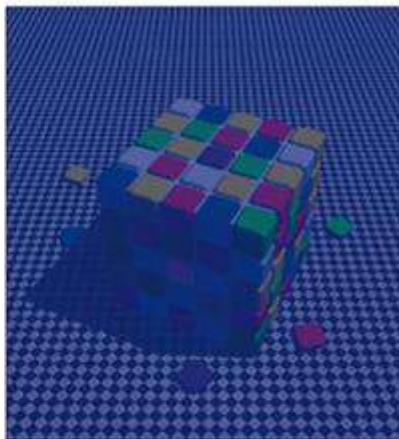
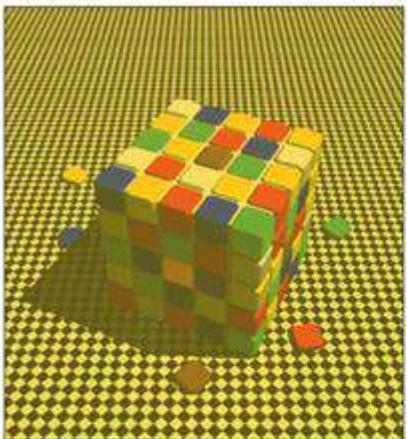
## 2) PERCEZIONE DEL COLORE:

Distribuzione della quantità di luce lungo lo spettro visivo.

I fotopigmenti (o opsine), a contatto con un fotone, cambiano la propria struttura molecolare scatenando una iperpolarizzazione che rende fortemente negativo il potenziale di membrana: l'iperpolarizzazione determina una diminuzione nella produzione di glutammato da parte del fotorecettore, alterazione che determina la produzione di stimoli nervosi visivi.



## CONTRASTO CROMATICO E COSTANZA CROMATICA



Contrasto cromatico:

i 4 ritagli blu a sx e i 7 ritagli gialli a dx sono in realtà grigi identici. E' il cambiamento nel contesto spettrale che fa in modo che appaiano blu o gialli

Costanza cromatica:

L'informazione contestuale può fare in modo che ritagli che hanno spettri molto diversi sembrino dello stesso colore (rossi)

**DI CHE COLORE E' IL VESTITO?**



## Correspondence

### Striking individual differences in color perception uncovered by 'the dress' photograph

Rosa Lafer-Sousa<sup>1</sup>,  
Katherine L. Hermann<sup>1</sup>,  
and Bevil R. Conway<sup>1\*</sup>

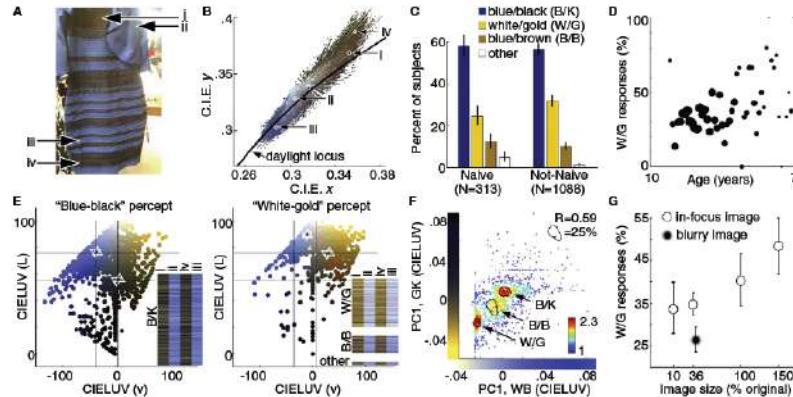
'The dress' is a peculiar photograph: by themselves the dress' pixels are brown and blue, colors associated with natural illuminants [1], but popular accounts (#TheDress) suggest the dress appears either white/gold or blue/black [2]. Could the purported categorical perception arise because the original social-media

question was an alternative-forced-choice? In a free-response survey ( $N = 1401$ ), we found that most people, including those naïve to the image, reported white/gold or blue/black, but some said blue/brown. Reports of white/gold over blue/black were higher among older people and women. On re-test, some subjects reported a switch in perception, showing the image can be multistable. In a language-independent measure of perception, we asked subjects to identify the dress' colors from a complete color gamut. The results showed three peaks corresponding to the main descriptive categories, providing additional evidence that the dress resolves the image into one of three stable percepts. We hypothesize that these reflect different internal priors: some people favor a cool illuminant (blue sky), discount shorter wavelengths, and

perceive white/gold; others favor a warm illuminant (incandescent light), discount longer wavelengths, and see blue/black. The remaining subjects may assume a neutral illuminant, and see blue/brown. We show that by introducing overt cues to the illumination, we can flip the dress color.

Popular accounts suggest that 'the dress' (Figure 1A,B) elicits large individual differences in color perception [2]. We confirmed this in a survey of 1,401 subjects (313 naïve; 53 tested in laboratory; 28/53 re-tested). Subjects were asked to complete the sentence: "this is a \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_ dress" (see Supplemental Experimental Procedures in the Supplemental Information).

Overall, 57% of subjects described the dress as blue/black (B/K); 30% as white/gold (W/G); 11% as blue/brown (B/B); and 2% as something



**Figure 1.** Striking differences in color perception of the dress.

(A) Original photograph. (B) Pixel chromaticities for the dress. (C) Histogram of color descriptions for naïve ( $N = 313$ ) and non-naïve ( $N = 1088$ ) subjects. Error bars are 95% C.I. (D) Of subjects who reported W/G or B/K ( $N = 1221$ ), the odds of reporting W/G increased by a factor of 1.02 per unit age,  $p = 0.0035$ , 95% C.I. [1.01–1.03] (Table S1). Symbol size denotes number of subjects (largest dot=76; smallest dot=1). (E) Color matches for regions i, ii, iii and iv (panel A), sorted by percept (B/K, left; W/G, right). Symbols show averages (upward triangles, regions i and ii; downward triangles, regions iii and iv), and contain 95% C.I.s of the mean. Grid provides a reference across the B/K and W/G panels. Insets depict color matches for individual subjects in each row, sorted by description. (F) Color matches for region i plotted against matches for region ii for all subjects ( $R = 0.59$ ,  $p < 0.0001$ ). Contours contain the highest density (25%) of respondents obtained in separate plots (not shown) generated by sorting the data by description (B/K, W/G, B/B). The first principal component of the population matches to (i,ii) defined the x axis (white/blue, 'WB'). Each subject's (x,y) values are the PC weights for their matches (Supplemental Experimental Procedures). Color scale is number of subjects. (G) Among W/G or B/K respondents, percent of W/G responses increased with image size ( $N = 235$ , 10% of original image;  $N = 1223$ , 36%;  $N = 245$ , 100%;  $N = 215$ , 150%;  $p < 0.0001$ , OR = 1.004 [1.002–1.007]). The horizontal dimension of the image was about 2°, 7.2°, 20°, and 30° of visual angle. Blurring the image biased responses towards B/K ( $N = 1048$ , image was 41% of original size; Chi-square,  $p < 0.0001$ ). Dress image reproduced with permission from Cecilia Bleasdale.



## Correspondence

### Striking individual differences in color perception uncovered by 'the dress' photograph

Rosa Lafer-Sousa<sup>1</sup>,  
Katherine L. Hermann<sup>1</sup>,  
and Bevill R. Conway<sup>1</sup>

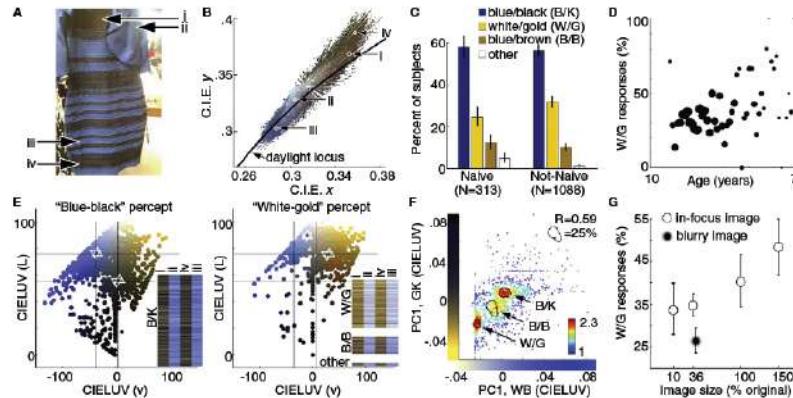
'The dress' is a peculiar photograph: by themselves the dress' pixels are brown and blue, colors associated with natural illuminants [1], but popular accounts (#TheDress) suggest the dress appears either white/gold or blue/black. Could the purported categorical perception arise because the original social-media

question was an alternative-forced-choice? In a free-response survey ( $N = 1401$ ), we found that most people, including those naïve to the image, reported white/gold or blue/black, but some said blue/brown. Reports of white/gold over blue/black were higher among older people and women. On re-test, some subjects reported a switch in perception, showing the image can be multistable. In a language-independent measure of perception, we asked subjects to identify the dress' colors from a complete color gamut. The results showed three peaks corresponding to the main descriptive categories, providing additional evidence that the dress resolves the image into one of three stable percepts. We hypothesize that these reflect different internal priors: some people favor a cool illuminant (blue sky), discount shorter wavelengths, and

perceive white/gold; others favor a warm illuminant (incandescent light), discount longer wavelengths, and see blue/black. The remaining subjects may assume a neutral illuminant, and see blue/brown. We show that by introducing overt cues to the illumination, we can flip the dress color.

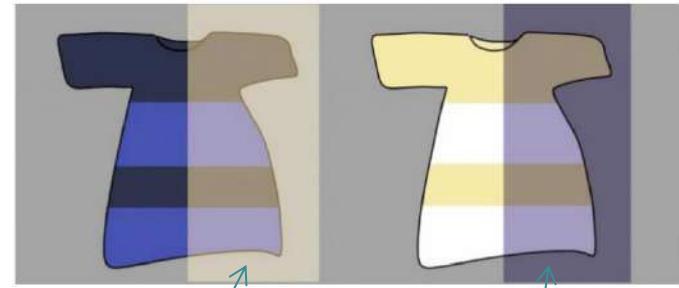
Popular accounts suggest that 'the dress' (Figure 1A,B) elicits large individual differences in color perception [2]. We confirmed this in a survey of 1,401 subjects (313 naïve; 53 tested in laboratory; 28/53 re-tested). Subjects were asked to complete the sentence: "this is a \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_ dress" (see Supplemental Experimental Procedures in the Supplemental Information).

Overall, 57% of subjects described the dress as blue/black (B/K); 30% as white/gold (W/G); 11% as blue/brown (B/B); and 2% as something



**Figure 1.** Striking differences in color perception of the dress.

(A) Original photograph. (B) Pixel chromaticities for the dress. (C) Histogram of color descriptions for naïve ( $N = 313$ ) and non-naïve ( $N = 1088$ ) subjects. Error bars are 95% C.I. (D) Of subjects who reported W/G or B/K ( $N = 1221$ ), the odds of reporting W/G increased by a factor of 1.02 per unit age,  $p = 0.0035$ , 95% C.I. [1.01–1.03] (Table S1). Symbol size denotes number of subjects (largest dot=76; smallest dot=1). (E) Color matches for regions i, ii, iii and iv (panel A), sorted by color description (B/K, left; W/G, right). Symbols show averages (upward triangles, regions i and ii; downward triangles, regions iii and iv), and contain 95% C.I.s of the mean. Grid provides a reference across the B/K and W/G panels. Insets depict color matches for individual subjects in each row, sorted by description. (F) Color matches for region (i) plotted against matches for region (ii) for all subjects ( $R = 0.59$ ,  $p < 0.0001$ ). Contours contain the highest density (25%) of respondents obtained in separate plots (not shown) generated by sorting the data by description (B/K, W/G, B/B). The first principal component of the population matches to (i,ii) defined the y axis (gold/black, 'GK'); the first PC of the population matches to (iii,iv) defined the x axis (white/blue, 'WB'). Each subject's (x,y) values are the PC weights for their matches (Supplemental Experimental Procedures). Color scale is number of subjects. (G) Among W/G or B/K respondents, percent of W/G responses increased with image size ( $N = 235$ , 10% of original image;  $N = 1223$ , 36%;  $N = 245$ , 100%;  $N = 215$ , 150%;  $p < 0.0001$ , OR = 1.004 [1.002–1.007]). The horizontal dimension of the image was about 2°, 7.2°, 20°, and 30° of visual angle. Blurring the image blurred responses towards B/K ( $N = 1048$ , image was 41% of original size; Chi-square,  $p < 0.0001$ ). Dress image reproduced with permission from Cecilia Bleasdale.



Vestito blu-nero  
illuminato da luce artificiale  
(gialla)

Vestito oro-bianco  
illuminato da luce naturale  
(blu)

**Correspondence**  
**Striking individual differences in color perception uncovered by 'the dress' photograph**

Rosa Lafer-Sousa<sup>1</sup>,  
Katherine L. Hermann<sup>1</sup>,  
and Bevil R. Conway<sup>1</sup>

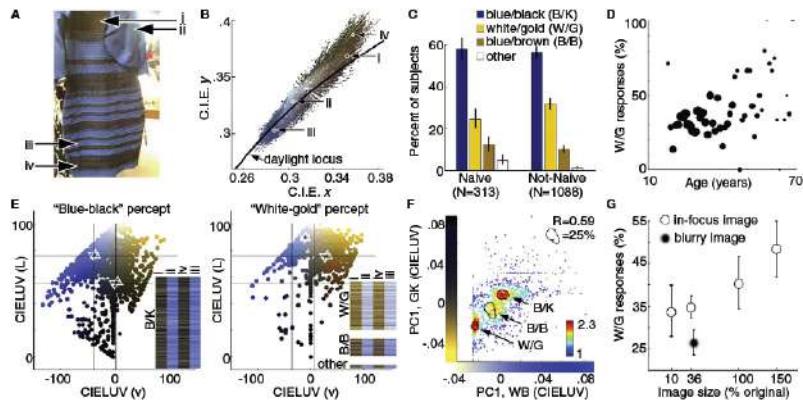
'The dress' is a peculiar photograph: by themselves the dress' pixels are brown and blue, colors associated with natural illuminants [1], but popular accounts (#TheDress) suggest the dress appears either white/gold or blue/black [2]. Could the purported categorical perception arise because the original social-media

question was an alternative-forced-choice? In a free-response survey ( $N = 1401$ ), we found that most people, including those naïve to the image, reported white/gold or blue/black, but some said blue/brown. Reports of white/gold over blue/black were higher among older people and women. On re-test, some subjects reported a switch in perception, showing the image can be multistable. In a language-independent measure of perception, we asked subjects to identify the dress' colors from a complete color gamut. The results showed three peaks corresponding to the main descriptive categories, providing additional evidence that the dress resolves the image into one of three stable percepts. We hypothesize that these reflect different internal priors: some people favor a cool illuminant (blue sky), discount shorter wavelengths, and

perceive white/gold; others favor a warm illuminant (incandescent light), discount longer wavelengths, and see blue/black. The remaining subjects may assume a neutral illuminant, and see blue/brown. We show that by introducing overt cues to the illumination, we can flip the dress color.

Popular accounts suggest that 'the dress' (Figure 1A,B) elicits large individual differences in color perception [2]. We confirmed this in a survey of 1,401 subjects (313 naïve; 53 tested in laboratory; 28/53 re-tested). Subjects were asked to complete the sentence: "this is a \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_ dress" (see Supplemental Experimental Procedures in the Supplemental Information).

Overall, 57% of subjects described the dress as blue/black (B/K); 30% as white/gold (W/G); 11% as blue/brown (B/B); and 2% as something



**Figure 1. Striking differences in color perception of the dress.**

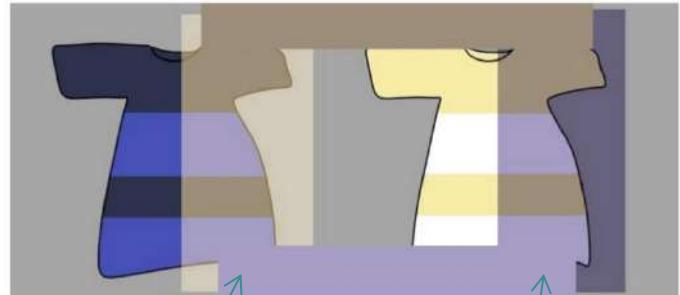
(A) Original photograph. (B) Pixel chromaticities for the dress. (C) Histogram of color descriptions for naïve ( $N = 313$ ) and non-naïve ( $N = 1088$ ) subjects. Error bars are 95% C.I. (D) Of subjects who reported W/G or B/K ( $N = 1221$ ), the odds of reporting W/G increased by a factor of 1.02 per unit age,  $p = 0.0035$ , 95% C.I. [1.01–1.03] (Table S1). Symbol size denotes number of subjects (largest dot=76; smallest dot=1). (E) Color matches for regions i, ii, iii and iv (panel A), sorted by color description (B/K, left; W/G, right). Symbols show averages (upward triangles, regions i and ii; downward triangles, regions iii and iv), and contain 95% C.I.s of the mean. Grid provides a reference across the B/K and W/G panels. Insets depict color matches for individual subjects in each row, sorted by description. (F) Color matches for region (i) plotted against matches for region (ii) for all subjects ( $R = 0.59$ ,  $p < 0.0001$ ). Contours contain the highest density (25%) of respondents obtained in separate plots (not shown) generated by sorting the data by description (B/K, W/G, B/B). The first principal component of the population matches to (i,ii) defined the y axis (gold/black, 'GK'); the first PC of the population matches to (iii,iv) defined the x axis (white/blue, 'WB'). Each subject's (x,y) values are the PC weights for their matches (Supplemental Experimental Procedures). Color scale is number of subjects. (G) Among W/G and B/K respondents, percent of W/G responses increased with image size ( $N = 235$ , 10% of original image;  $N = 1223$ , 36%;  $N = 245$ , 100%;  $N = 215$ , 150%;  $p < 0.0001$ , OR = 1.004 [1.002–1.007]). The horizontal dimension of the image was about 2°, 7.2°, 20°, and 30° of visual angle. Blurring the image blurred responses towards B/K ( $N = 1048$ , image was 41% of original size; Chi-square,  $p < 0.0001$ ). Dress image reproduced with permission from Cecilia Bleasdale.



L'abitudine a vivere alla luce artificiale o quella a vivere alla luce naturale, essere un cronotipo diurno o notturno, portano a ipotizzare il tipo di illuminazione.

La differenza del colore percepito a seconda del tipo di illuminazione porta a vedere colori diversi.

L'analisi fotometrica dei colori indica che i colori originari sono nero e blu.



Vestito blu-nero  
illuminato da luce artificiale  
(gialla)

Vestito oro-bianco  
illuminato da luce naturale  
(blu)

## Correspondence

### Striking individual differences in color perception uncovered by 'the dress' photograph

Rosa Lafer-Sousa<sup>1</sup>,  
Katherine L. Hermann<sup>1</sup>,  
and Bevil R. Conway<sup>1</sup>

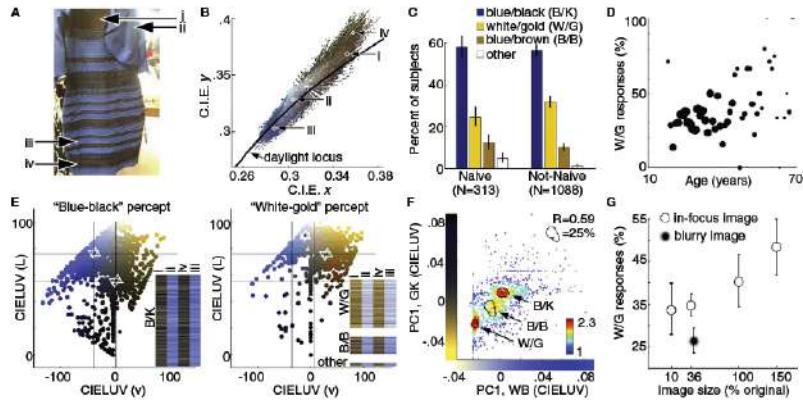
'The dress' is a peculiar photograph: by themselves the dress' pixels are brown and blue, colors associated with natural illuminants [1], but popular accounts (#TheDress) suggest the dress appears either white/gold or blue/black [2]. Could the purported categorical perception arise because the original social-media

question was an alternative-forced-choice? In a free-response survey ( $N = 1401$ ), we found that most people, including those naïve to the image, reported white/gold or blue/black, but some said blue/brown. Reports of white/gold over blue/black were higher among older people and women. On re-test, some subjects reported a switch in perception, showing the image can be multistable. In a language-independent measure of perception, we asked subjects to identify the dress' colors from a complete color gamut. The results showed three peaks corresponding to the main descriptive categories, providing additional evidence that the brain resolves the image into one of three stable percepts. We hypothesize that these reflect different internal priors: some people favor a cool illuminant (blue sky), discount shorter wavelengths, and

perceive white/gold; others favor a warm illuminant (incandescent light), discount longer wavelengths, and see blue/black. The remaining subjects may assume a neutral illuminant, and see blue/brown. We show that by introducing overt cues to the illumination, we can flip the dress color.

Popular accounts suggest that 'the dress' (Figure 1A,B) elicits large individual differences in color perception [2]. We confirmed this in a survey of 1,401 subjects (313 naïve; 53 tested in laboratory; 28/53 re-tested). Subjects were asked to complete the sentence: "this is a \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_ dress" (see Supplemental Experimental Procedures in the Supplemental Information).

Overall, 57% of subjects described the dress as blue/black (B/K); 30% as white/gold (W/G); 11% as blue/brown (B/B); and 2% as something



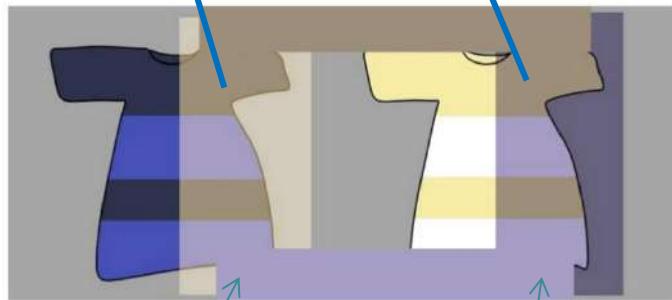
**Figure 1.** Striking differences in color perception of the dress.

(A) Original photograph. (B) Pixel chromaticities for the dress. (C) Histogram of color descriptions for naïve ( $N = 313$ ) and non-naïve ( $N = 1088$ ) subjects. Error bars are 95% C.I. (D) Of subjects who reported W/G or B/K ( $N = 1221$ ), the odds of reporting W/G increased by a factor of 1.02 per unit age,  $p = 0.0035$ , 95% C.I. [1.01–1.03] (Table S1). Symbol size denotes number of subjects (largest dot=76; smallest dot=1). (E) Color matches for regions i, ii, iii and iv (panel A), sorted by description (B/K, left; W/G, right). Symbols show averages (upward triangles, regions i and ii; downward triangles, regions iii and iv), and contain 95% C.I.s of the mean. Grid provides a reference across the B/K and W/G panels. Insets depict color matches for individual subjects in each row, sorted by description. (F) Color matches for region (i) plotted against matches for region (ii) for all subjects ( $R = 0.59$ ,  $p < 0.0001$ ). Contours contain the highest density (25%) of respondents obtained in separate plots (not shown) generated by sorting the data by description (B/K, W/G, B/B). The first principal component of the population matches to (i,ii) defined the x axis (white/blue, 'WB'). Each subject's (x,y) values are the PC weights for their matches (Supplemental Experimental Procedures). Color scale is number of subjects. (G) Among W/G respondents, percent of W/G responses increased with image size ( $N = 235$ , 10% of original image;  $N = 1223$ , 36%;  $N = 245$ , 100%;  $N = 215$ , 150%;  $p < 0.0001$ , OR = 1.004 [1.002–1.007]). The horizontal dimension of the image was about 2°, 7.2°, 20°, and 30° of visual angle. Blurring the image blurred responses towards B/K ( $N = 1048$ , image was 41% of original size; Chi-square,  $p < 0.0001$ ). Dress image reproduced with permission from Cecilia Bleasdale.



I miei recettori mi dicono che vedono marroncino... ma io so che se vedo marroncino quando l'illuminazione è gialla, il colore originario è nero

I miei recettori mi dicono che vedono marroncino...ma io so che se vedo marroncino e l'illuminazione è blu, il colore originario è oro

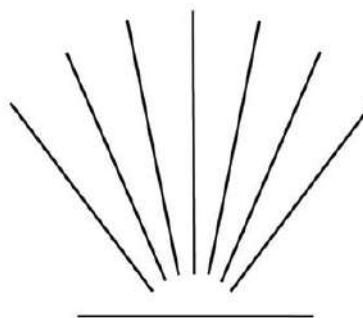


Vestito blu-nero  
illuminato da luce artificiale  
(gialla)

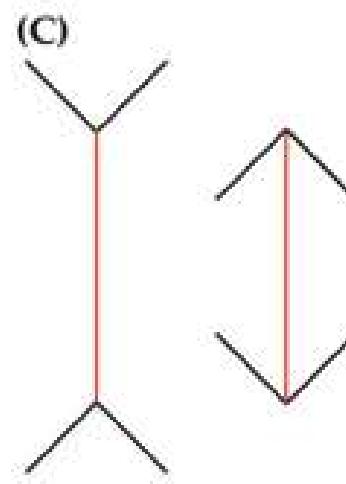
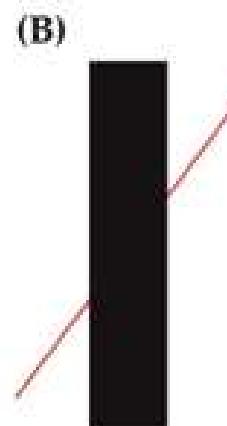
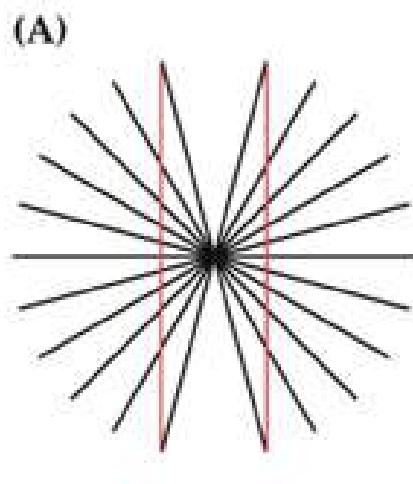
Vestito oro-bianco  
illuminato da luce naturale  
(blu)

### 3) PERCEZIONE DELLA FORMA:

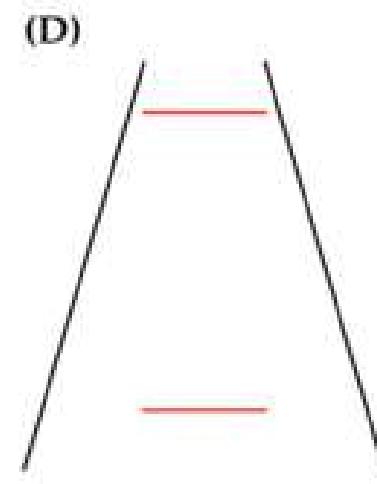
La lunghezza percepita di una linea corrisponde sempre alla lunghezza reale (misurata) della linea?



Una linea orientata verticalmente appare più lunga di una linea della stessa lunghezza orientata orizzontalmente

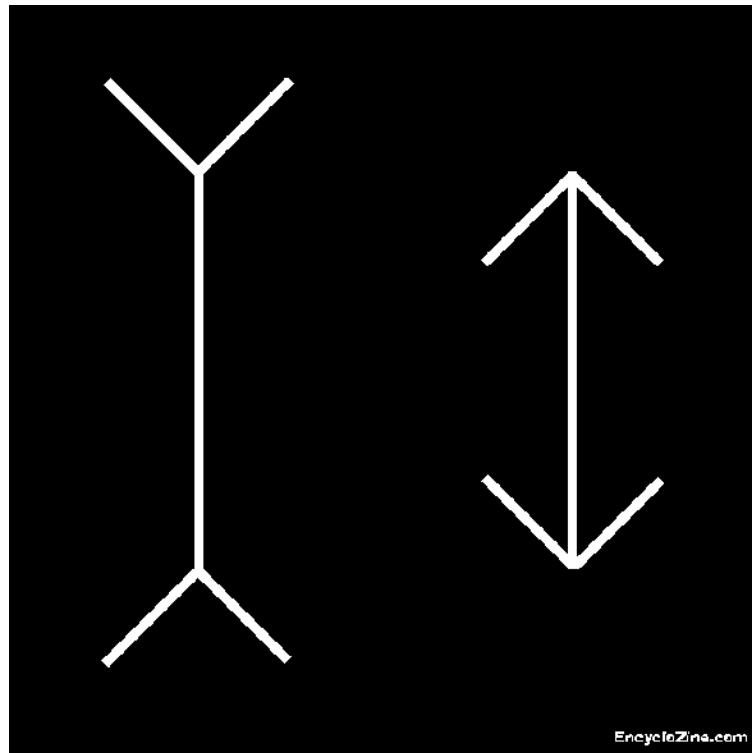


Illusione di Müller-Lyer



Illusione di Ponzo

c) SI VEDONO LE COSE DIVERSE DA QUELLO CHE SONO

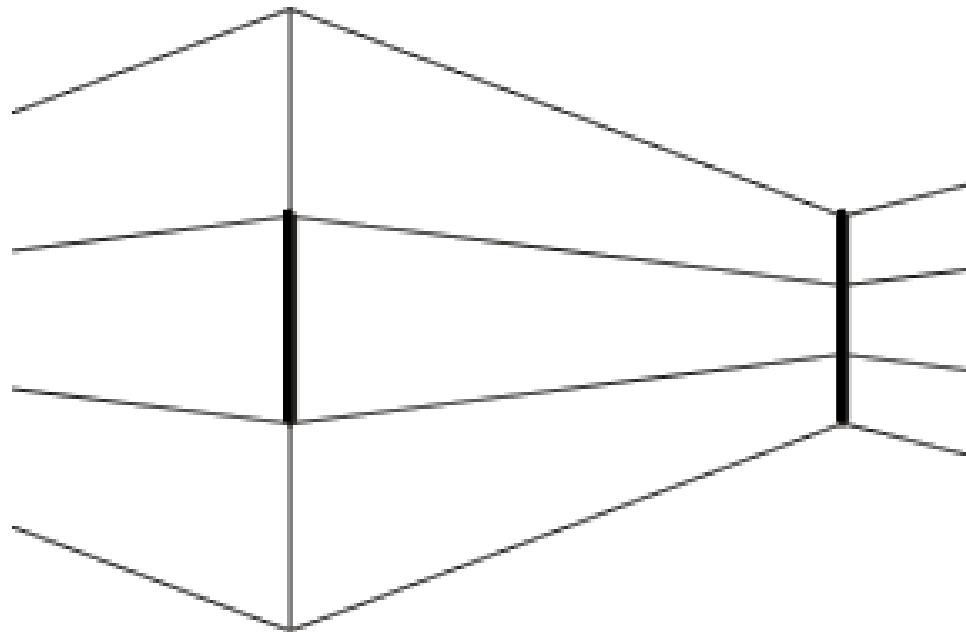


Illusione di Muller-Lyer

Anche oggetti semplici del continuo fisico, come figure geometriche, possono essere viste diverse nel continuo psicologico.



Le teste più lontane si vedono più piccole ma noi sappiamo che più o meno le teste hanno la stessa grandezza:  
• le cose più lontane le ingrandiamo  
• le cose più vicine le rimpiccioliamo





Le teste più lontane si vedono più piccole ma noi sappiamo che più o meno le teste hanno la stessa grandezza:  
• le cose più lontane le ingrandiamo  
• le cose più vicine le rimpiccioliamo

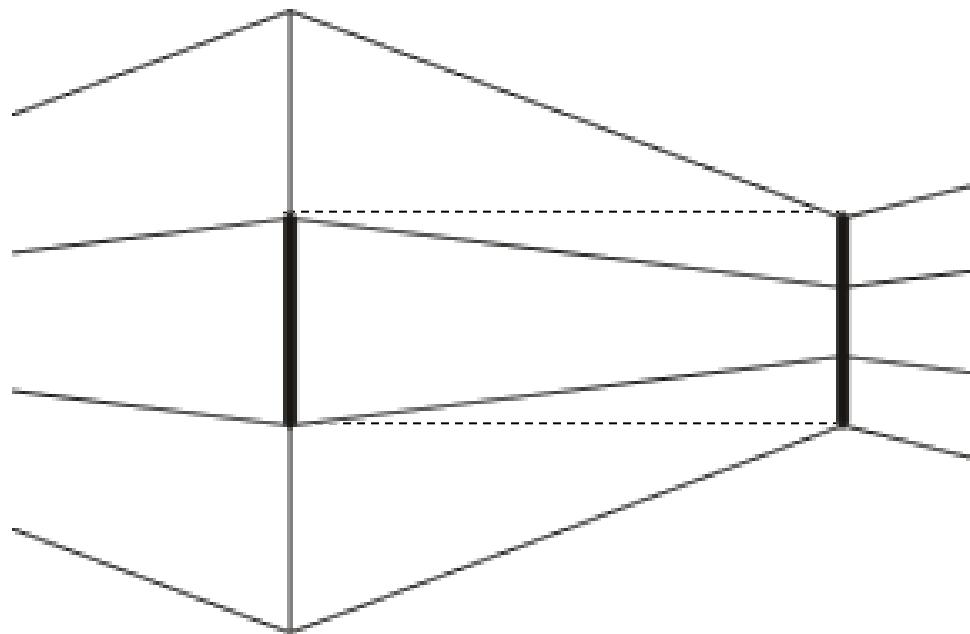


Le teste più lontane si vedono più piccole ma noi sappiamo che più o meno le teste hanno la stessa grandezza:  
• le cose più lontane le ingrandiamo  
• le cose più vicine le rimpiccioliamo





Le teste più lontane si vedono più piccole ma noi sappiamo che più o meno le teste hanno la stessa grandezza:  
• le cose più lontane le ingrandiamo  
• le cose più vicine le rimpiccioliamo

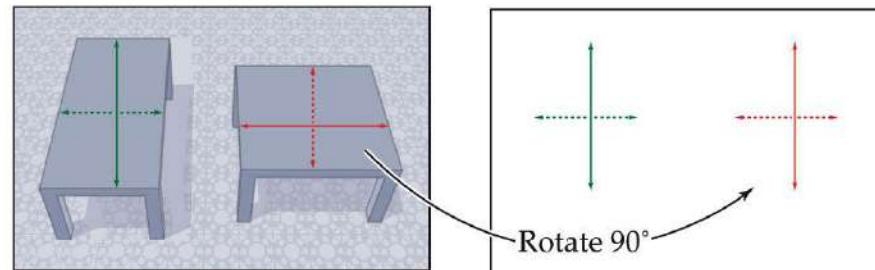
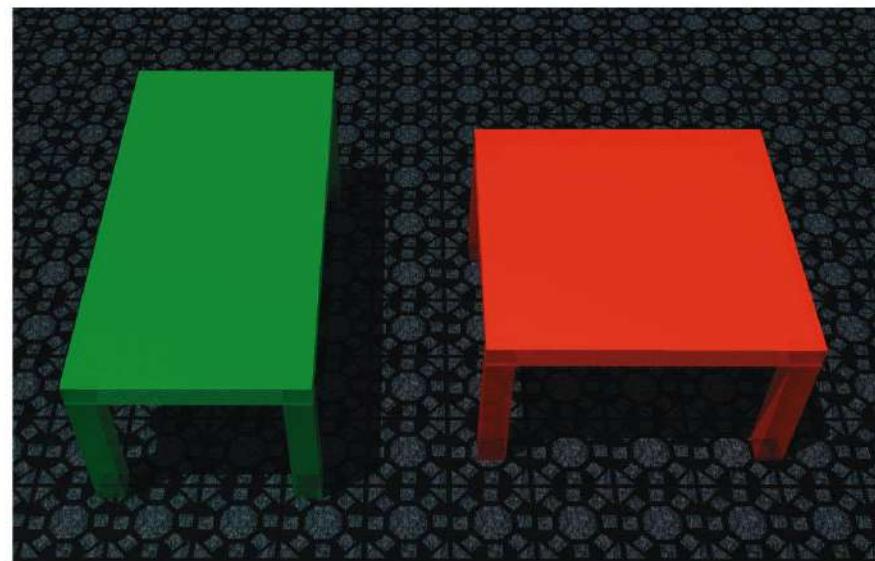


### 3) PERCEZIONE DELLA FORMA:

La lunghezza percepita di una linea corrisponde sempre alla lunghezza reale (misurata) della linea?

Una linea verticale appare più lunga di una linea orizzontale  
della stessa lunghezza

(E)



#### 4) PERCEZIONE DELLA PROFONDITA':

Monoculare: probabilmente è appresa

Occlusione: quando un oggetto è oscurato da un altro, quello che ostruisce è più vicino.

Dimensione/distanza: più un oggetto è lontano, più è piccolo.

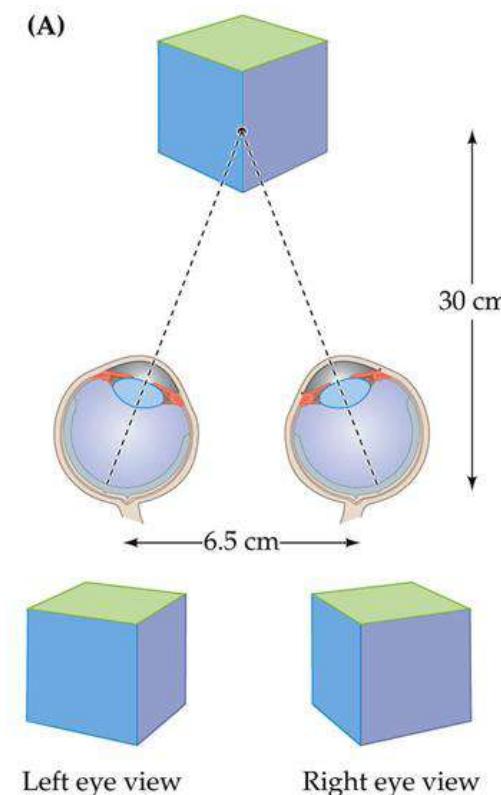
Parallasse di movimento: spostando la testa, lo sfondo si sposta di più per un oggetto vicino che per uno lontano.

Binoculare:

Stereopsi: ciascun occhio ha una visione diversa degli stessi oggetti vicini (disparità retinica). Fusione delle due immagini (soprattutto per gli oggetti vicini). Il meccanismo non è ancora chiaro.

(PROVARE A RIUNIRE LE PUNTE DI DUE MATITE TENUTE DALLA MANO DESTRA E DALLA MANO SINISTRA PRIMA CON ENTRAMBI GLI OCCHI APERTI E POI CON UN OCCHIO ALLA VOLTA)

La sovrapposizione negli esseri umani è di circa  $140^\circ$ , mentre negli animali che hanno occhi laterali, come i cavalli, la sovrapposizione è solo di circa  $15^\circ$ .



## 5) PERCEZIONE DEL MOVIMENTO:

Si ha quando una sequenza di immagini diverse ma collegate viene presentata alla retina in un breve lasso di tempo.

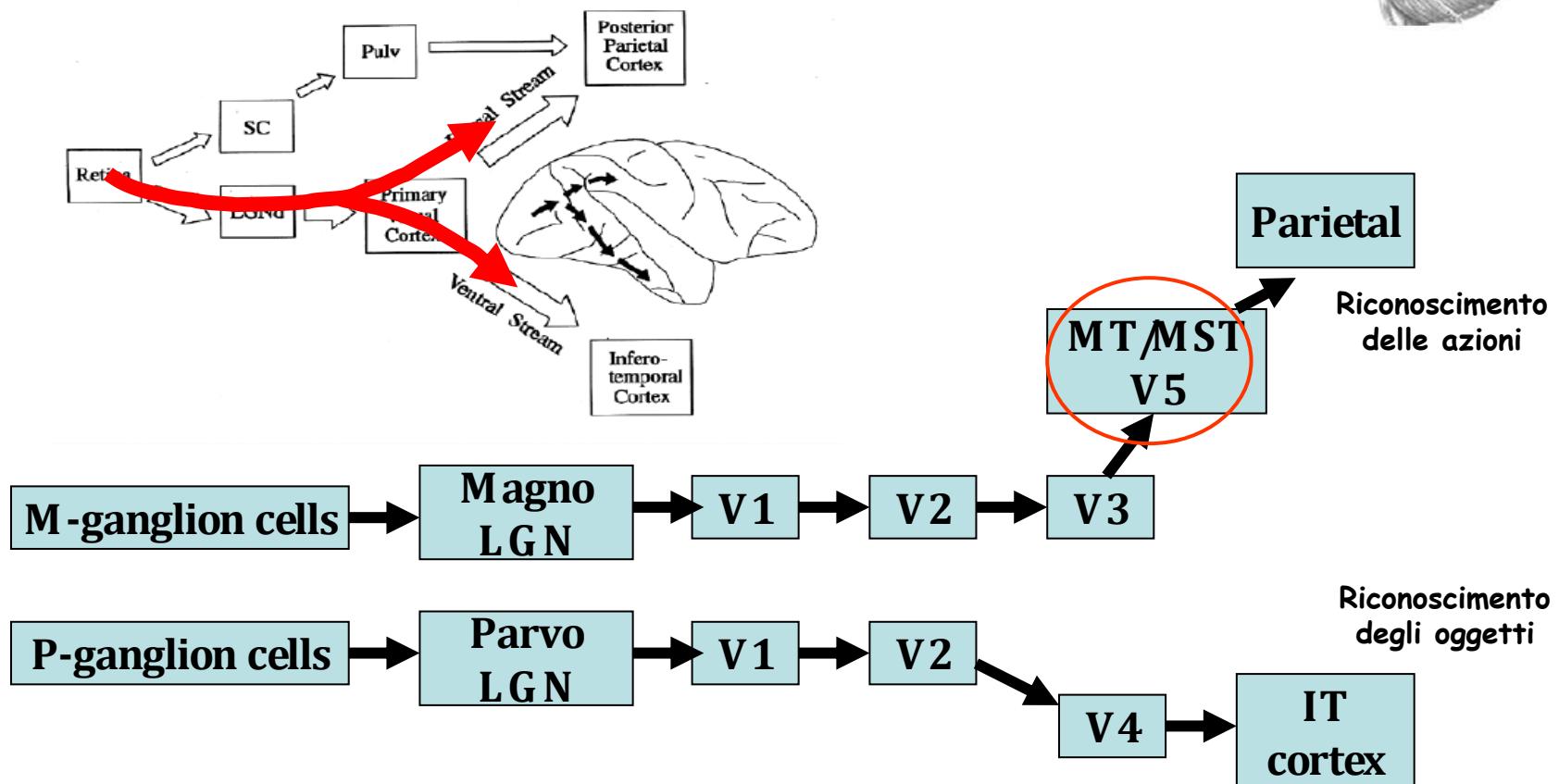
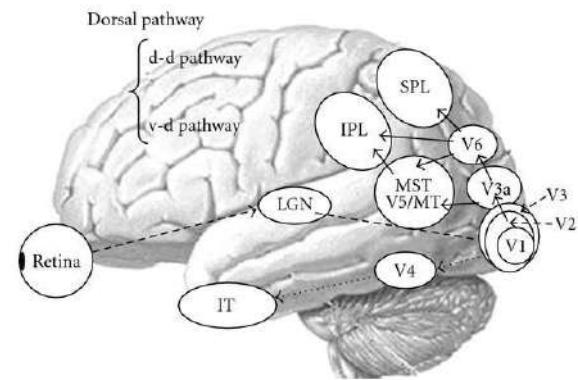
**LANCETTE DELL'OROLOGIO:** movimento troppo lento

**TRAIETTORIA DI UNA PALLOTTOLA:** movimento troppo veloce

## 5) PERCEZIONE DEL MOVIMENTO:

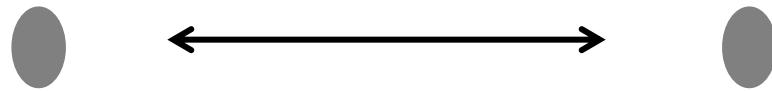
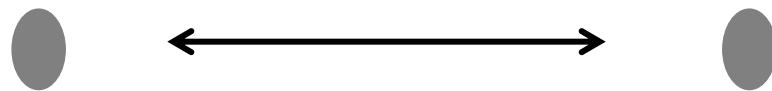
Si ha quando una sequenza di immagini diverse ma collegate viene presentata alla retina in un breve lasso di tempo.

Nel lobo temporale posteriore (MT, temporale mediale; MST, temporale superiore mediale): regione specializzate per l'analisi del movimento.



5) PERCEZIONE DEL MOVIMENTO:  
Movimento apparente

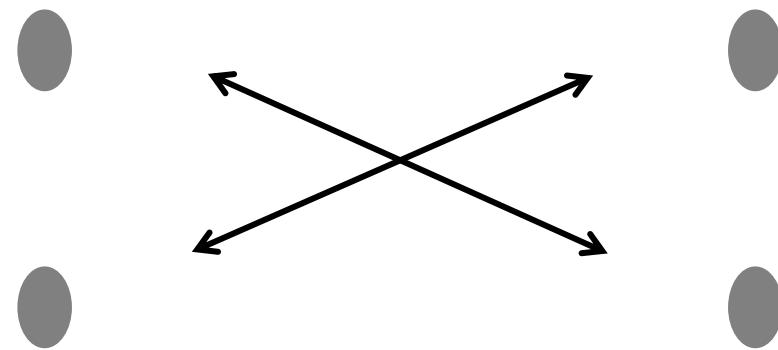
Perché si vedono muovere così



5) PERCEZIONE DEL MOVIMENTO:  
Movimento apparente

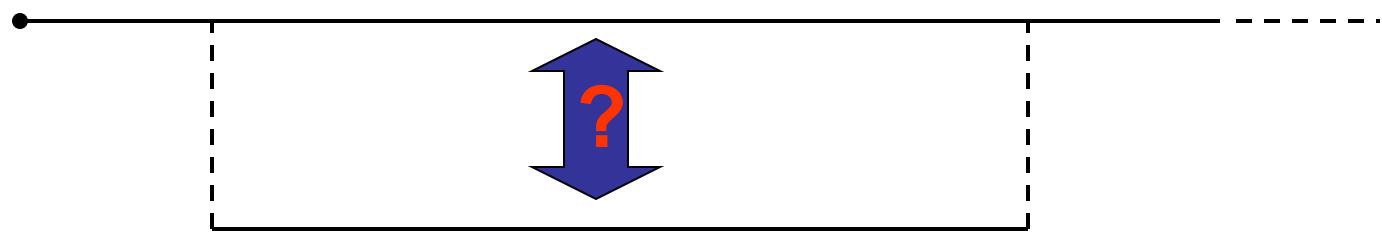
E non così?

Non si sa!

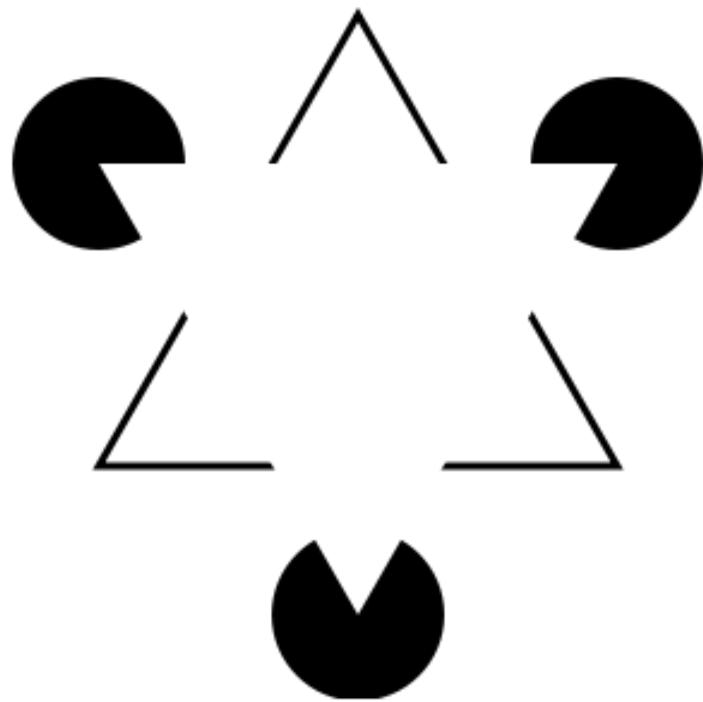


CONTINUO  
FISICO

CONTINUO  
PSICOLOGICO



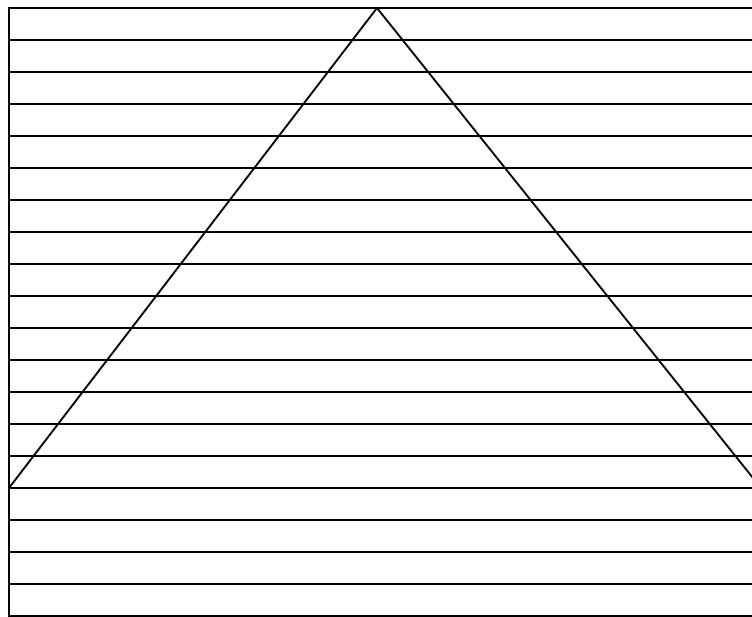
a) SI VEDE QUELLO CHE NON C'E'



Triangolo di Kanizsa

Nel continuo psicologico esistono oggetti che non hanno contropartita nell'ambiente fisico

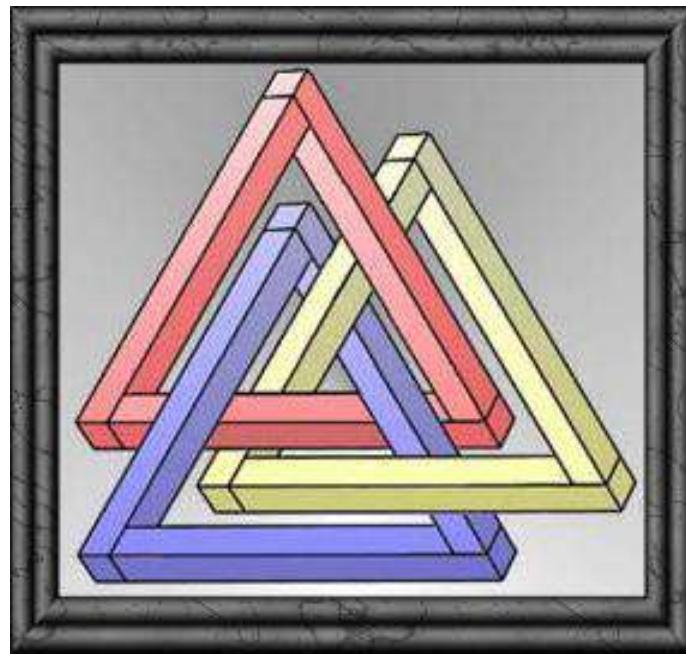
b) NON SI VEDE QUELLO CHE C'E'



Il triangolo esiste ma non si vede:

Esiste nel continuo fisico ma non in quello psicologico. Inoltre, sapere che esiste non ci aiuta a vederlo

c) SI VEDE QUELLO CHE E' IMPOSSIBILE VEDERE



L'esistenza reale degli oggetti non è una condizione necessaria per la loro esistenza nel continuo psicologico.

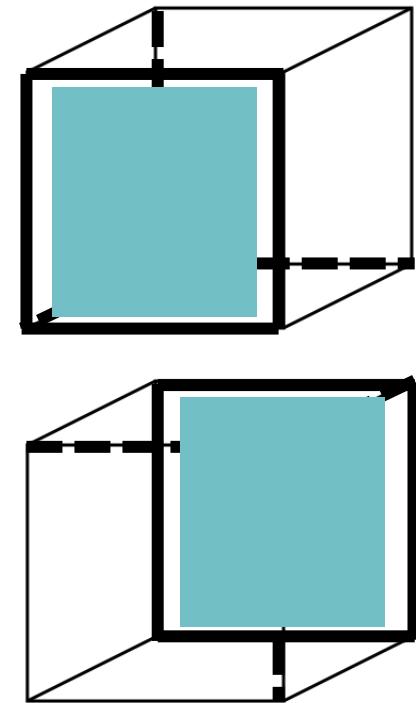
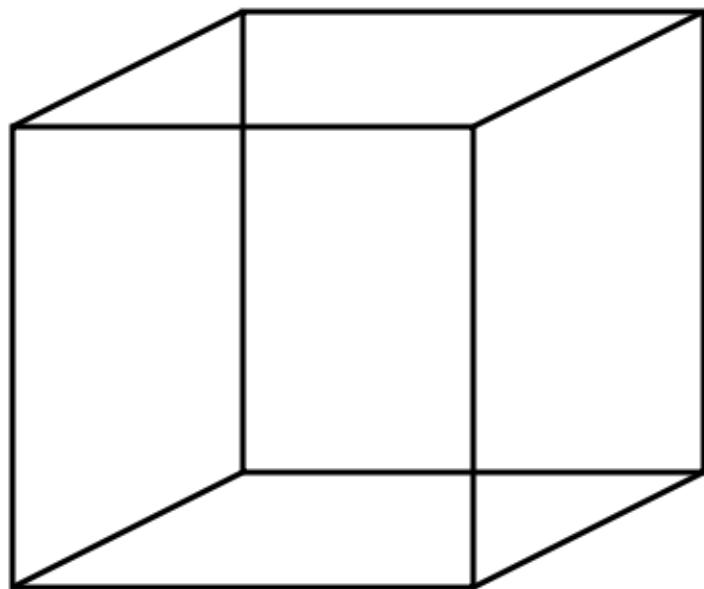
d) SI VEDONO PIU' COSE IN LUOGO DI UNA SOLA



Boring, 1930

Lo stesso oggetto nel continuo fisico dà luogo ad oggetti diversi nel continuo psicologico.

e) SI VEDE LA STESSA COSA MA DA PUNTI DI VISTA DIVERSI



Cubo di Necker

Lo stesso oggetto nel continuo fisico dà luogo a molteplicità di punti di osservazione che permettono di "vedere" parti dell'oggetto alternativamente nascoste.

f) SI VEDONO LE COSE DIVERSE DA QUELLO CHE SONO



Illusione di Zollner

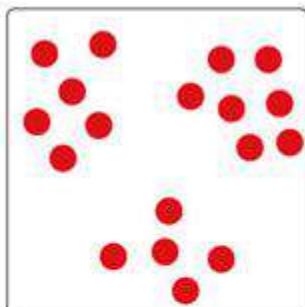
Anche oggetti semplici del continuo fisico, come figure geometriche, possono essere viste diverse nel continuo psicologico.

Prima dei cognitivisti  
SCUOLA DELLA GESTALT

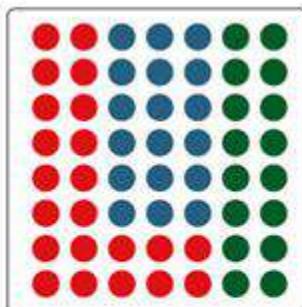
Max Wertheimer, Wolfgang Kölher e Kurt Kofka, psicologi tedeschi che emigrano negli Stati Uniti negli anni 1920-1930.

I fenomeni psicologici sono compresi meglio quando sono visti come interi piuttosto che quando sono scomposti nelle loro parti.

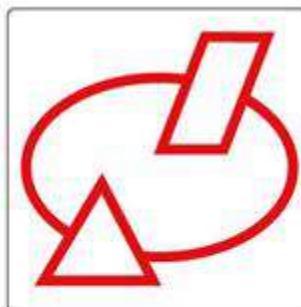
PERCEZIONE: quello che una persona vede è diverso dalla percezione dei singoli elementi



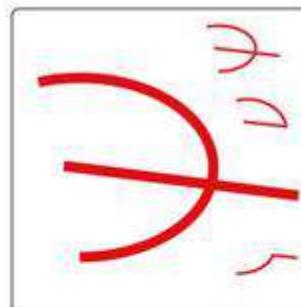
Proximity:  
Elements that are closer in space are grouped together



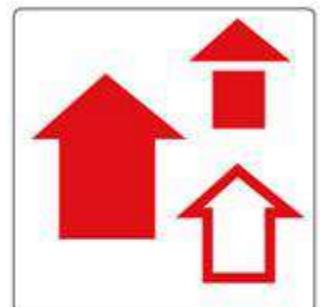
Similarity:  
Elements that are similar to each other are grouped together



Closure:  
The curved lines are seen as forming an oval behind the triangle and the square rather than as two separate curved lines



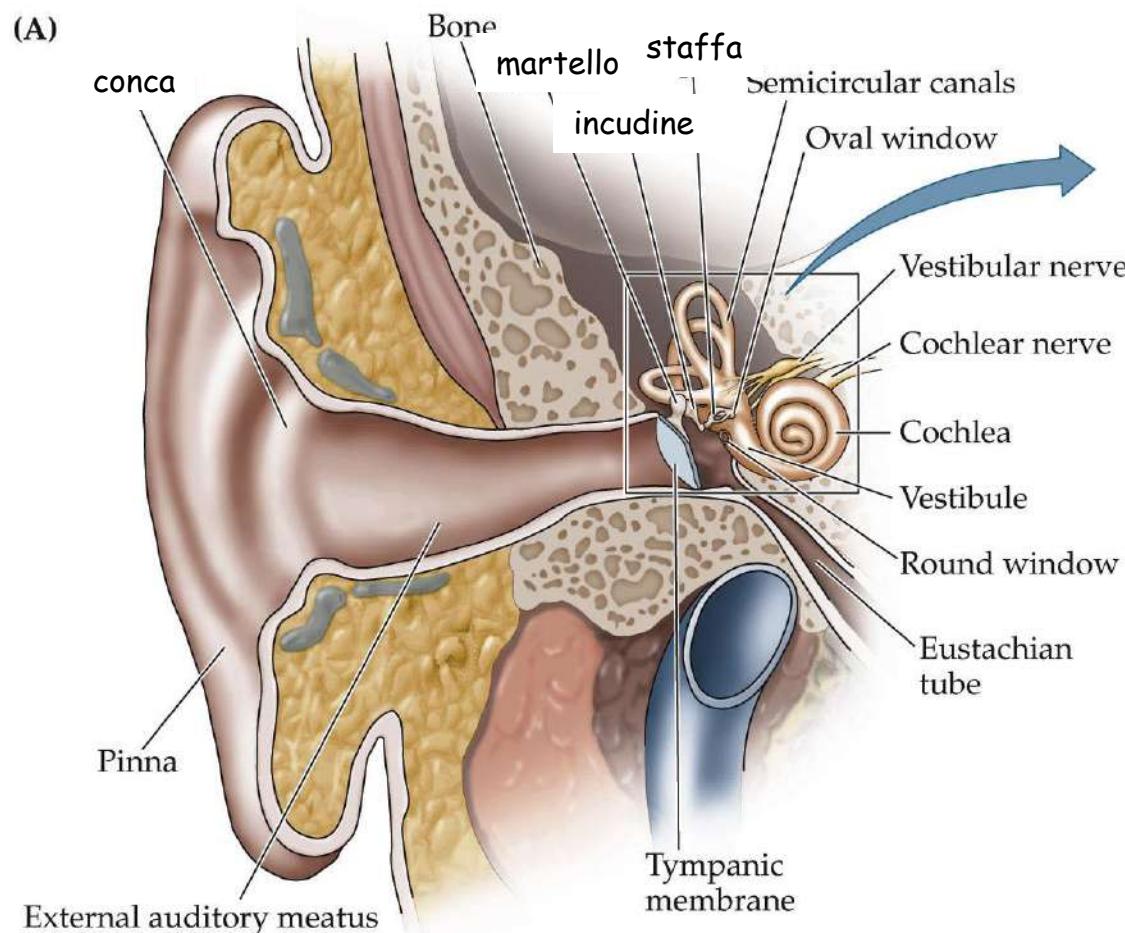
Good continuation:  
Seen as a curved line crossing a straight line rather than two broken lines touching on a corner



Good form:  
Seen as an arrow rather than as a triangle on top of a rectangle

Il sistema uditivo trasforma l'energia meccanica prodotta dal movimento delle molecole d'aria in attività neurale.

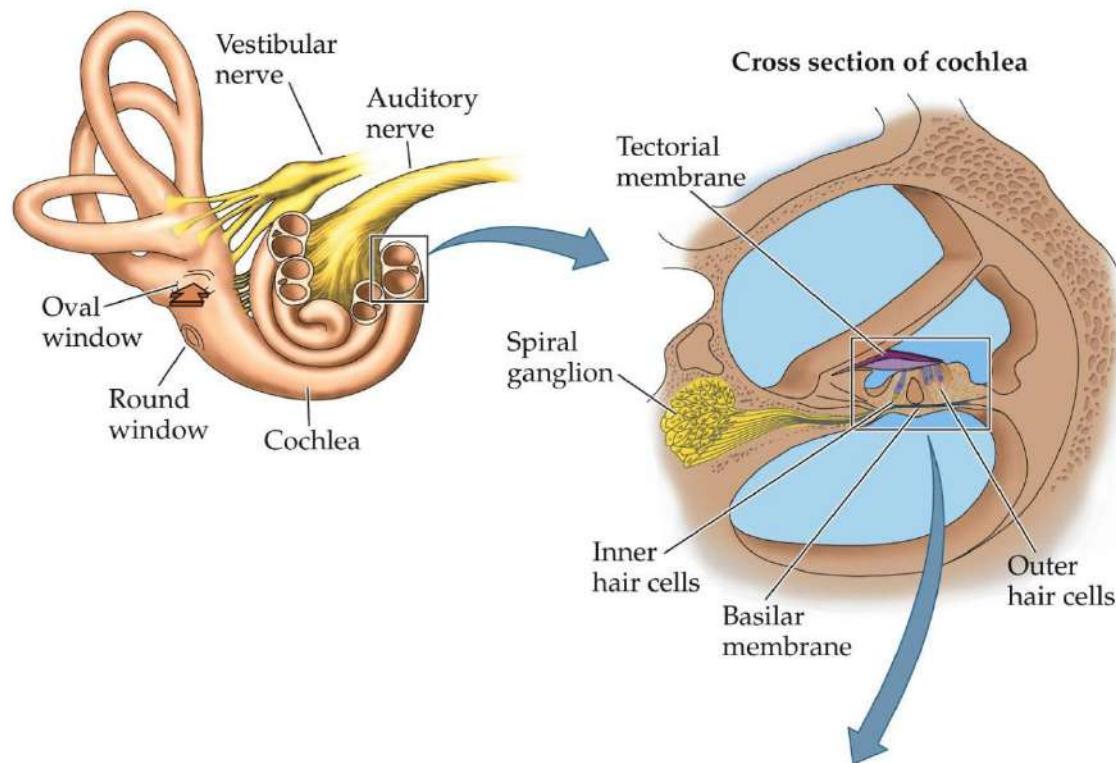
Effetti pre-neurali: orecchio esterno (conca e pinna auricolare) e l'orecchio medio (ossecini) amplificano la pressione.



La finestra ovale segna l'accesso nella coclea che ospita l'apparato dei recettori neurali dell'orecchio interno.

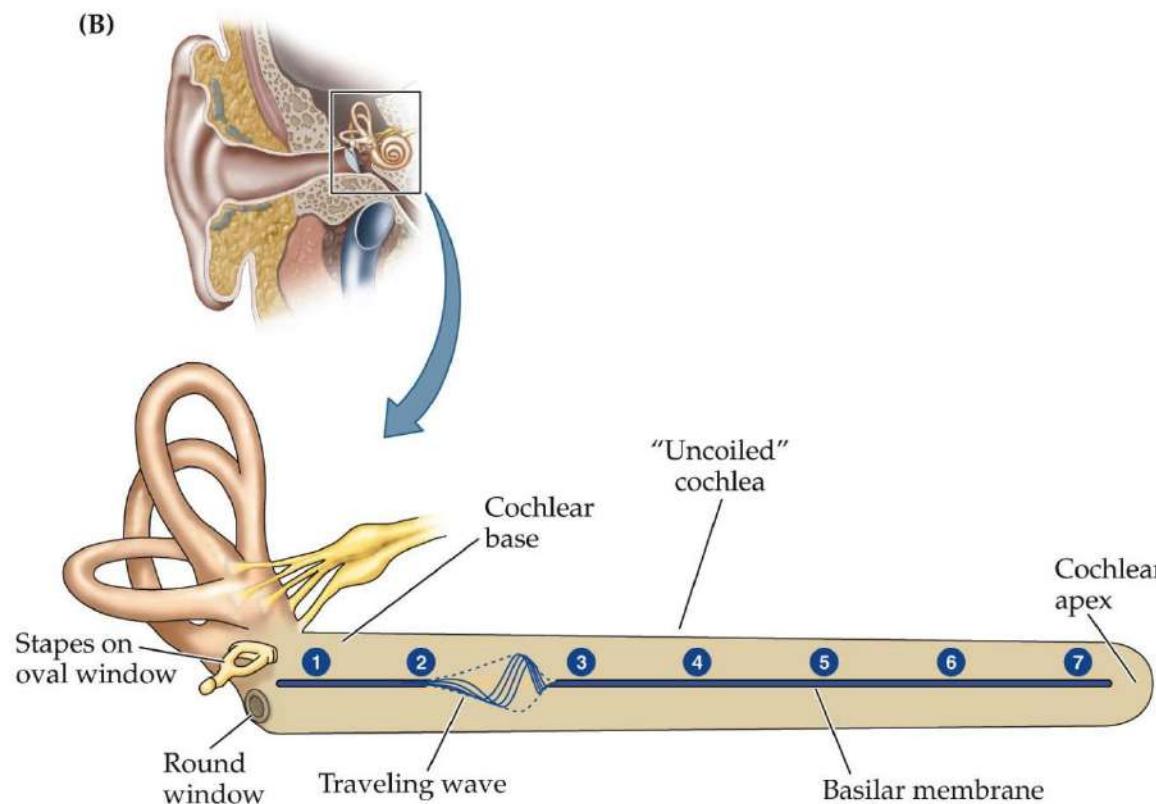
Il movimento della finestra ovale è trasmessa al fluido che si trova nell'orecchio interno che a sua volta muove le estroflessioni delle cellule ciliate (stereociglia). Tale movimento depolarizza la membrana delle cellule ciliate determinando la liberazione di molecole trasmettitorie che suscitano potenziali sinaptici.

Se raggiungono la soglia vengono generati potenziali d'azione nelle terminazioni degli assoni che formano il nervo uditivo.



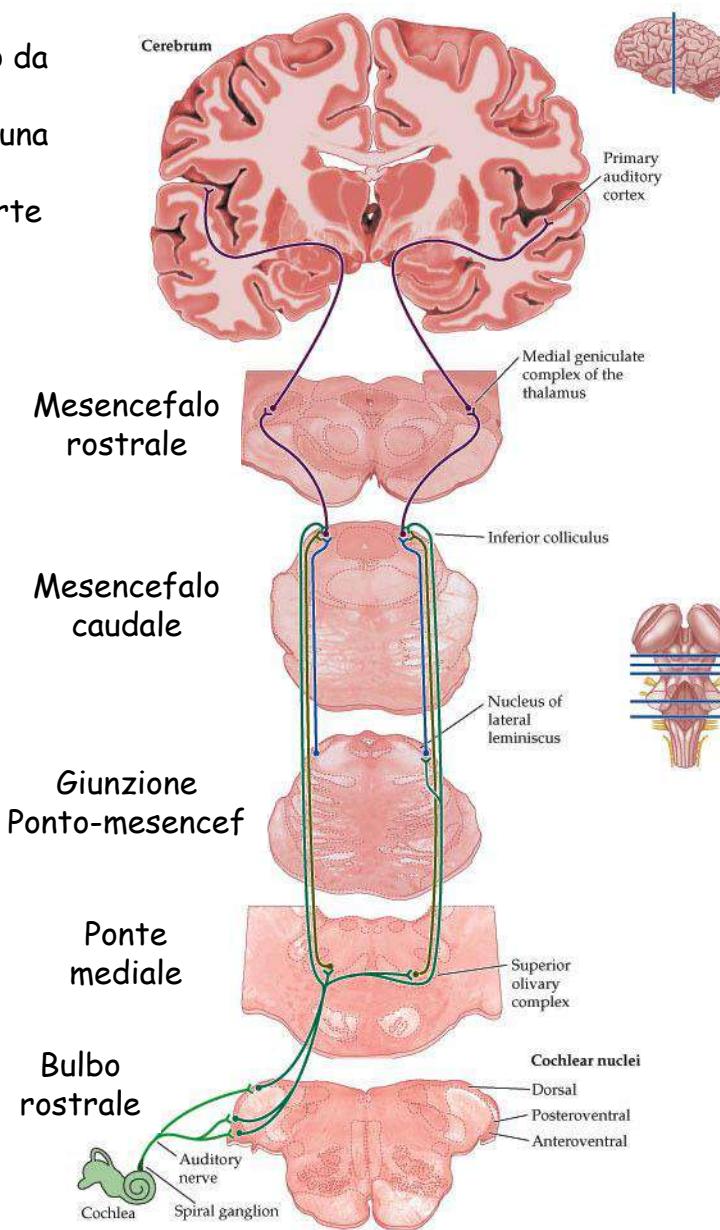
La frequenza dello stimolo è codificata dalla regione della membrana basilare che è maggiormente flessa dallo stimolo.

- 1) Regione più vicina all'orecchio medio che è attivata dalle alte frequenze
- 7) Regioni distale attivata dalle basse frequenze



## UNITA' II - 6. La percezione degli stimoli uditivi

Le informazioni che provengono da entrambe le orecchie vengono elaborate nei due emisferi con una lieve tendenza verso un'elaborazione maggiore da parte dell'emisfero controlaterale all'orecchio da cui proviene la stimolazione



**GLI STIMOLI SONORI:** eventi fisici che generano la sensazione uditiva.

Risonanza: tendenza delle corde, delle superfici tese, delle colonne d'aria chiuse nei tubi, ecc di vibrare in modo continuo.

Vibrazioni coerenti: tono

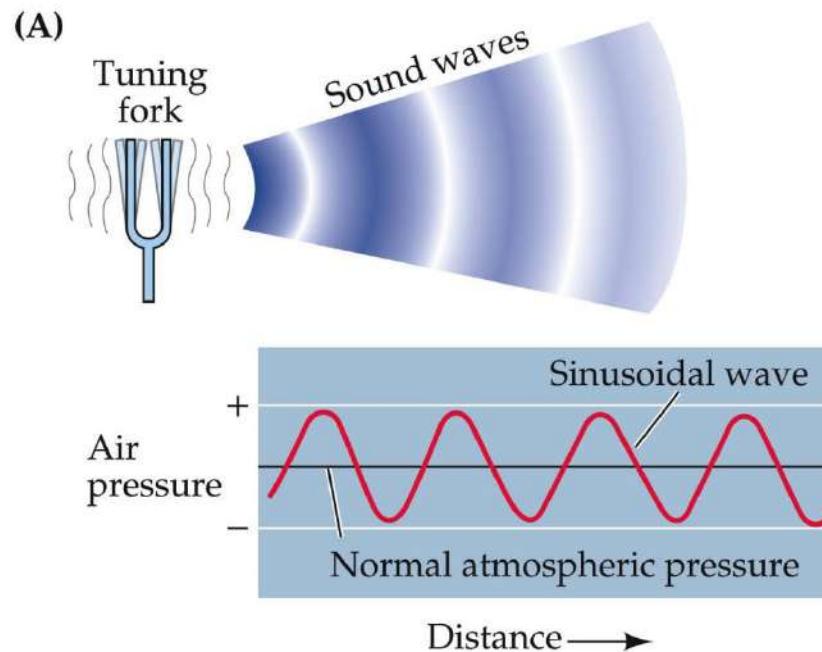
Vibrazioni incoerenti: rumore

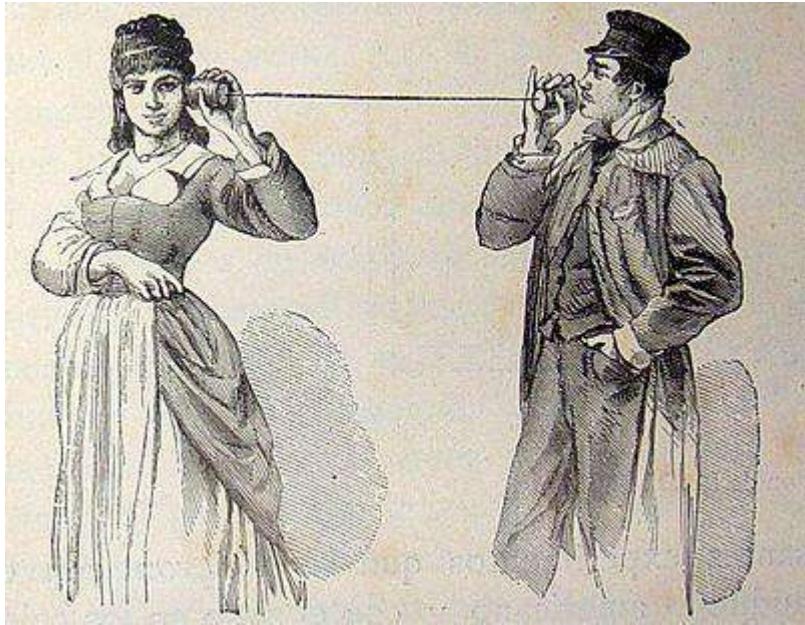
Quando gli oggetti vibrano producono una compressione e rarefazione delle molecole d'aria che genera un'onda sonora che può essere descritta da:

Forma d'onda (es. semplice, sinusoidale, complessa)

Frequenza: cicli al secondo o hertz (Hz) (frequenze udibili dall'uomo tra 20 e 20 000 Hz)

Ampiezza: espressa in decibel (dB)





**Il telefono meccanico**, conosciuto anche come **telefono a barattolo** (o bicchiere) oppure **telefono a spago** (o corda) è un dispositivo acustico (non elettrico) per trasmettere la voce a distanza costituito da due bicchieri di carta o oggetti di forma simile attaccati alle estremità da un filo o una corda tesa.

Si tratta di un telefono meccanico, dove il suono viene convertito e poi convogliato in vibrazioni lungo un mezzo liquido o solido, e poi riconvertito in suono.

**Le onde sonore vengono creati come vibrazione dell'aria** in risposta alla voce di una persona o di altri suoni. L'orecchio di una seconda persona raccoglie queste onde sonore e li converte in impulsi nervosi che il cervello interpreta come suoni. Nel linguaggio normale queste onde viaggiano attraverso l'aria, ma con telefono meccanico **le onde vengono trasmesse attraverso un mezzo supplementare fatto da lattine e corda**.

Quando la corda è tesa e qualcuno parla in una delle lattine, il suo fondo agisce come un diaframma, converte le onde sonore in vibrazioni meccaniche longitudinali che variano la tensione della corda. Queste variazioni di tensione costituiscono le onde longitudinali nella corda che viaggiano verso la seconda lattina, causando nel suo fondo una vibrazione simile alla prima e permettendo alla seconda persona di ascoltare la voce della prima persona.

Lo spago deve essere sottile e teso. Volendo comunicare anche quando tra gli interlocutori si frappone un ostacolo, occorrerà utilizzare uno o più appigli, costituiti da una vite ad occhiello sulla quale risulterà agganciato un elastico e dentro il quale verrà fatto passare il filo del telefono. All'elastico è conferito il compito di evitare perdite di vibrazioni nel punto di contatto e funge quindi da isolatore.

## LOCALIZZAZIONE DELLE FONTI SONORE

Ritardo interaurale (frequenze basse, sotto i 3kHz):

Il suono raggiunge prima un orecchio che l'altro

Differenze nell'intensità del suono (frequenze alte, sopra i 3 kHz):

L'intensità dello stimolo alle due orecchie varia in funzione della posizione della fonte (per alte frequenze la presenza della testa agisce da ostacolo)

Anche le  
**FUNZIONI COGNITIVE**  
sono state localizzate in alcune aree corticali

Applicando i paradigmi psicologici assieme alle tecniche e i metodi derivanti dalla neurobiologia, neurofarmacologia, neurologia, neurochirurgia, psichiatria: possibile trovare le relazioni tra funzioni cognitive e substrato neurale.

<p><i>Studio dei cambiamenti di comportamento quando il cervello ha subito alterazioni</i></p>	<p><i>Misurazione dell'attività cerebrale mentre vengono eseguiti compiti cognitivi</i></p>
<ul style="list-style-type: none"><li>• lesioni cerebrali (trauma cranico, ictus cerebrale)</li><li>• alterazioni elettriche (stimolazione elettrica diretta, TMS, tDCS)</li><li>• alterazioni farmacologiche</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• tecniche di visualizzazione (fMRI, PET)</li><li>• tecniche elettrofisiologiche (registrazione di singoli neuroni, EEG, potenziali evocati)</li></ul>

## Studio dei cambiamenti di comportamento quando il cervello ha subito alterazioni

<p><b>Studio dei cambiamenti di comportamento quando il cervello ha subito alterazioni</b></p>	<p>Misurazione dell'attività cerebrale mentre vengono eseguiti compiti cognitivi</p>
<ul style="list-style-type: none"><li>• lesioni cerebrali (trauma cranico, ictus cerebrale, lesioni negli animali)</li><li>• alterazioni elettriche (stimolazione elettrica diretta, <b>TMS</b>, tDCS)</li><li>• alterazioni farmacologiche</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• tecniche di visualizzazione (fMRI, PET)</li><li>• tecniche elettrofisiologiche (registrazione di singoli neuroni, EEG, potenziali evocati)</li></ul>

- Broca, 1861: il linguaggio non è generato unitariamente dal cervello ma dipende da parti ben definite di esso



Paziente "Tan"

Deficit specifico di produzione del linguaggio: ad ogni domanda risponde con lo stereotipo "tan-tan"

Lesione specifica alla base della terza circonvoluzione frontale di sinistra

"a cavity with a capacity for holding a chicken's egg"

## Nell'animale:

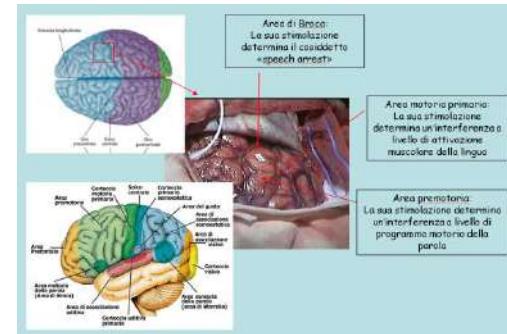
Stimolazione durante l'esecuzione di compiti cognitivi

- Può aumentare l'attività di quella regione
- Può inibire l'attività di quella regione (lesione transitoria)



## Nell'uomo:

- Epilessia non trattabile farmacologicamente (per individuare il focus epilettico da rimuovere)
- Tumori cerebrali



## Stimolazione Magnetica Transcranica

ZAPPING del cervello umano



Stimolazione Magnetica Transcranica

o

TMS (Transcranial Magnetic Stimulation)

## Cosa è?

Tecnica neurofisiologica non-invasiva e indolore che permette di stimolare specifiche aree cerebrali.

Si basa sull'applicazione di un campo magnetico transiente sullo scalpo mediante uno stimolatore (coil).

Il tessuto neurale sottostante il coil è soggetto ad un flusso di corrente che provoca la depolarizzazione neuronale.

Studio dei cambiamenti di comportamento quando il cervello ha subito alterazioni

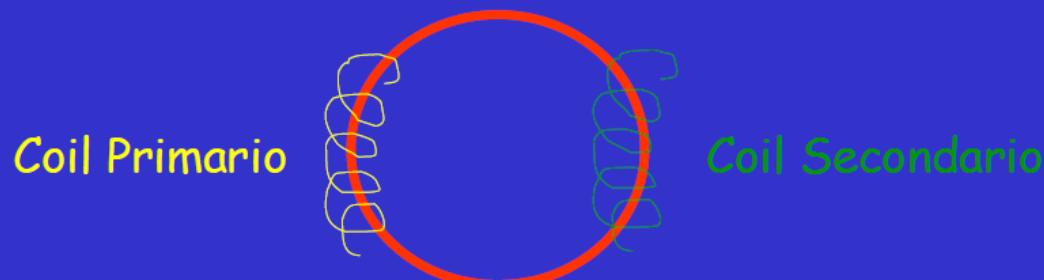
- lesioni cerebrali (trauma cranico, ictus cerebrale)
- alterazioni elettriche (stimolazione elettrica diretta, TMS, tDCS)
- alterazioni farmacologiche

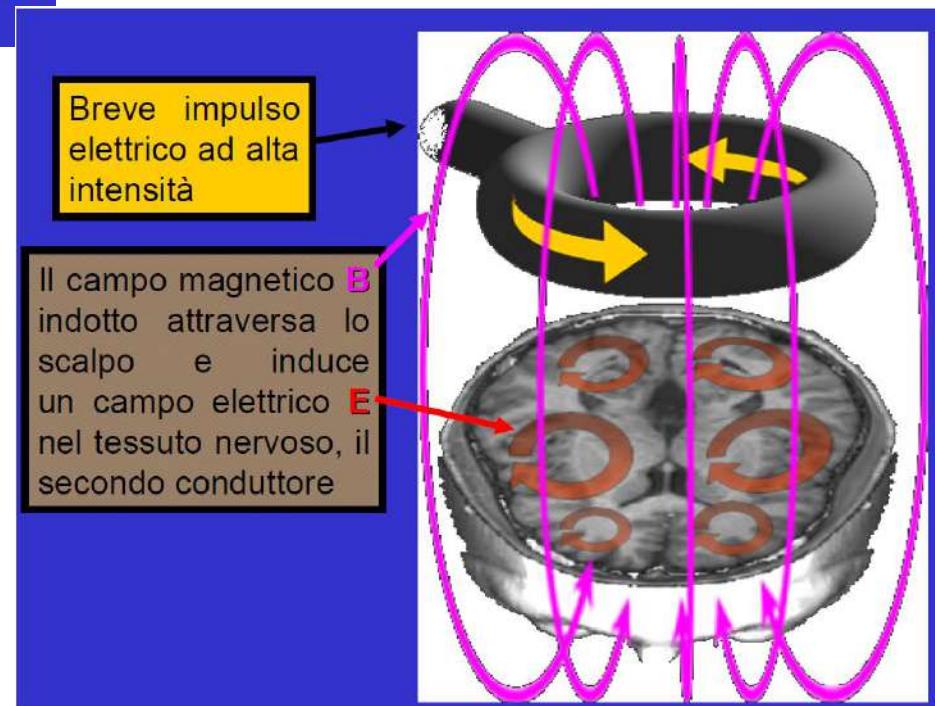
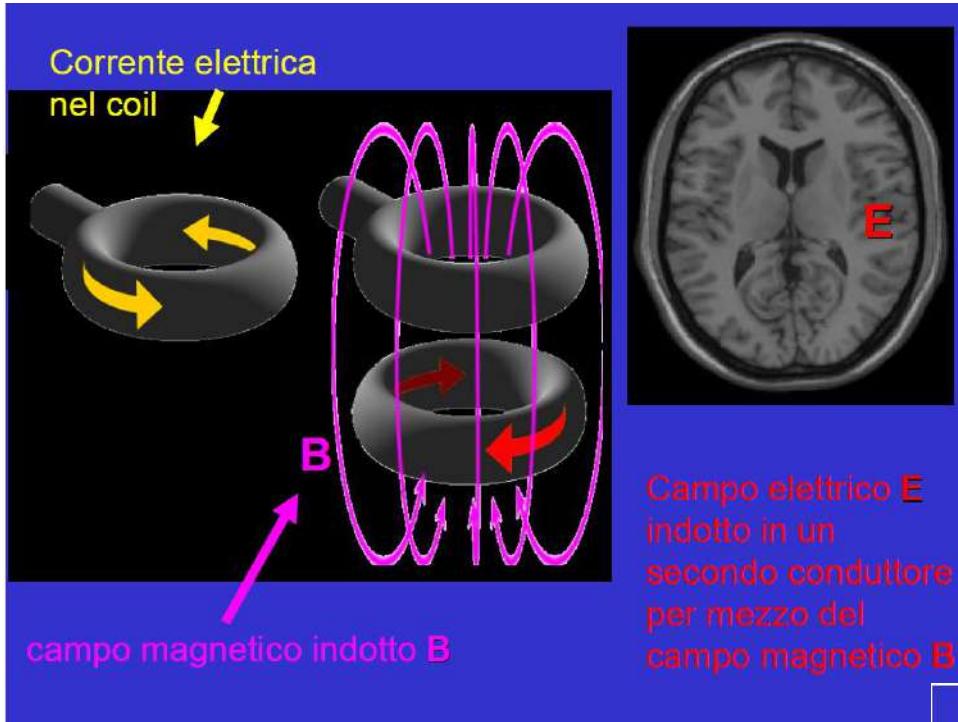
Misurazione dell'attività cerebrale mentre vengono eseguiti compiti cognitivi

- tecniche di visualizzazione (fMRI, PET)
- tecniche elettrofisiologiche (registrazione di singoli neuroni, EEG, potenziali evocati)

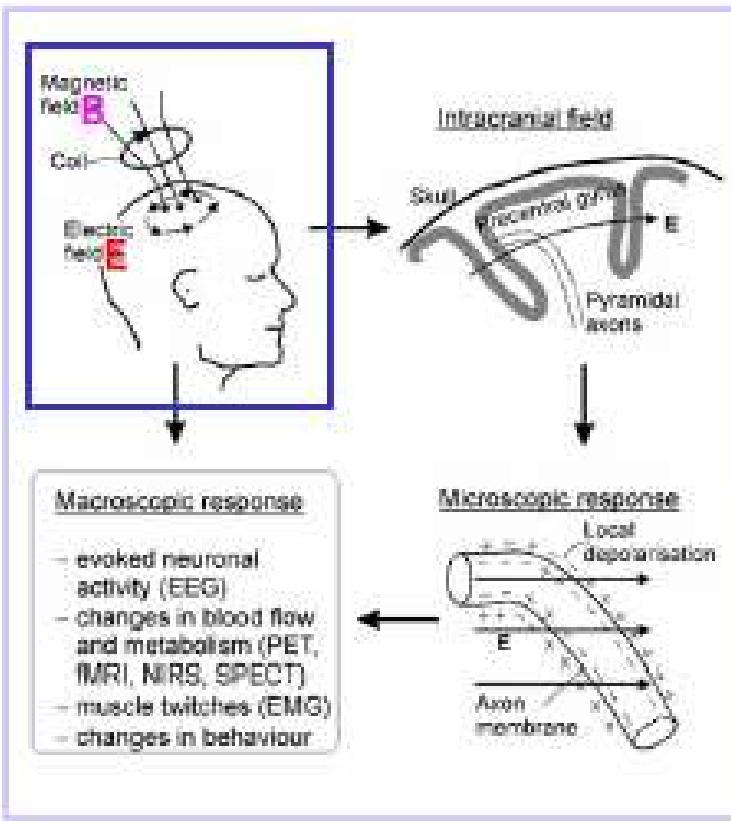
## Principio di induzione elettromagnetica di Faraday:

Faraday scoprì che avvolgendo due spire di filo sui lati opposti di un anello di ferro e facendo scorrere della corrente elettrica in una delle due spire, definita coil primario, era possibile registrare un breve flusso di corrente anche nell'altra spira, definita coil secondario.



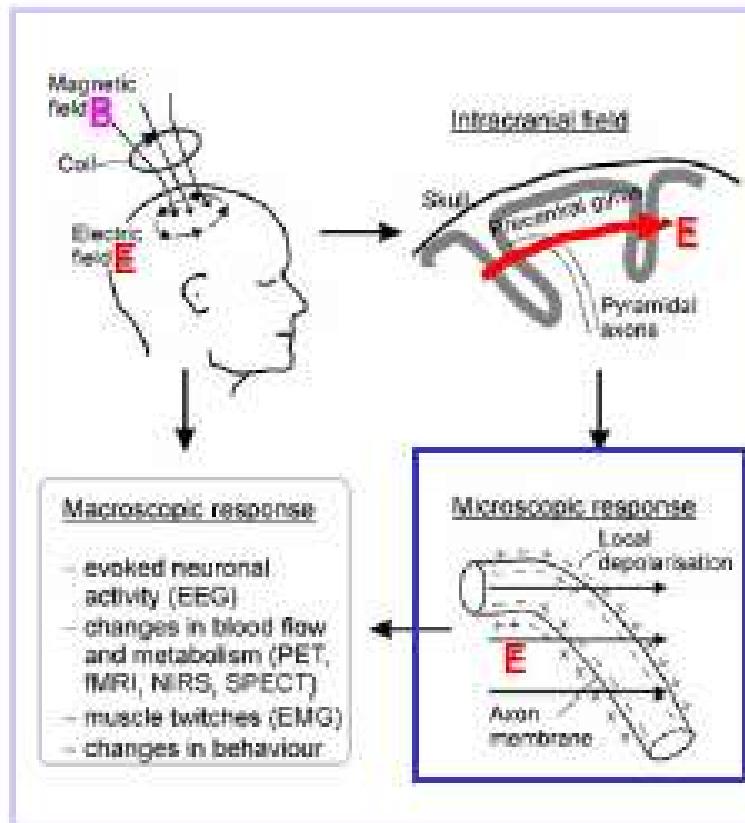


# Principi di TMS



La corrente nel coil genera un campo magnetico **B** con linee di flusso che corrono perpendicolarmente al piano del coil. Lo scalpo ha bassa impedenza al passaggio di **B**, che si propaga facilmente nel cervello dove induce un campo elettrico **E**

# Principi di TMS



Il campo elettrico **E** influenza il potenziale di membrana che può portare ad un potenziale d'azione.

La probabilità che un neurone si depolarizzi in risposta ad un impulso TMS dipende da:

- 1) stato del potenziale di membrana;
- 2) orientamento del neurone rispetto alla corrente indotta;
- 3) tipo di neurone.

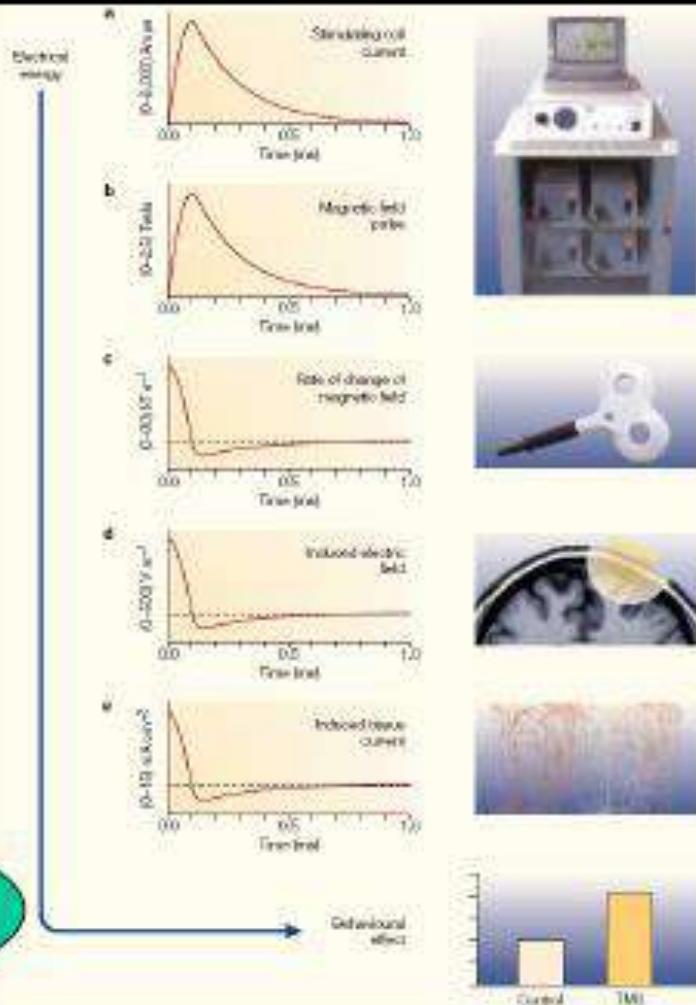
Impulso  
elettrico

Campo  
magnetico

Campo elettrico  
indotto

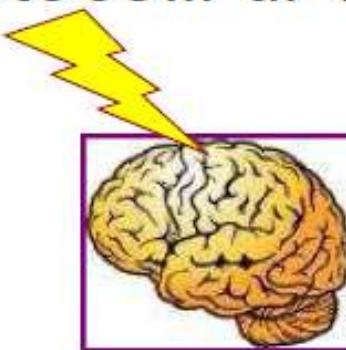
Corrente indotta nel  
tessuto nervoso

Effetti sul  
comportamento

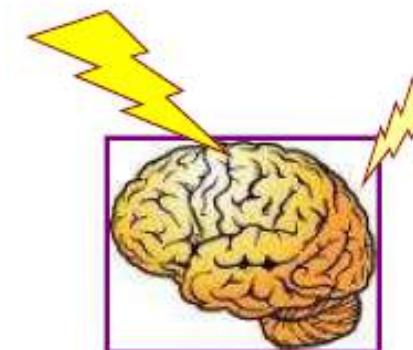


## Protocolli di TMS

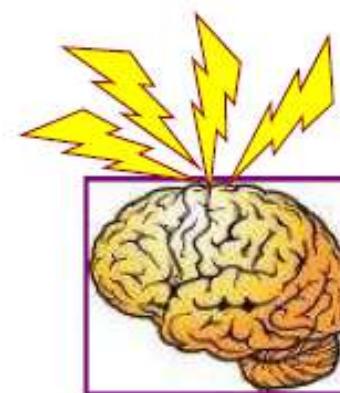
- Singolo impulso

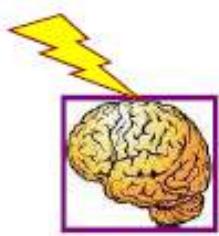


- Doppio impulso



- TMS ripetitiva (rTMS)





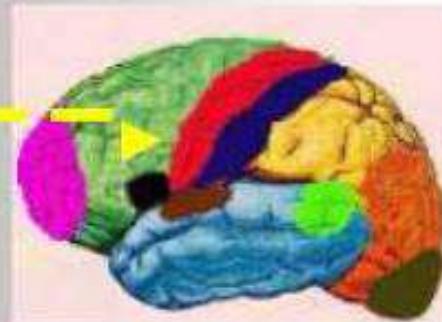
## TMS ad impulso SINGOLO

**IN COSA CONSISTE:** viene inviato un singolo impulso all'area che si intende stimolare

**COME FUNZIONA:** interferisce con l'attività dei neuroni sottostanti

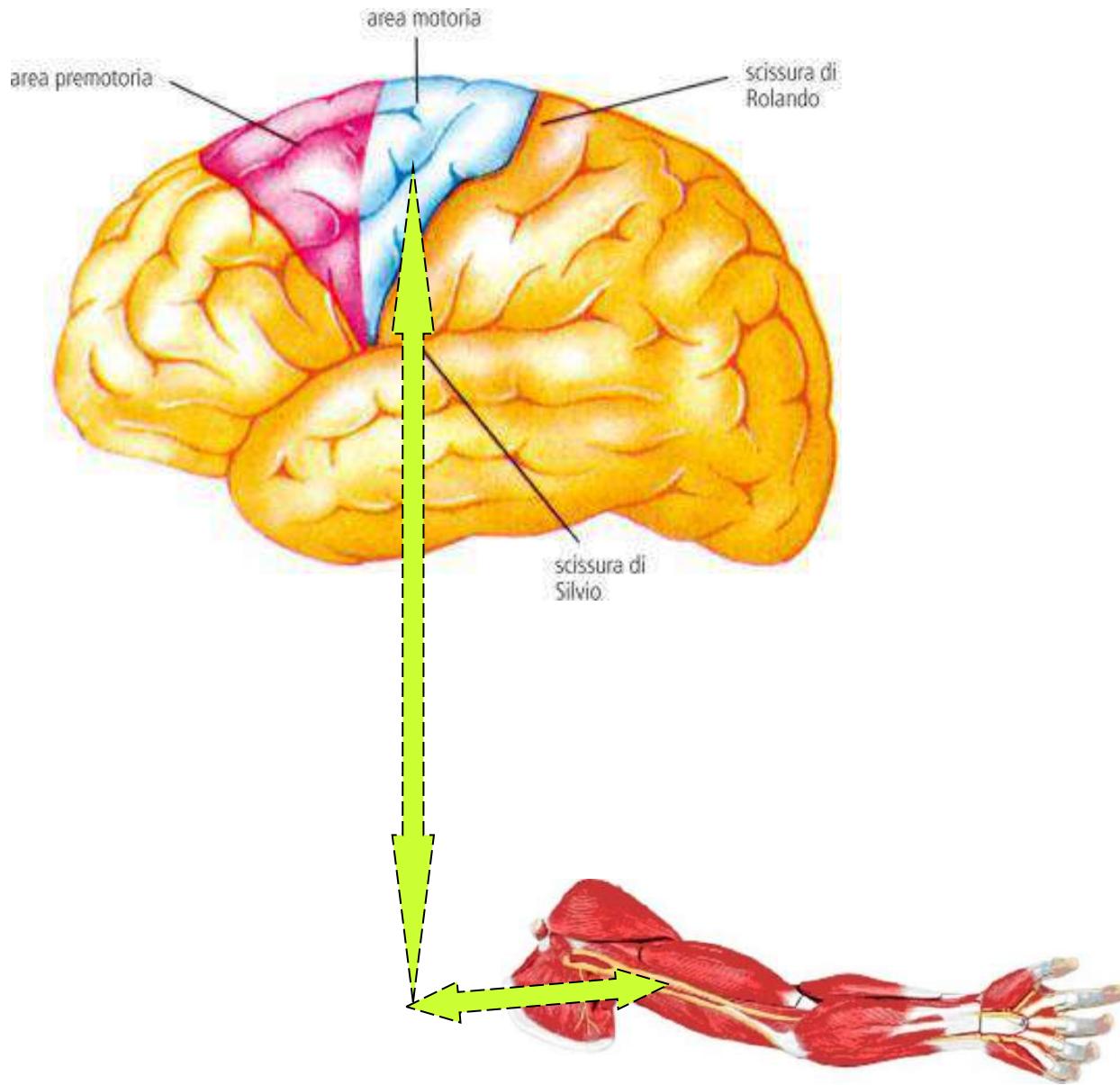
**CHE EFFETTI HA:** la sollecitazione dell'attività dei neuroni genera una risposta da parte di quell'area (es: potenziale evocato motorio)

## TMS sulla corteccia motoria primaria

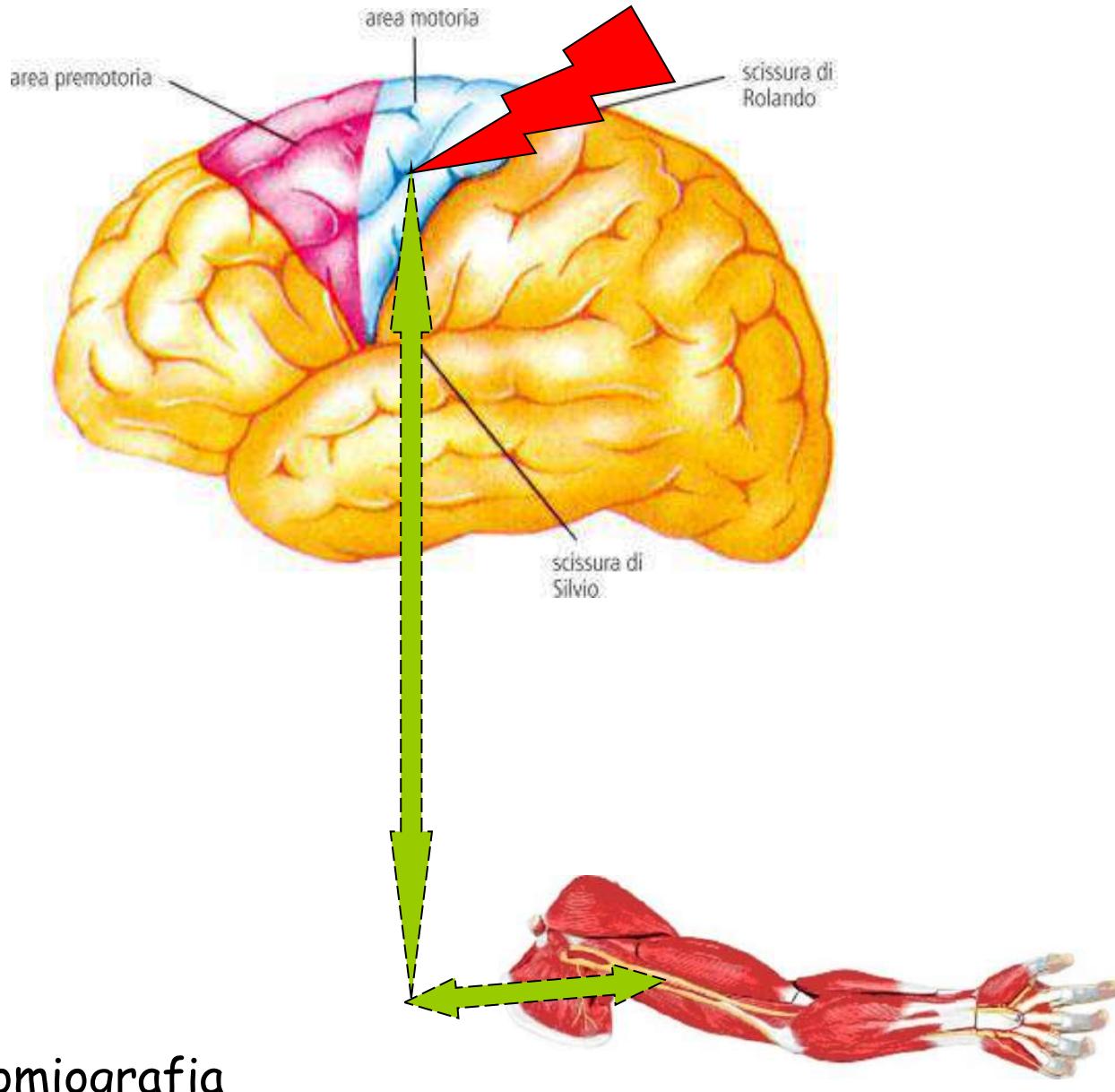


- Produce contrazioni involontarie dei muscoli controlaterali
- L'ampiezza delle contrazioni può essere misurata, ed utilizzata per ricostruire una mappa dell'eccitabilità del sistema motorio durante compiti motori e cognitivi
- Ad intensità maggiori, la TMS della corteccia motoria può causare ritardi misurabili nei tempi di reazione del soggetto

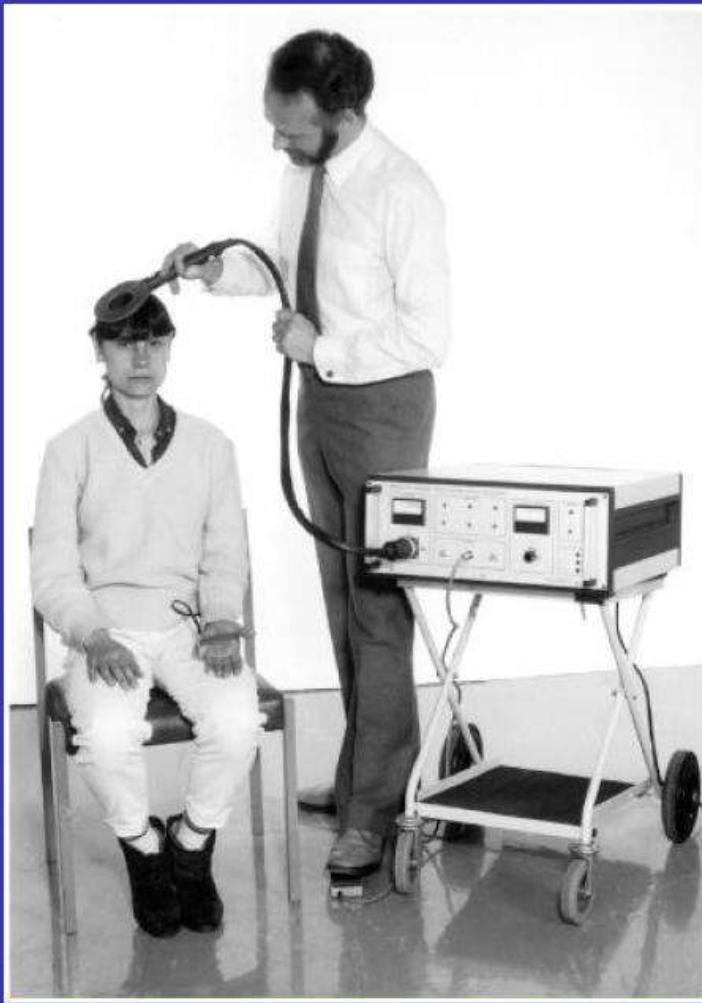
TMS



TMS



Elettromiografia



Barker (1984)

Stimolazione magnetica  
della corteccia motoria  
primaria:

---

campo magnetico  
intenso (1-3 Tesla) e  
molto breve (100-200 $\mu$ s)

evoca movimenti  
delle dita

## Di cosa si ha bisogno:

1. TMS

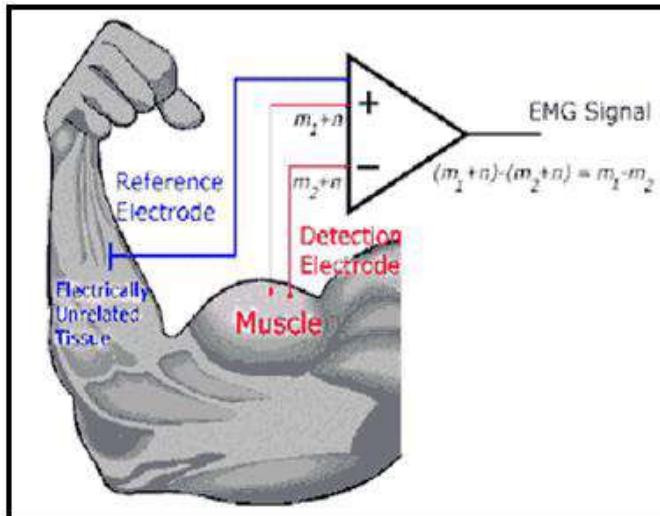
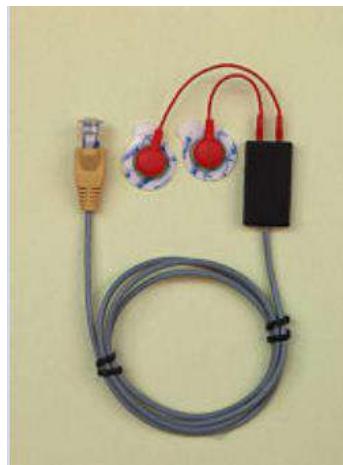
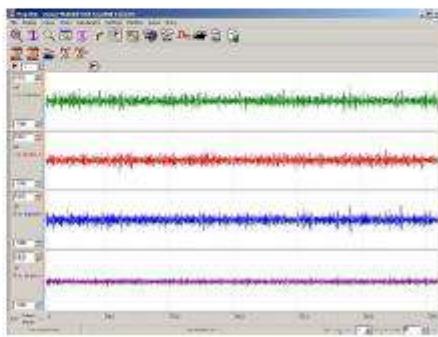


2. EMG

# EMG

Elettromiografo:

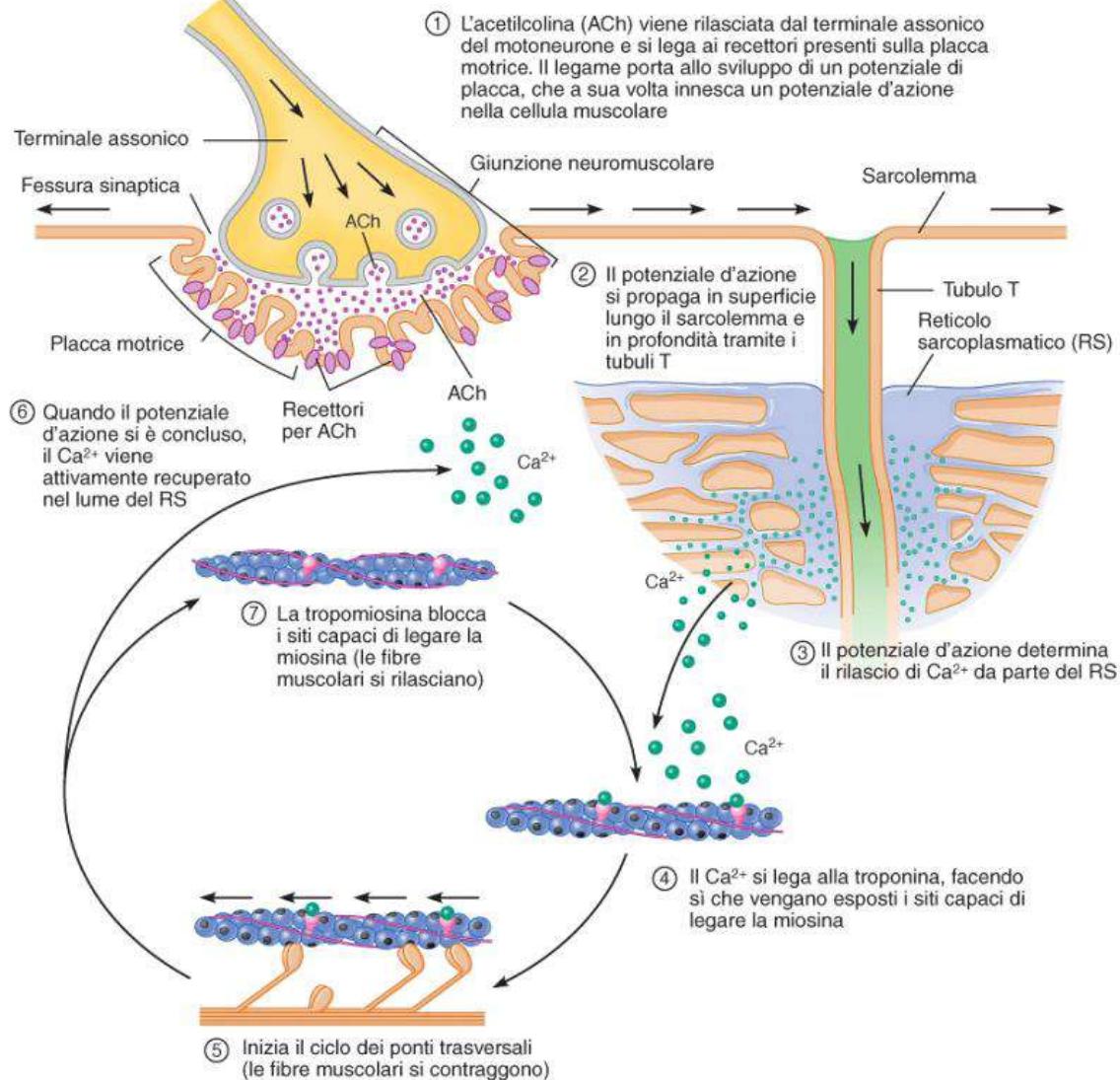
Apparecchio che permette la registrazione dell'attività elettrica muscolare.



# EMG

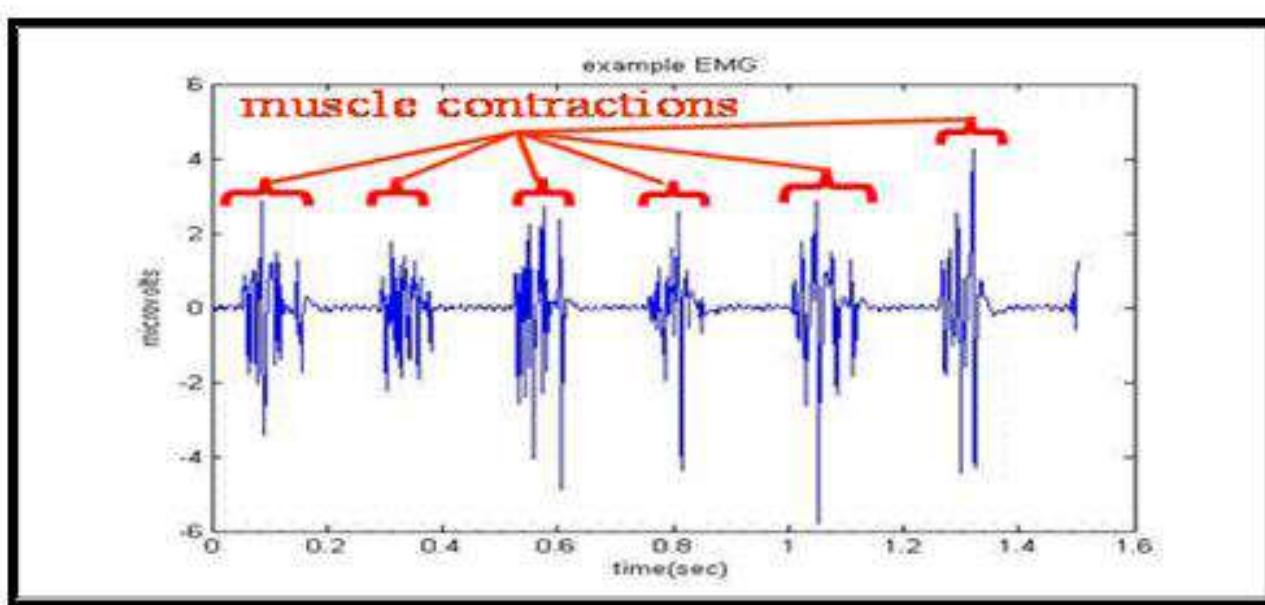
- Misura i potenziali elettrici che si formano in un muscolo durante la sua contrazione.
- Questi potenziali sono causati dalla depolarizzazione delle fibre muscolari in risposta all'arrivo di un impulso elettrico alla sinapsi neuromuscolare (punto di contatto tra la terminazione di un nervo periferico e la membrana di una fibra muscolare).
- Nel caso di elettrodi di inserzione (ad ago), i singoli potenziali rispecchiano l'attività di una singola unità motoria (tutte le fibre muscolari collegate a una terminazione nervosa)
- Nel caso di elettrodi di superficie (a disco, o coppetta), i potenziali riflettono l'attività un gruppo di unità motorie.

**Accoppiamento eccitazione-contrazione**  
 quando una cellula muscolare riceve uno stimolo da un motoneurone, la cellula si depolarizza generando un potenziale d'azione che a sua volta scatena la contrazione

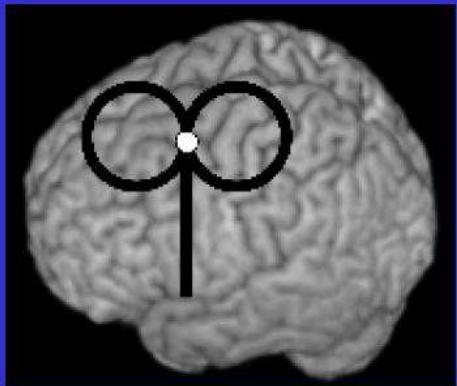


**FIGURA 12.8 Successione degli eventi nell'accoppiamento eccitamento-contrazione.**

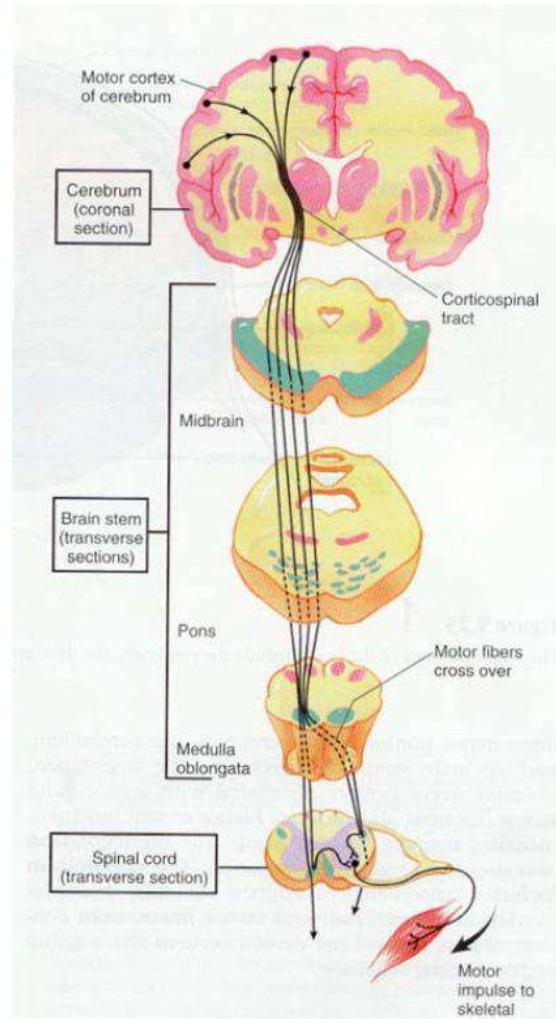
L'avvio e il mantenimento della contrazione nella fibra muscolare scheletrica sono dovuti all'arrivo di potenziali d'azione nella terminazione assonica del motoneurone. Una volta che non arrivano più potenziali d'azione e il calcio viene trasportato nuovamente all'interno del reticolo sarcoplasmatico, lo stato di contrazione si interrompe e la fibra muscolare si rilascia.



## Attività evocata



Coil posto su  
corteccia motoria  
primaria

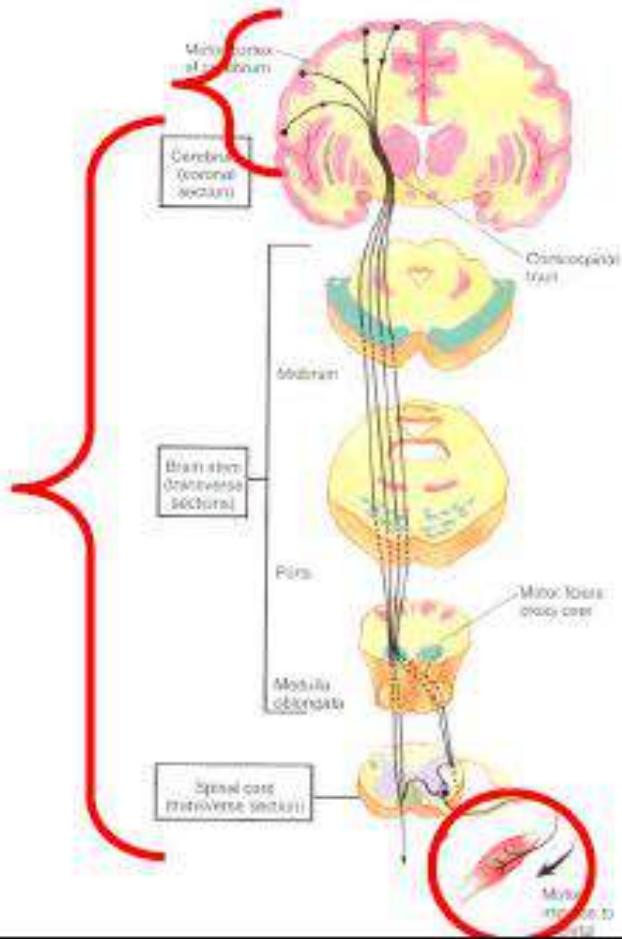


## Attività evocata

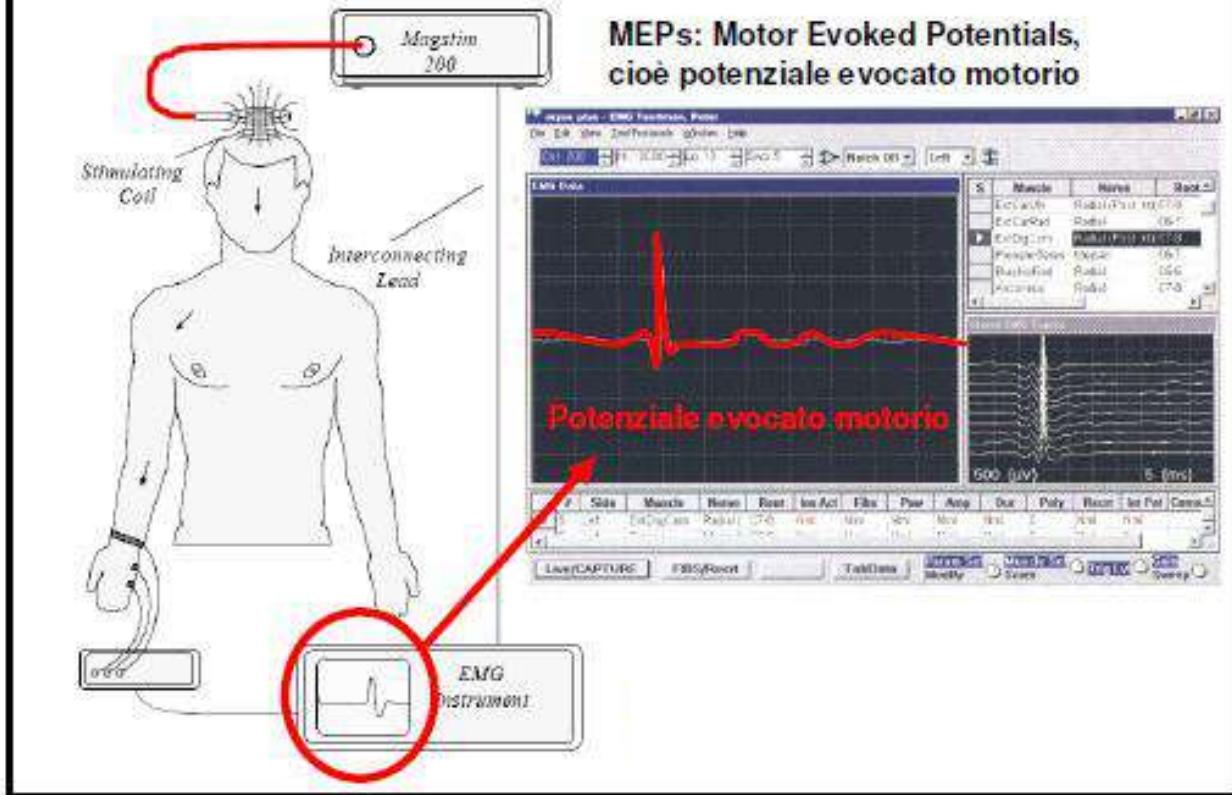
- Depolarizzazione di neuroni motori



- Attivazione tratto corticospinale (per via trans-sinaptica)
- Twitches muscolari (risposta EMG)



## attività EMG evocata da TMS: MEPs



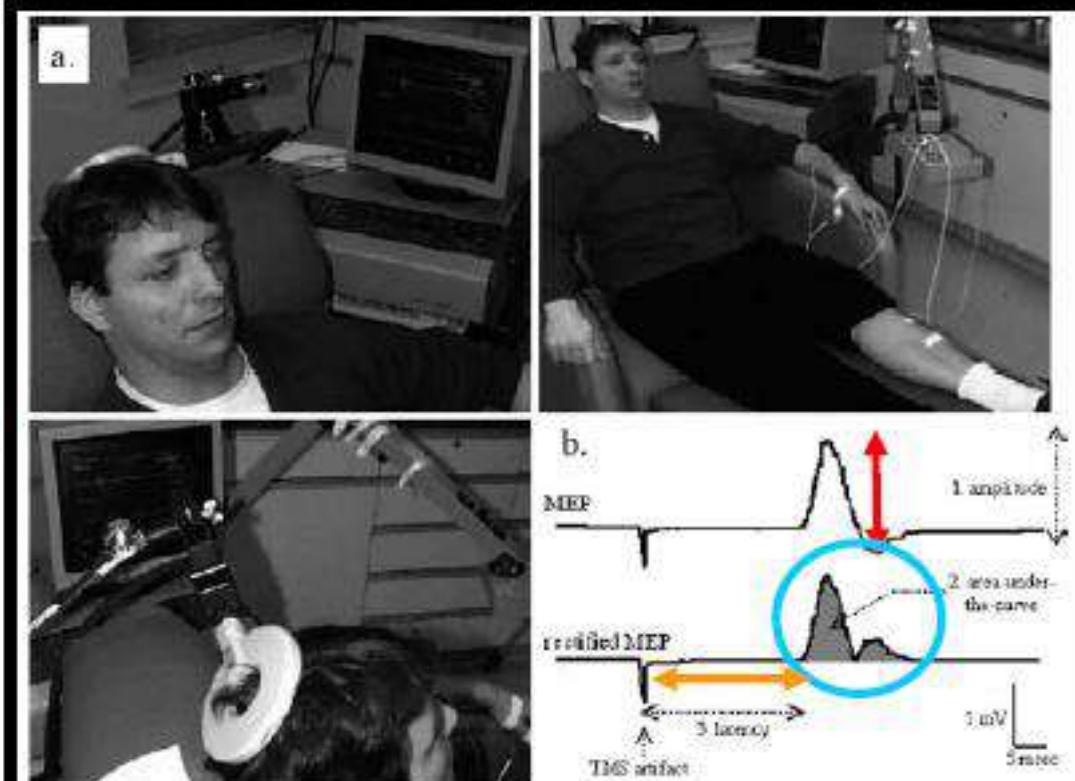
# attività EMG evocata da TMS: MEPs

Cosa si misura?

Aampiezza

Area

Latenza



## Approccio Correlazionale

Monitorare lo stato funzionale del  
sistema motorio cortico-spinale...



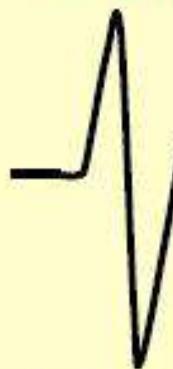
Eccitabilità cortico-spinale

Permettono di sondare lo stato funzionale (eccitabilità, cioè suscettibilità ad essere eccitato) del sistema motorio corticospinale. Interessanti sia per la clinica sia per la ricerca.

Se in seguito ad una manipolazione sperimentale il MEP.....



...aumenta in ampiezza...

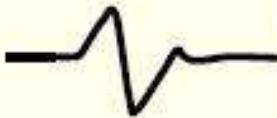


Ciò è indice di un aumento di eccitabilità della rappresentazione corticospinale del muscolo dal quale il MEP è registrato

Sistema corticospinale facilitato



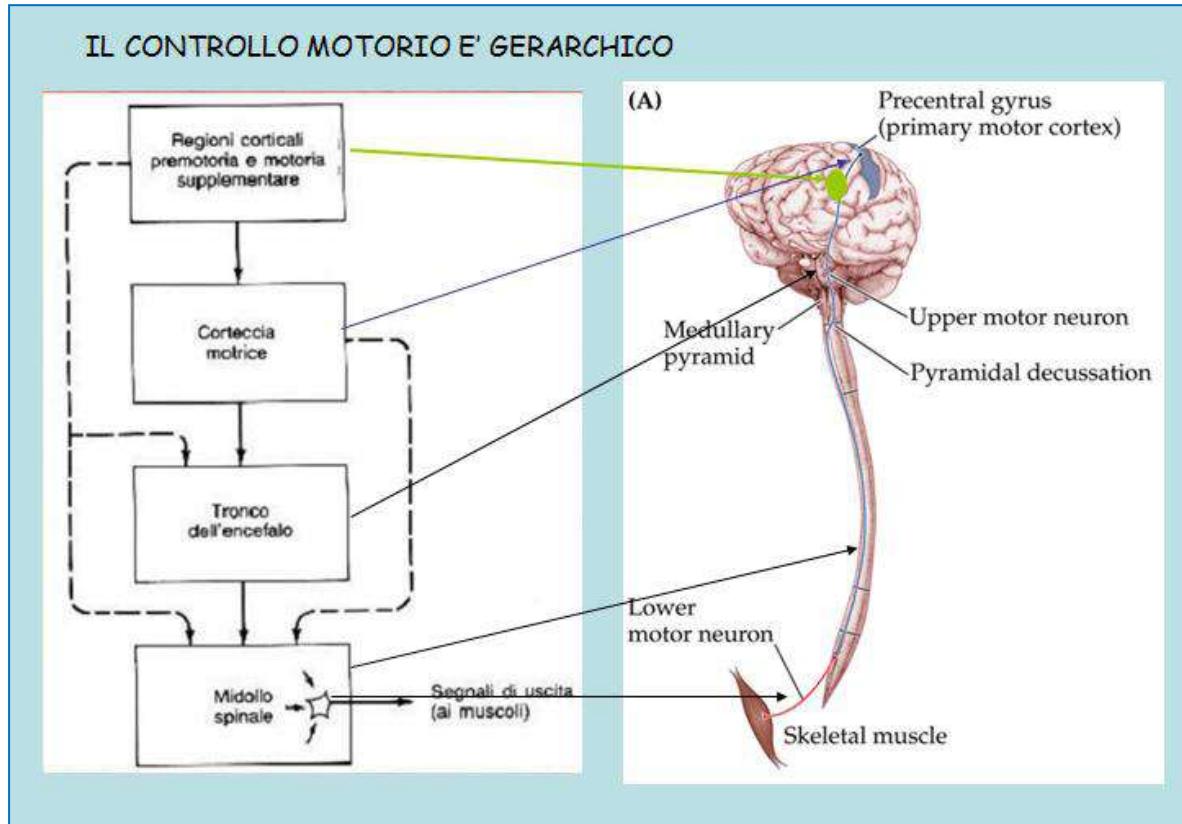
...si riduce in ampiezza...



Significa che si riduce l'eccitabilità della rappresentazione corticospinale del muscolo

Sistema corticospinale inibito

# COSA PUO' DETERMINARE UN AUMENTO DI ECCITABILITA'?

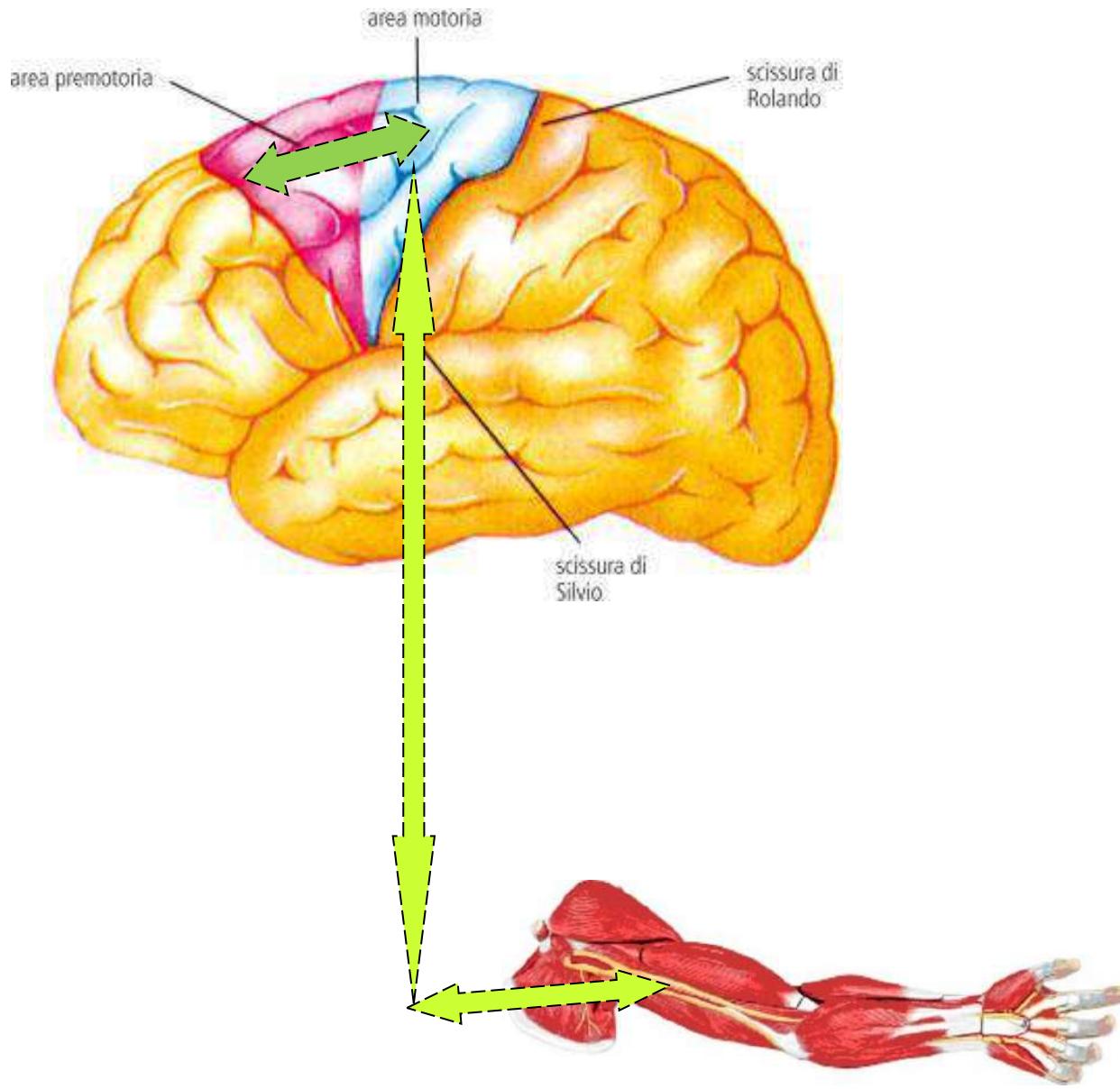


SE LA CORTECCIA PREMOTORIA E' ATTIVA,  
ESSA INVIA SEGNALI ECCITATORI ALLA CORTECCIA MOTORIA PRIMARIA

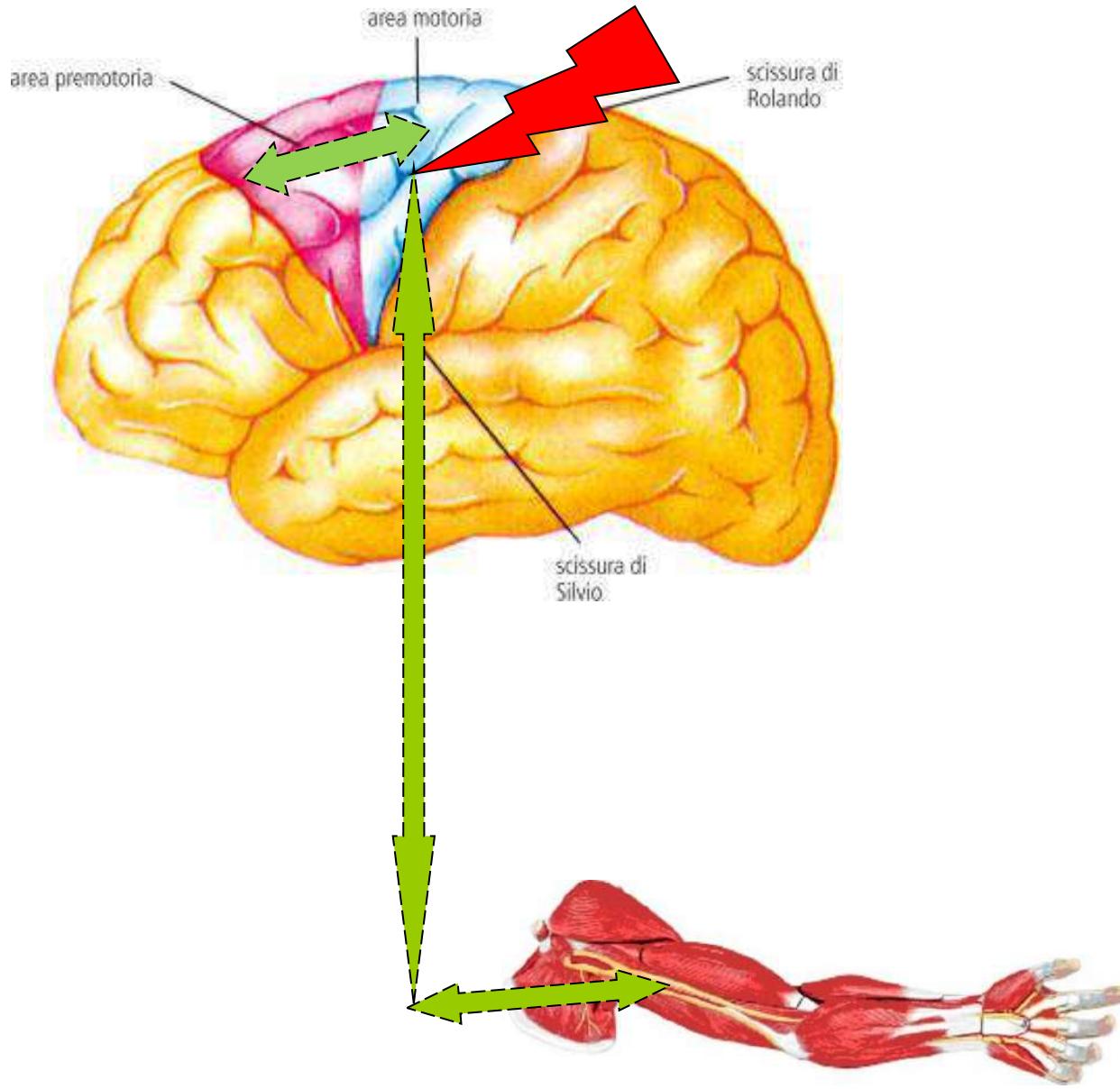
SI PUO' UTILIZZARE LA TMS SULLA CORTECCIA MOTORIA PRIMARIA  
PER VERIFICARE SE LA CORTECCIA PREMOTORIA E' ATTIVA,  
E STA INVIANDO SEGNALI ECCITATORI  
ALLA CORTECCIA MOTORIA PRIMARIA

AD ESEMPIO:  
IMMAGINARE DI ESEGUIRE UN MOVIMENTO RICHIEDE IL COINVOLGIMENTO  
DEL SISTEMA MOTORIO?

TMS



TMS





PERGAMON

NEUROPSYCHOLOGIA

Neuropsychologia 37 (1999) 147-158

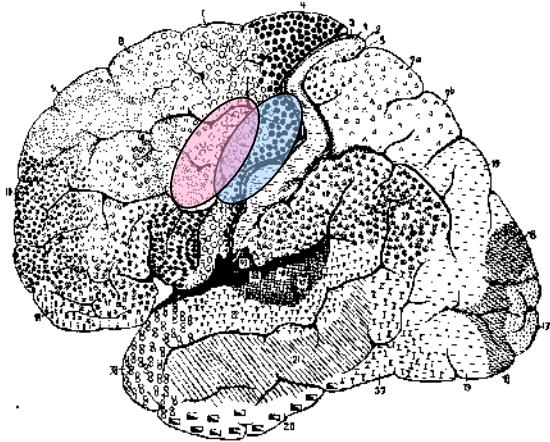
## Corticospinal excitability is specifically modulated by motor imagery: a magnetic stimulation study

Luciano Fadiga<sup>a,\*</sup>, Giovanni Buccino,<sup>a</sup> Laila Craighero<sup>a</sup>, Leonardo Fogassi,<sup>a</sup> Vittorio Gallese<sup>a</sup>, Giovanni Pavesi<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Istituto di Fisiologia Umana, Università di Parma, 43100 Parma, Italy

<sup>b</sup> Istituto di Clinica Neurologica, Università di Parma, 43100 Parma, Italy

# Immaginazione motoria



**Quando immaginiamo di eseguire un movimento  
utilizziamo le stesse aree  
utilizzate durante l'esecuzione di quel movimento**

**Quando immaginiamo di eseguire un movimento  
si attivano gli stessi muscoli  
che utilizziamo durante l'esecuzione di quel movimento**

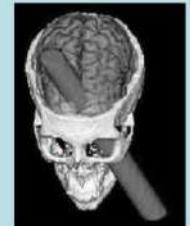
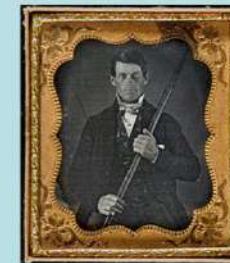
**MA  
SOTTOSOGLIA**

**(i neuroni della corteccia motoria sono depolarizzati ma non raggiungono la soglia)**

**Grazie all'azione inibitoria dei lobi frontali**

#### **Phineas Gage**

Operaio statunitense addetto alla costruzione di ferrovie, noto per un incidente capitogli nel 1848: sopravvisse alla ferita infertagli da un'asta di metallo che gli trapassò il cranio.



Miracolosamente sopravvissuto all'incidente, già dopo pochi minuti Gage era di nuovo cosciente e in grado di parlare. Dopo tre settimane poteva già rialzarsi dal letto e uscire di casa in maniera del tutto autonoma. La sua personalità però aveva subito radicali trasformazioni, al punto che gli amici non lo riconoscevano, in quanto divenuto intrattabile, in preda ad alti e bassi, e incline alla blasfemia. Visse altri 12 anni dopo l'incidente.

L'incidente ha determinato un cambiamento della sua capacità di fare previsioni sulla base dei dati acquisiti, rendendolo incapace di valutare i rischi delle sue azioni.

Research Reports

## The timing of mentally represented actions

Jean Decety, Marc Jeannerod and Claude Prablanc

*Laboratoire de Neuropsychologie Expérimentale, INSERM U.94, Bron (France)*

### Esperimento 1

Confronto tra il tempo impiegato dai soggetti per raggiungere dei bersagli posti a diverse distanze camminando bendati ed immaginando di camminare.

**Il tempo impiegato per raggiungere i diversi bersagli camminando ed immaginando di camminare è approssimativamente lo stesso.**

In entrambe le condizioni il tempo aumenta con l'aumentare della distanza.

### Esperimento 2

**Stessi due compiti (esecuzione e immaginazione) mentre i soggetti raggiungevano i diversi bersagli portando un peso di 25 kg sulle spalle.**

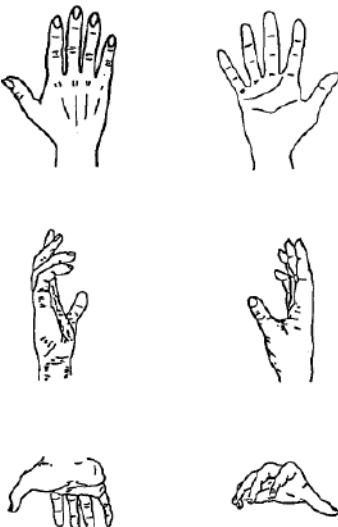
Il tempo di esecuzione è comparabile con quello ottenuto nel primo esperimento, mentre il tempo di immaginazione è aumentato di circa il 30%.

Una possibile spiegazione di questo risultato è che i soggetti durante l'esecuzione abbiano pianificato una forza maggiore per superare la resistenza prodotta dal peso e questo avrebbe permesso loro di mantenere la stessa velocità durante il cammino effettivo. Durante la condizione di immaginazione invece l'aumento della forza programmata per vincere il peso viene interpretata in un aumento della durata del cammino.

# Temporal and Kinematic Properties of Motor Behavior Reflected in Mentally Simulated Action

Lawrence M. Parsons

Related perceptual, motor, and cognitive performances were examined to reveal the accuracy of the properties of action spontaneously represented when mentally simulating moving one's hand. The kinematic configuration of the body represented and transformed in mental simulations was not fixed or canonical but corresponded to one's current configuration. Mental simulation time mimicked movement time for natural efficient movement from a posture midway between each of the hand's joint limits into many other postures. Equal time was required for simulated and real movements into more common, comfortable postures; shorter but proportional time was required for simulated movement than real movement into less common postures that involved longer trajectories, coordinated activity at more joints, motion near extremes of joint limits, and uncomfortable kinesthetic sensations. The findings suggest that sensorimotor structures support mental simulations of actions.



*Figure 1.* Stimuli portraying a right hand at the 0° picture plane orientation. Clockwise from top left: back in picture plane, palm in picture plane, side from thumb, palm from fingers, palm from wrist, and side from little finger.



*Figure 2.* Each right hand stimulus view at lateral orientations (the upper elliptical series), at medial postures (the lower elliptical series), and the endpoint postures of  $0^\circ$  and  $180^\circ$  orientations, which are neither medial nor lateral.

Il tempo impiegato per valutare se l'immagine di una mano ruotata rappresenta una mano destra o sinistra, è correlato all'angolo di rotazione dell'immagine.

Il tempo impiegato per immaginare la rotazione della mano è maggiore nel caso in cui la mano mostrata è in una posizione difficile dal punto di vista biomeccanico rispetto al tempo di immaginazione necessario quando la mano mostrata è in una posizione biomeccanicamente facile.

Inoltre, il tempo utilizzato dai soggetti per immaginare e per effettuare realmente la rotazione della mano è simile.

Questo dimostra che l'immaginazione di un compito motorio rispetta i limiti biomeccanici del movimento reale. Non si tratta, quindi, di una semplice immaginazione visiva ma è necessario «sentire» il movimento del segmento corporeo coinvolto, in questo caso la propria mano, o in generale dell'intero corpo.

# The Influence of Hand Posture on Corticospinal Excitability during Motor Imagery: A Transcranial Magnetic Stimulation Study

C.D. Vargas<sup>1,2</sup>, E. Olivier<sup>1,3</sup>, L. Craighero<sup>4</sup>, L. Fadiga<sup>4</sup>, J.R. Duhamel<sup>1</sup> and A. Sirigu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Cognitive Sciences, UMR 5015, 67 Boulevard Pinel, 69675, Bron Cedex, France, <sup>2</sup>Laboratory of Neurobiology, Institute of Biophysics Carlos Chagas Filho, Federal University of Rio de Janeiro, CCS Bl G, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, Brazil 21 949-900, <sup>3</sup>Neurophysiology Laboratory, Catholic University of Louvain, Avenue Hippocrate 54, 1200 Brussels, Belgium and <sup>4</sup>Department of Biomedical Sciences, Section of Human Physiology, Faculty of Medicine, University of Ferrara, via Fossato di Mortara 17/19, 44100 Ferrara, Italy

Immaginare di opporre il pollice al mignolo tenendo la mano nella postura A o B.

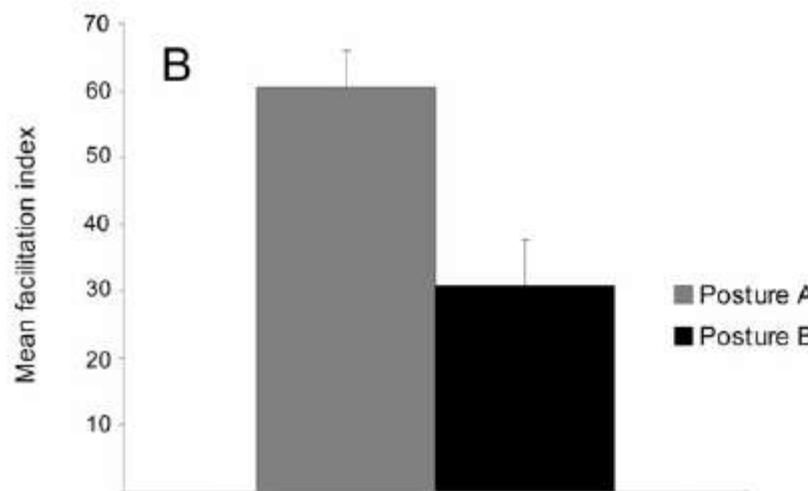


Figure 2.

(B) Mean (and SE) of the facilitation index computed from motor evoked potentials (MEP) for postures A and B.

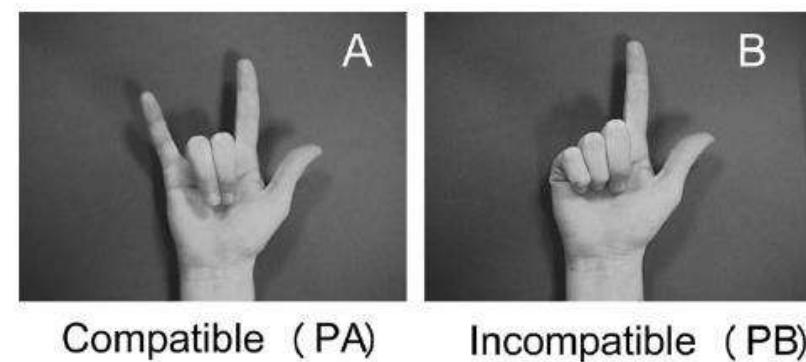


Figure 1. The task (joining the tips of the thumb and the little finger) was performed while keeping either posture A (PA, compatible) or posture B (PB, incompatible).

L'eccitabilità corticospinale è maggiore quando la postura della mano è compatibile con il movimento che si deve immaginare

# L'IMMAGINAZIONE MOTORIA PUÒ DETERMINARE UN AUMENTO DI FORZA?

frontiers in  
HUMAN NEUROSCIENCE

ORIGINAL RESEARCH ARTICLE  
published: 26 September 2013  
doi: 10.3389/fnhum.2013.00561

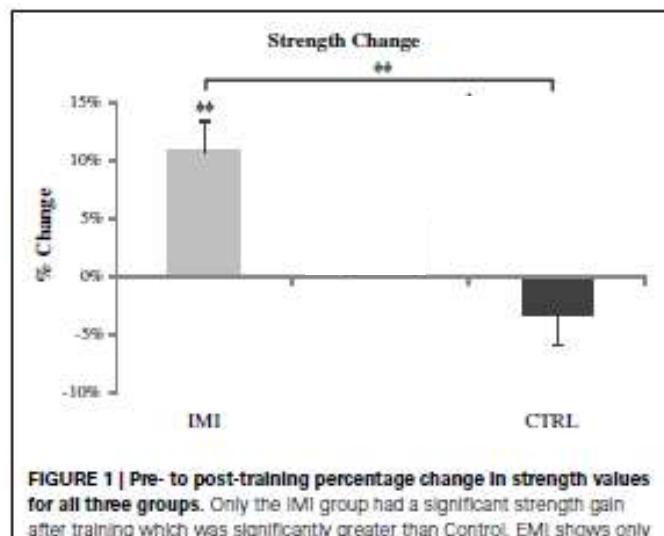


## Kinesthetic imagery training of forceful muscle contractions increases brain signal and muscle strength

Wan X. Yao<sup>1†</sup>, Vinoth K. Ranganathan<sup>2,3†</sup>, Didier Allexandre<sup>4</sup>, Vlodek Siemionow<sup>2,3</sup> and Guang H. Yue<sup>2,3,4\*</sup>

Immaginazione motoria: immaginare di spingere il polso verso l'alto con forza contro una resistenza.

Durata: 6 settimane, 15 minuti al giorno, 5 giorni alla settimana





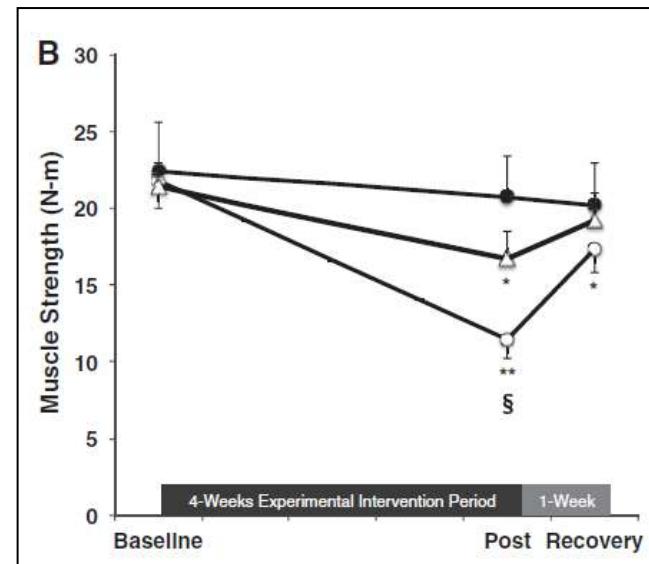
E' possibile allenare un arto immobilizzato?

## The power of the mind: the cortex as a critical determinant of muscle strength/weakness

Brian C. Clark,<sup>1,2,3</sup> Niladri K. Mahato,<sup>1</sup> Masato Nakazawa,<sup>1,4</sup> Timothy D. Law,<sup>1,5</sup> and James S. Thomas<sup>1,2,6</sup>

Soggetti sani che sono stati immobilizzati per 4 settimane divisi in due gruppi:

- Gruppo A: immobilizzato, non fa niente (cerchi bianchi)
- Gruppo B: immobilizzato, per cinque giorni alla settimana esegue immaginazione motoria di forti contrazioni del polso guidato da istruzioni verbali dello sperimentatore («immagina di spingere con il polso un'impugnatura...spingi, spingi, spingi, ...rilassa») (triangoli bianchi)
- Gruppo C: non immobilizzato (cerchi neri)
- Viene misurata la forza prima, subito dopo aver tolto il gesso e una settimana dopo averlo tolto.



LA REGOLARE ATTIVAZIONE DELLE REGIONI CORTICALI MOTORIE GRAZIE ALL'IMMAGINAZIONE MOTORIA ATTENUA LA DIMINUZIONE DI FORZA DETERMINATA DALLA MANCANZA DI USO

**Per una persona qualunque può essere irrilevante,  
ma per un atleta che deve ricominciare l'attivita' al più presto  
può essere determinante!**

# E' possibile trasformare il pensiero in azione?

**BrainGate** *Turning Thought into Action*

ABOUT US | CLINICAL TRIALS | RESEARCH TEAM | AFFILIATED SITES | PUBLICATIONS | JOIN OUR TEAM | NEWS | 



A team of physicians, scientists, and engineers working together to study the brain and develop neurotechnologies for people with neurologic disease, injury, or limb loss.



Communication  
Prosthetics  
Sensors  
BrainGate System  
Neuroscience  
Neurology

Restoring communication, mobility, and independence

E' possibile trasformare il pensiero in azione?

<https://www.youtube.com/watch?v=ogBX18maUiM>

La corteccia motoria funziona bene ma è disconnessa dai muscoli a causa di lesioni

E' possibile allenare un arto paretico?

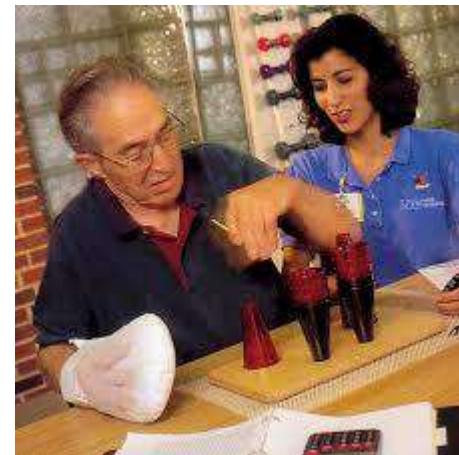
Constraint-induced movement therapy (CIMT)



<https://youtu.be/MMTh2hWvB2g>

# E' possibile allenare un arto paretico?

## Constraint-induced movement therapy (CIMT)



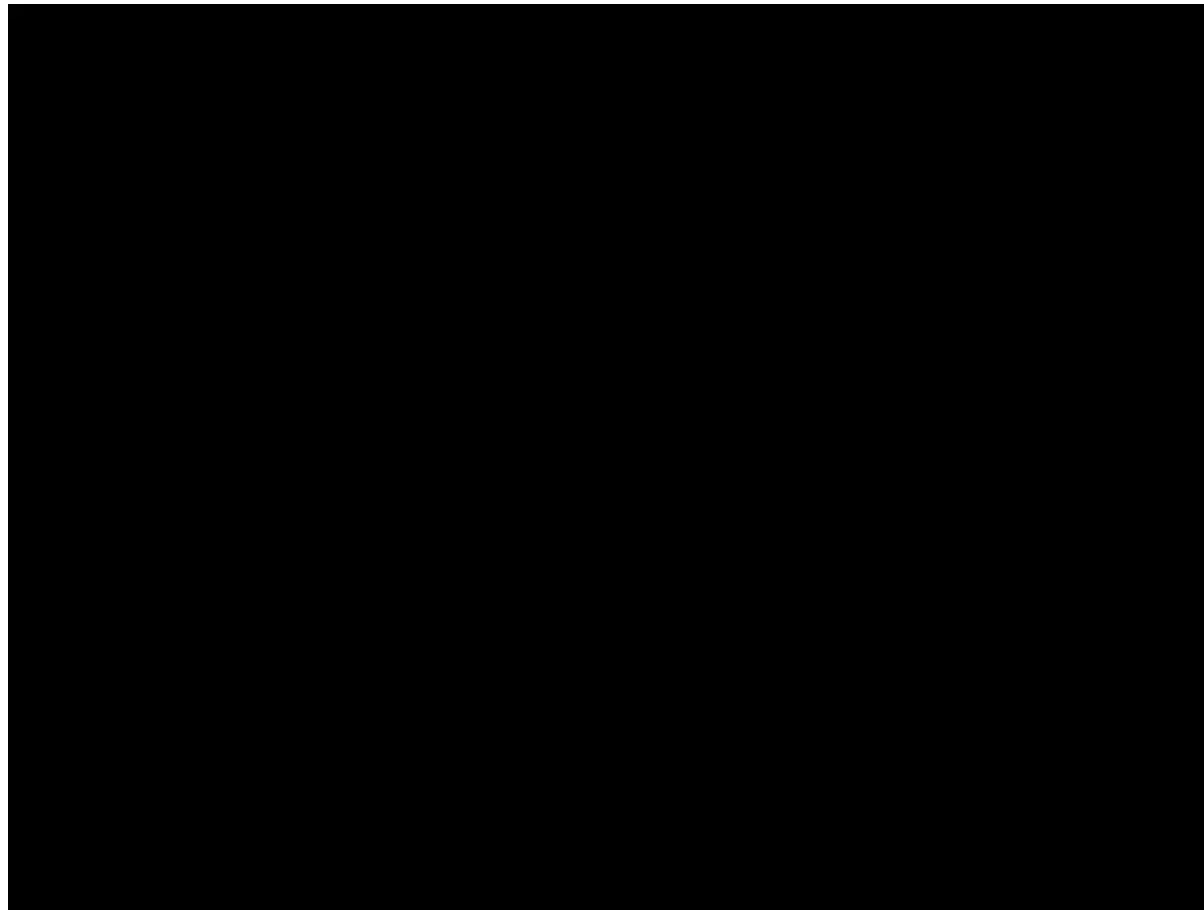
L'arto sano viene immobilizzato per il 90% della giornata.

L'arto con problemi di movimento viene sottoposto ad allenamento intensivo per almeno 6 ore al giorno.

La plasticità cerebrale viene stimolata determinando una riorganizzazione funzionale delle rappresentazioni sensorimotorie.

E' possibile allenare un arto paretico?

Mirror therapy



<https://www.youtube.com/watch?v=MIucuMWOdKE>

E' possibile allenare un arto paretico?

Mirror therapy

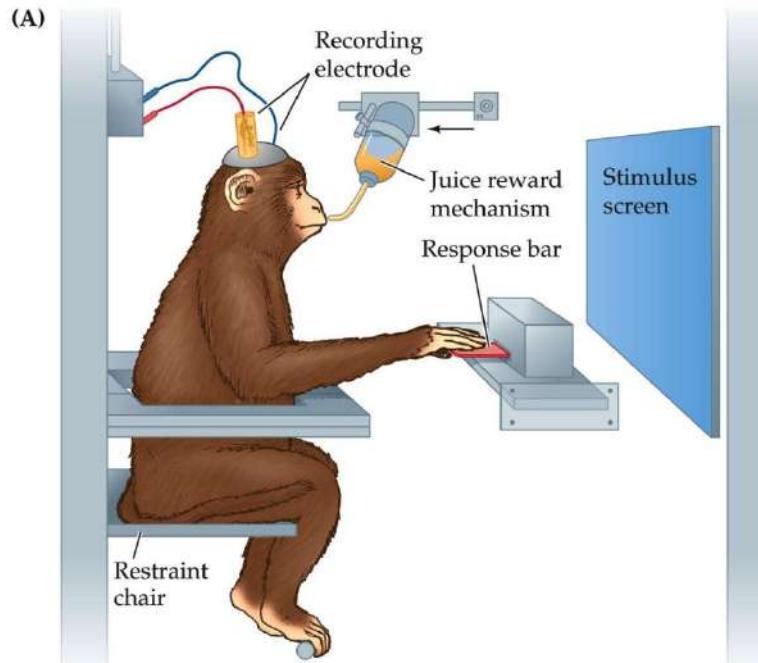


Viene utilizzato uno specchio: la mano sana viene mossa mentre viene guardata allo specchio. Questo suscita l'impressione di muovere l'arto paretico.

## Misurazione dell'attività cerebrale mentre vengono eseguiti compiti cognitivi

<p><i>Studio dei cambiamenti di comportamento quando il cervello ha subito alterazioni</i></p>	<p><b><i>Misurazione dell'attività cerebrale mentre vengono eseguiti compiti cognitivi</i></b></p>
<ul style="list-style-type: none"><li>• lesioni cerebrali (trauma cranico, ictus cerebrale, lesioni negli animali)</li><li>• alterazioni elettriche (stimolazione elettrica diretta, TMS, tDCS)</li><li>• alterazioni farmacologiche</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• tecniche di visualizzazione (<b>fMRI</b>, PET)</li><li>• tecniche elettrofisiologiche (<b>registrazione di singoli neuroni</b>, EEG, potenziali evocati)</li></ul>

## Registrazione dell'attività elettrica dei singoli neuroni



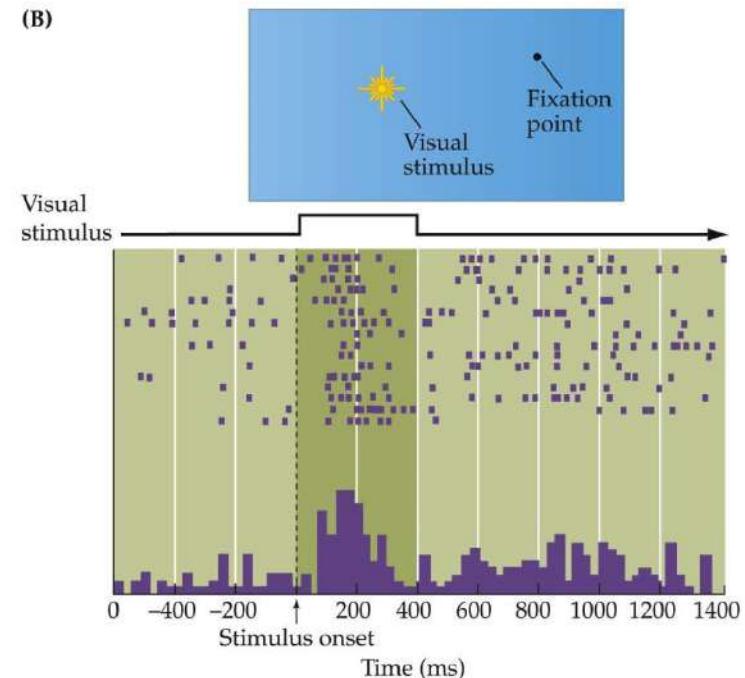
*Principles of Cognitive Neuroscience*, Figure 3.3 (Part 1)

© 2008 Sinauer

### Registrazione dei potenziali d'azione prodotti dai singoli neuroni:

È condotta con sottili elettrodi di tungsteno o di acciaio inseriti in corteccia, rivestiti di materiale non conduttore eccetto che in punta (selettività della registrazione), che permettono di misurare il voltaggio in funzione del tempo.

Studio dei cambiamenti di comportamento quando il cervello ha subito alterazioni	Misurazione dell'attività cerebrale mentre vengono eseguiti compiti cognitivi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• lesioni cerebrali (trauma cranico, ictus cerebrale)</li> <li>• alterazioni elettriche (stimolazione elettrica diretta, TMS, tDCS)</li> <li>• alterazioni farmacologiche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tecniche di visualizzazione (fMRI, PET)</li> <li>• tecniche elettrofisiologiche (registrazione di singoli neuroni, EEG, potenziali evocati)</li> </ul>



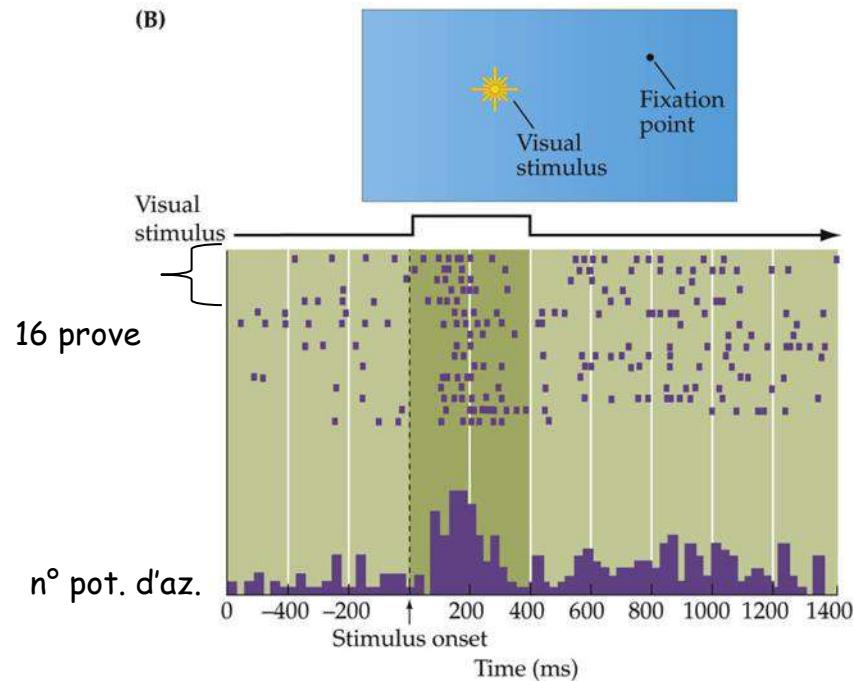
*Principles of Cognitive Neuroscience*, Figure 3.3 (Part 2)

© 2008 Sinauer Associates, Inc.

## UNITA' I - 3. L'esplorazione dei processi cognitivi in termini neurali

Ogni volta che viene registrato un pot. d'az. questo viene trasformato in un rumore, così lo sperimentatore può capire quale comportamento della scimmia oppure quale stimolo determina una risposta del neurone pur continuando ad osservare la scimmia





*Principles of Cognitive Neuroscience, Figure 3.3 (Part 2)*

© 2008 Sinauer Associates, Inc.

Uno stimolo è presentato un certo numero di volte e ciascuna di esse costituisce una prova.

La risposta del neurone a quello stimolo è determinata allineando i potenziali d'azione indotti da ciascuna prova e sommando tra le prove

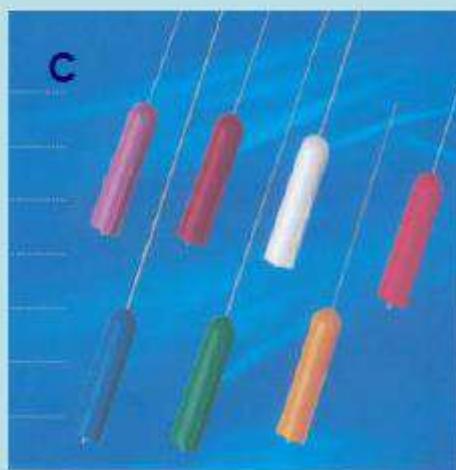
## Registrazione attività elettrica non invasiva

## Elettroencefalogramma (EEG)

Registra l'attività elettrica di migliaia di neuroni utilizzando un insieme di elettrodi di superficie (da pochi a 256) applicati al cuoio capelluto

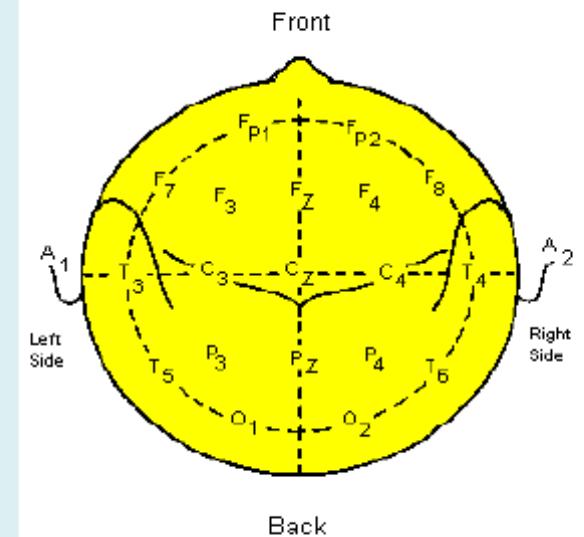
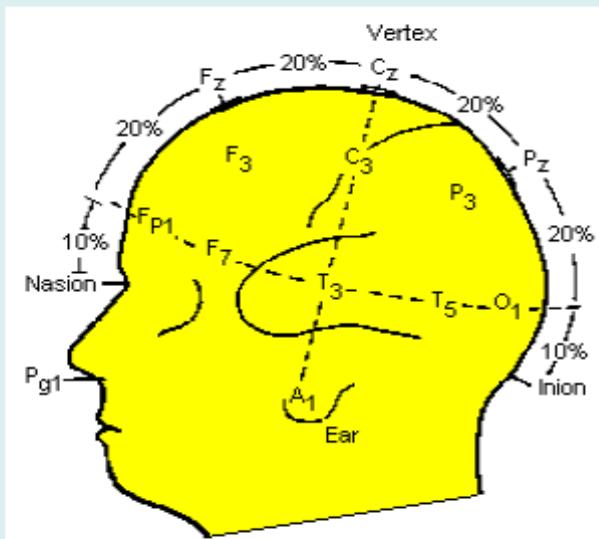
<i>Studio dei cambiamenti di comportamento quando il cervello ha subito alterazioni</i>	<i>Misurazione dell'attività cerebrale mentre vengono eseguiti compiti cognitivi</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>• lesioni cerebrali (trauma cranico, ictus cerebrale)</li><li>• alterazioni elettriche (stimolazione elettrica diretta, TMS, tDCS)</li><li>• alterazioni farmacologiche</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• tecniche di visualizzazione (fMRI, PET)</li><li>• tecniche elettrofisiologiche (registrazione di singoli neuroni, EEG, potenziali evocati)</li></ul>

### Tipi di elettrodi utilizzati nella registrazione di un EEG



- A) Elettrodi a "coppetta"
- B) Elettrodi a cuffia
- C) Elettrodi ad ago (ipodermici)

### Sistema standard di posizionamento degli elettrodi sul cranio



Gli elettrodi vengono applicati in base a coordinate standard, il cosiddetto Sistema Internazionale 10-20 introdotto dalla *International Federation of Electroencephalography* nel 1958.

In base all'area cerebrale sottostante, gli elettrodi vengono indicati con sigle diverse : **F** se sono posizionati sull'area frontale, **P** su quella parietale, **C** sulla centrale, **T** temporale e **O** sull'area occipitale; in base alla mediana vengono distinti con numeri pari se si trovano a destra e dispari se si trovano a sinistra; con **Z**, invece, si identificano elettrodi in posizione mediana. In questo modo ad ogni elettrodo corrisponde una regione ben precisa del nostro cervello.

Tipo di ritmo	Frequenza	Aampiezza	Stati mentali, livelli di coscienza
alfa	8-12	20-50	Rilassamento mentale, occhi chiusi
beta	14-30	5-10	Attenzione, concentrazione, aree corticali attivate
delta	meno di 4	fino a 150	Sonno profondo o, se in veglia, stati patologici
teta	3-7	fino a 100	Sonno leggero

### Ritmi di fondo di un EEG

<https://youtu.be/Sg2cm5c9u1Y>

STIMOLAZIONE A CORRENTE ALTERNATA



Il tracciato EEG riflette la somma di attività di tutti i processi in corso nella regione registrata dall'elettrodo o dagli elettrodi e quindi tale informazione non può essere facilmente collegata a specifiche funzioni cognitive.

Un modo più efficace è quello di utilizzare i **Potenziali correlati a eventi (ERP, event-related potentials)** che possono essere estratti dall'EEG mediante il calcolo della media sincronizzata.

Gli ERP sono piccole fluttuazioni di voltaggio in un EEG innescate da eventi sensoriali o cognitivi e riflettono la somma dell'attività elettrica delle popolazioni neuronali che rispondono specificamente a quegli eventi.

Gli ERP, quindi, possono fornire un'elevata risoluzione temporale (millisecondi) dei processi neurali sottostanti alle varie funzioni cognitive.

Poiché gli ERP, però, sono generalmente più piccoli (0,5-10 µV) del segnale EEG grezzo nel quale sono nascosti (10-25 µV), è necessario calcolare la media di molteplici prove per estrarre i segnali ERP dal rumore di fondo.

Gli ERP sono estratti calcolando la media di quelle epoche di segnale EEG sincronizzate con ripetute comparshe di un evento sensoriale, motorio o cognitivo specifico.

Un ERP è una misura delle variazioni di voltaggio nel tempo in cui il momento 0 rappresenta il momento di comparsa del tipo di evento.

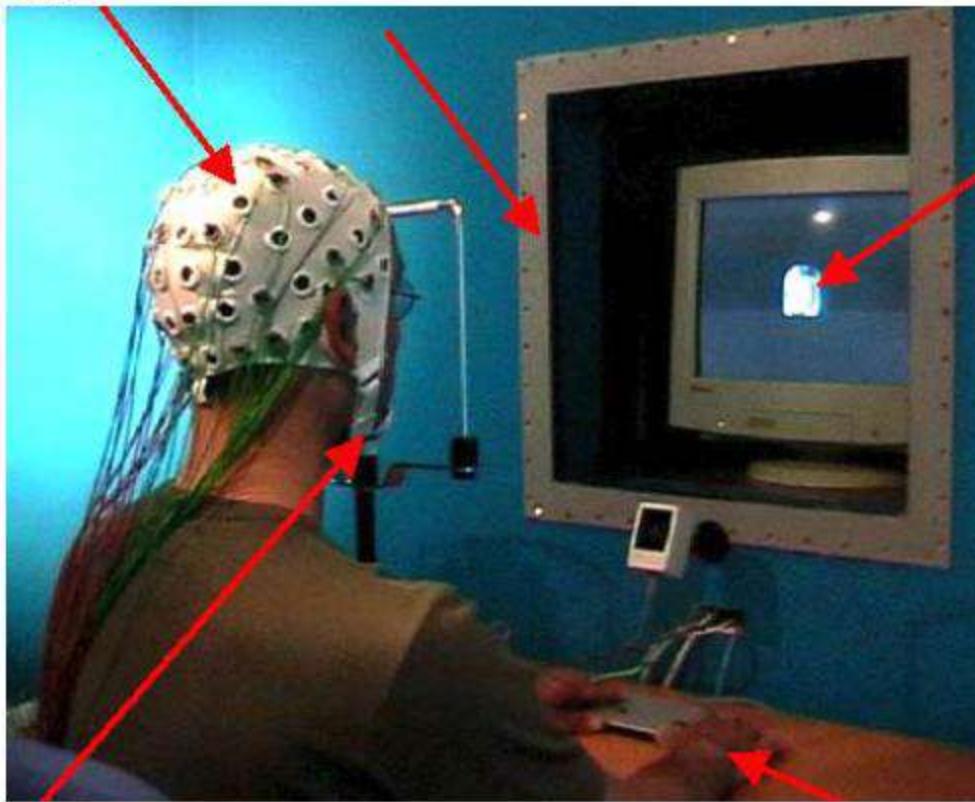
## Tecnica dell' Averaging

Consiste nel:

- Registrare numerose volte (fino a 100 ripetizioni) l' EEG dopo la presentazione dello stimolo;
- fare la media (averaging) delle diverse ripetizioni;
- poiche' l' EEG di fondo varia in modo casuale, esso tende a zero nella media.
- il segnale ERP, che e' time-locked allo stimolo, emerge dal rumore di fondo all' aumentare delle ripetizioni;
- il rapporto segnale/rumore di fondo aumenta in funzione della radice quadrata del numero di ripetizioni.

Cuffia con  
elettrodi

Schermo di protezione

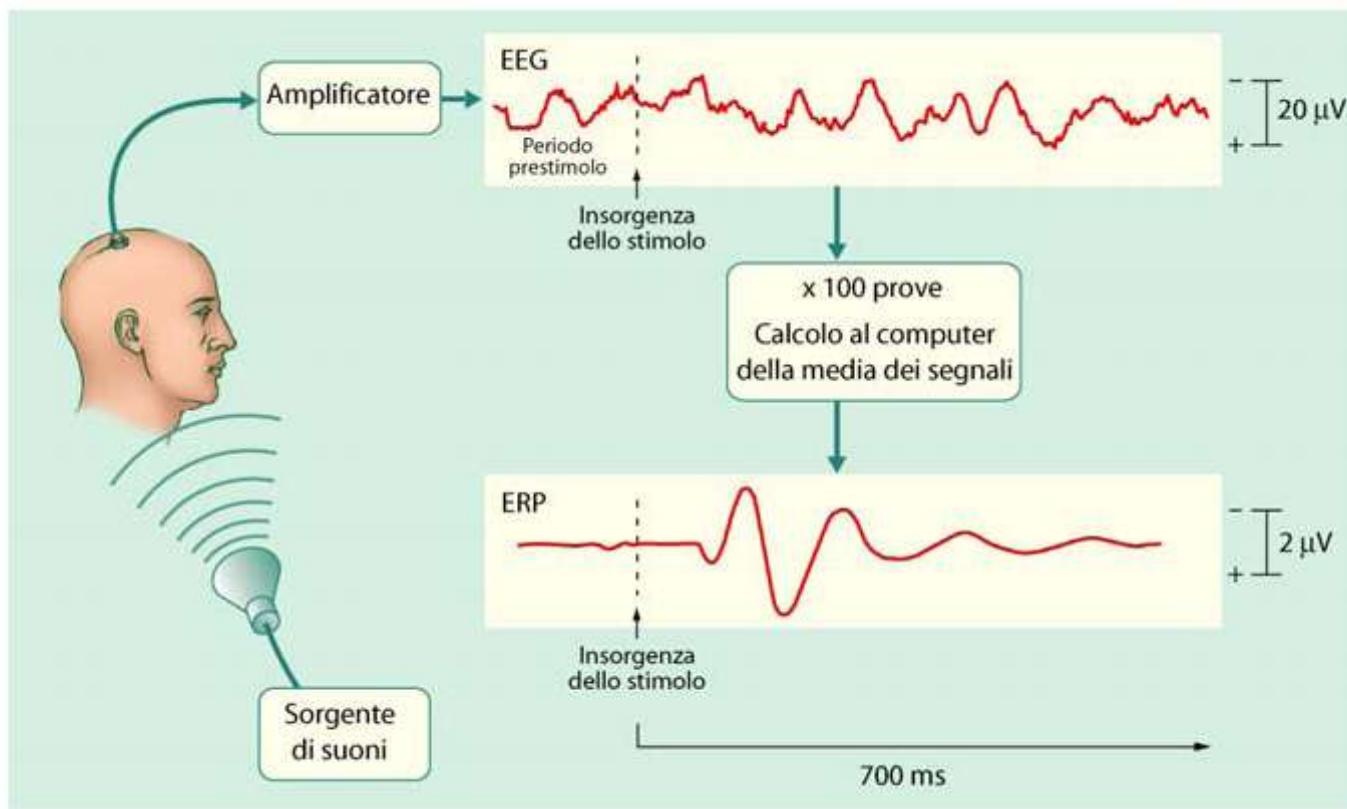


Mentoniera

Tasti per la risposta

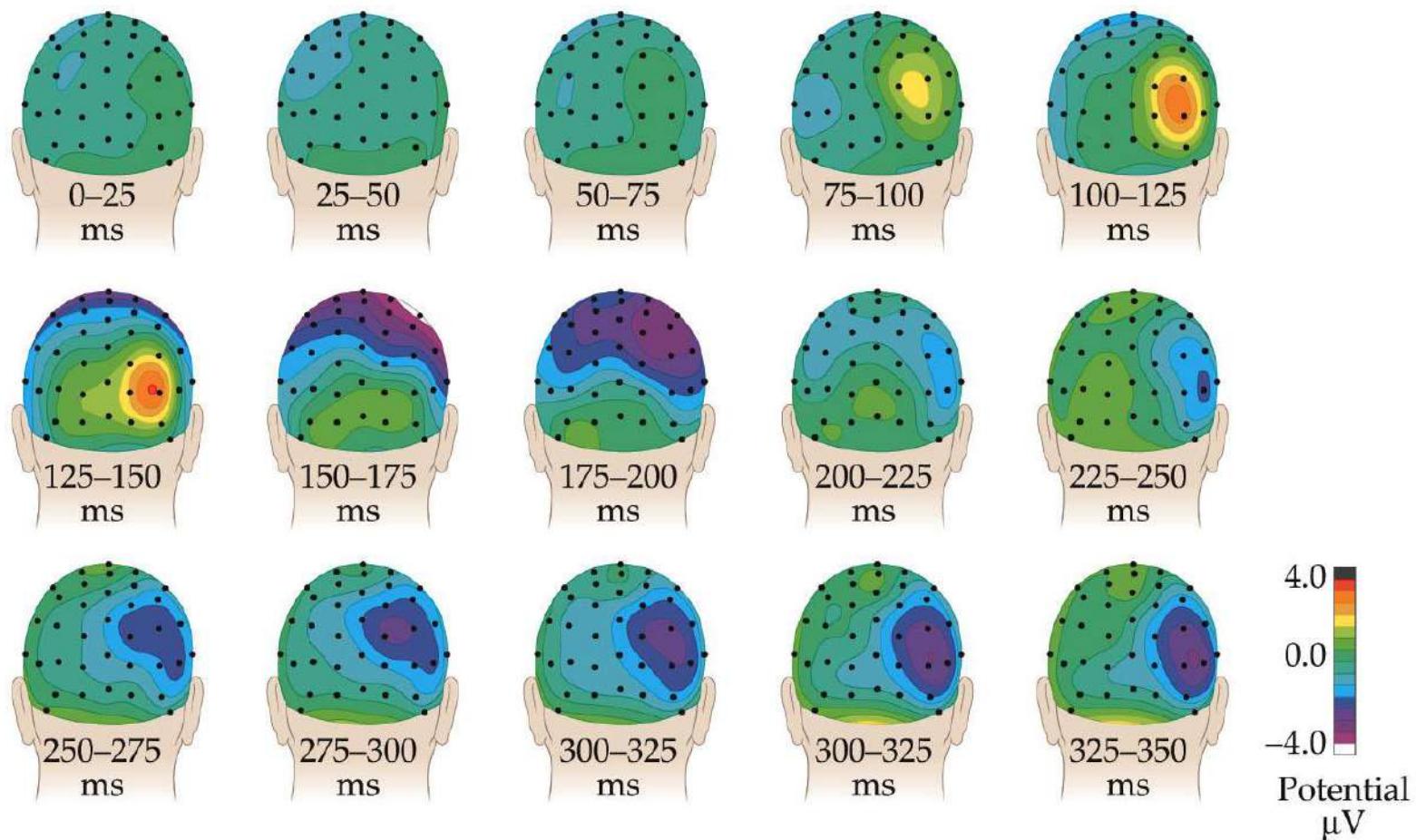
Stimolo  
visivo

## UNITA' I - 3. L'esplorazione dei processi cognitivi in termini neurali



Le risposte elettriche relativamente piccole a eventi specifici possono essere osservate soltanto estraendo la media (averaging) dei tracciati EEG su una serie di prove. Le ampie oscillazioni di fondo dell'EEG rendono possibile rilevare con una singola prova la risposta evocata allo stimolo sensoriale. Calcolando la media di decine o centinaia di prove, il rumore di fondo dell'EEG viene eliminato e resta soltanto il potenziale evento-correlato (ERP). Si noti la differenza di scala tra le onde dell'EEG e le onde dell'ERP.

Stimolo presentato nel campo visivo sinistro





Alla fine degli anni '70 dell'Ottocento, Angelo Mosso, fisiologo italiano, si accorse che in due pazienti adulti poteva osservare le variazioni di pressione sanguigna nelle arterie cerebrali attraverso aperture nelle ossa craniche frontali prodotte da lesioni traumatiche (situazione simile alla "fontanella" nei neonati).

In particolare, si accorse che quando il paziente Bertino udiva il suono delle campane di mezzogiorno le pulsazioni cerebrali diventavano più ampie.

Egli ipotizzò che il suono delle campane ricordasse a Bertino che era il momento di recitare una preghiera.

Bertino confermò.

Mosso aveva dato inizio al processo che avrebbe portato alle neuroimmagini.

## Visualizzazione cerebrale funzionale basata sull'emodinamica (brain imaging)

Studio dei cambiamenti di comportamento quando il cervello ha subito alterazioni	Misurazione dell'attività cerebrale mentre vengono eseguiti compiti cognitivi
<ul style="list-style-type: none"><li>• lesioni cerebrali (trauma cranico, ictus cerebrale)</li><li>• alterazioni elettriche (stimolazione elettrica diretta, TMS, tDCS)</li><li>• alterazioni farmacologiche</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• tecniche di visualizzazione (fMRI, PET)</li><li>• tecniche elettrofisiologiche (registrazione di singoli neuroni, EEG, potenziali evocati)</li></ul>

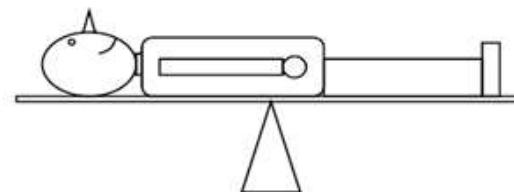
### Risonanza magnetica funzionale (fMRI)

Si basa sul fatto che l'ossiemoglobina emette un segnale di risonanza magnetica diverso da quello della desossiemoglobina.

### Il primo esperimento di "Brain Imaging"

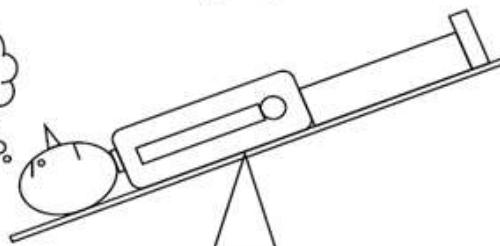


Angelo Mosso  
Fisiologo italiano  
(1846-1910)



$$E = mc^2$$

???



### Effetto BOLD

La fMRI non misura direttamente l' attivita' cerebrale (come la MEG e gli ERP), ma le risposte emodinamiche (volume sanguigno, flusso cerebrale, ossigenazione dei tessuti) che accompagnano l' aumento di attivita' neuronale.

In particolare, la fMRI e' basata sul contrasto **BOLD** (Blood Oxygenation Level Dependent), cioe' sul rapporto desossiemoglobina (HBr) / ossiemoglobina (HbO<sub>2</sub>) nei tessuti nervosi.

Il ferro dell' Hbr e' una sostanza paramagnetica, cioe' si polarizza intensamente se immerso in un campo magnetico. Al contrario il ferro della HbO<sub>2</sub> non e' molto suscettibile al campo magnetico (sostanza diamagnetica).

## fMRI – Come funziona

---

### Principi di base del funzionamento della RM

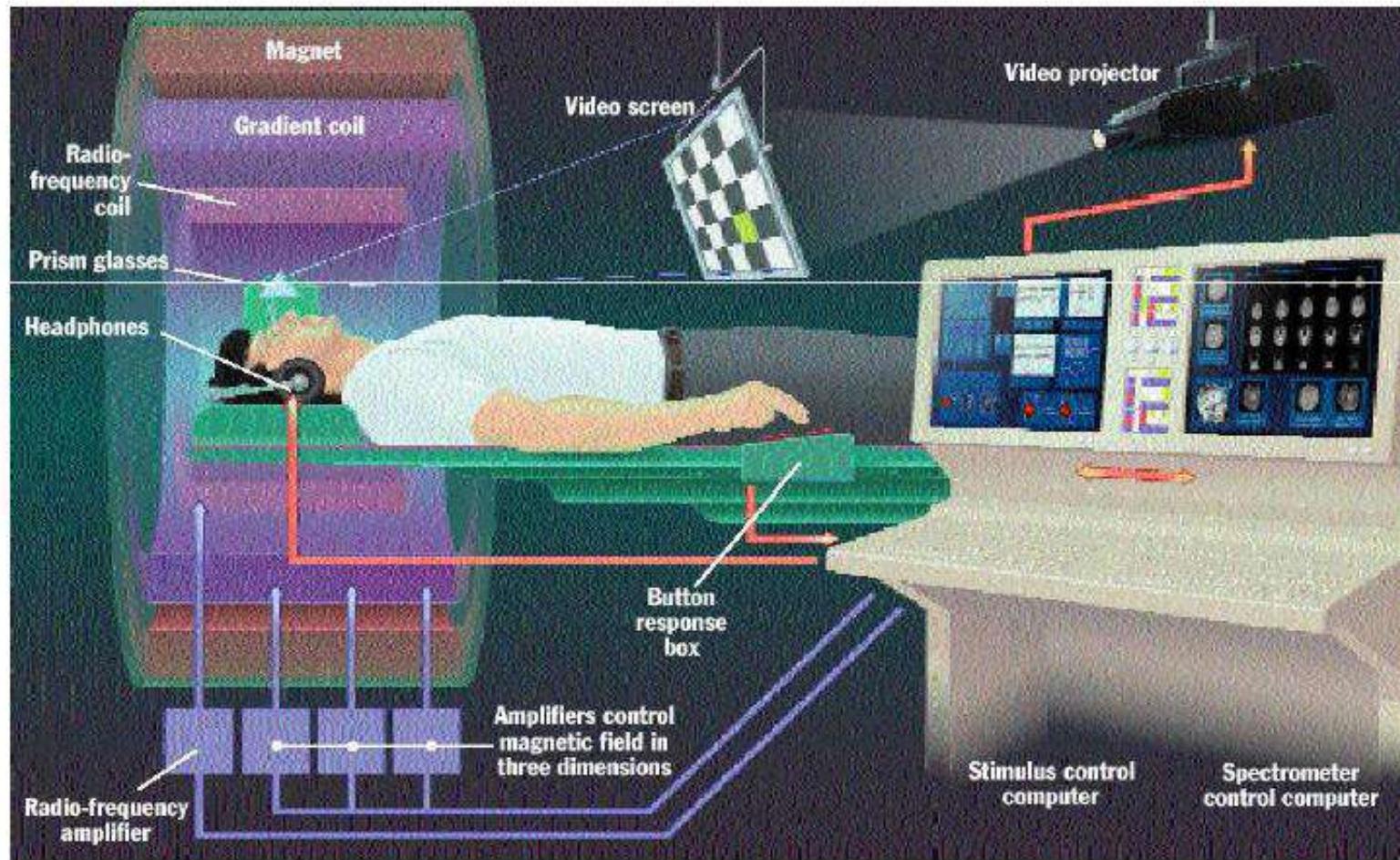
- 1) Posizionare il soggetto all'interno di un campo magnetico molto forte
- 2) Invio di radiofrequenze (per circa 3 secondi)
- 3) Registrazione delle radiofrequenze emesse dal soggetto in risposta a quelle inviate

## fMRI – Come si registra

---

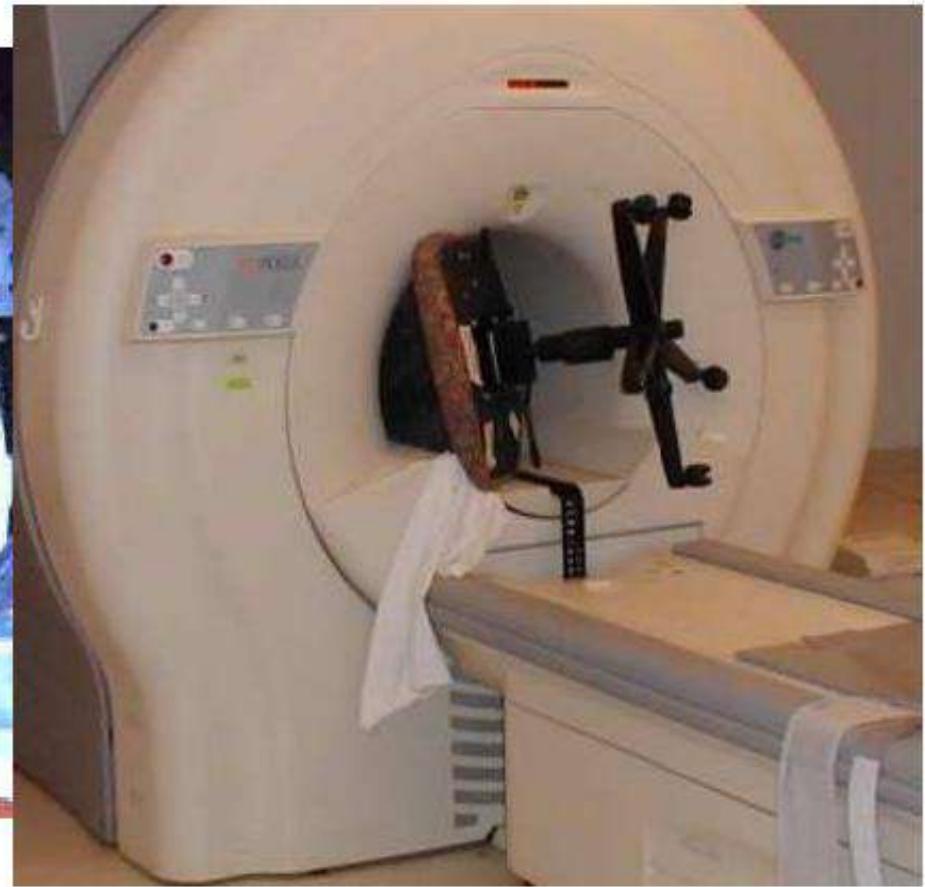


# fMRI – Come si registra



# fMRI – Sicurezza

---



## fMRI – Sicurezza

---

- pacemakers
- clips per aneurismi
- impianti cocleari
- dispositivi intrauterini
- protesi dentali
- piercings, tatuaggi



Ogni oggetto metallico che possa rappresentare un potenziale rischio per il soggetto e causa di distorsione delle immagini

## **fMRI – Vantaggi e svantaggi**

---

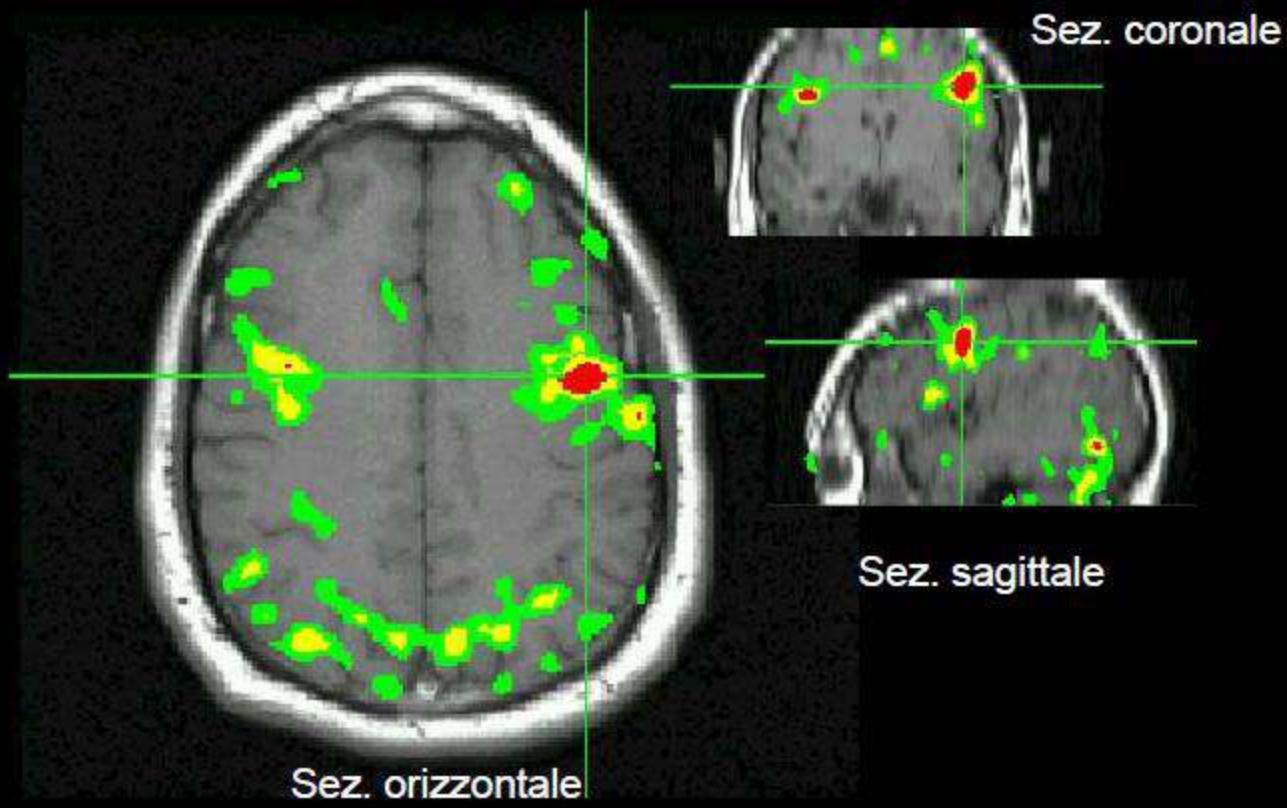
### **VANTAGGI**

- No raggi X o sostanze radioattive
- Immagini dettagliate
- Non richiede una preparazione particolare
- Non è invasiva

### **SVANTAGGI**

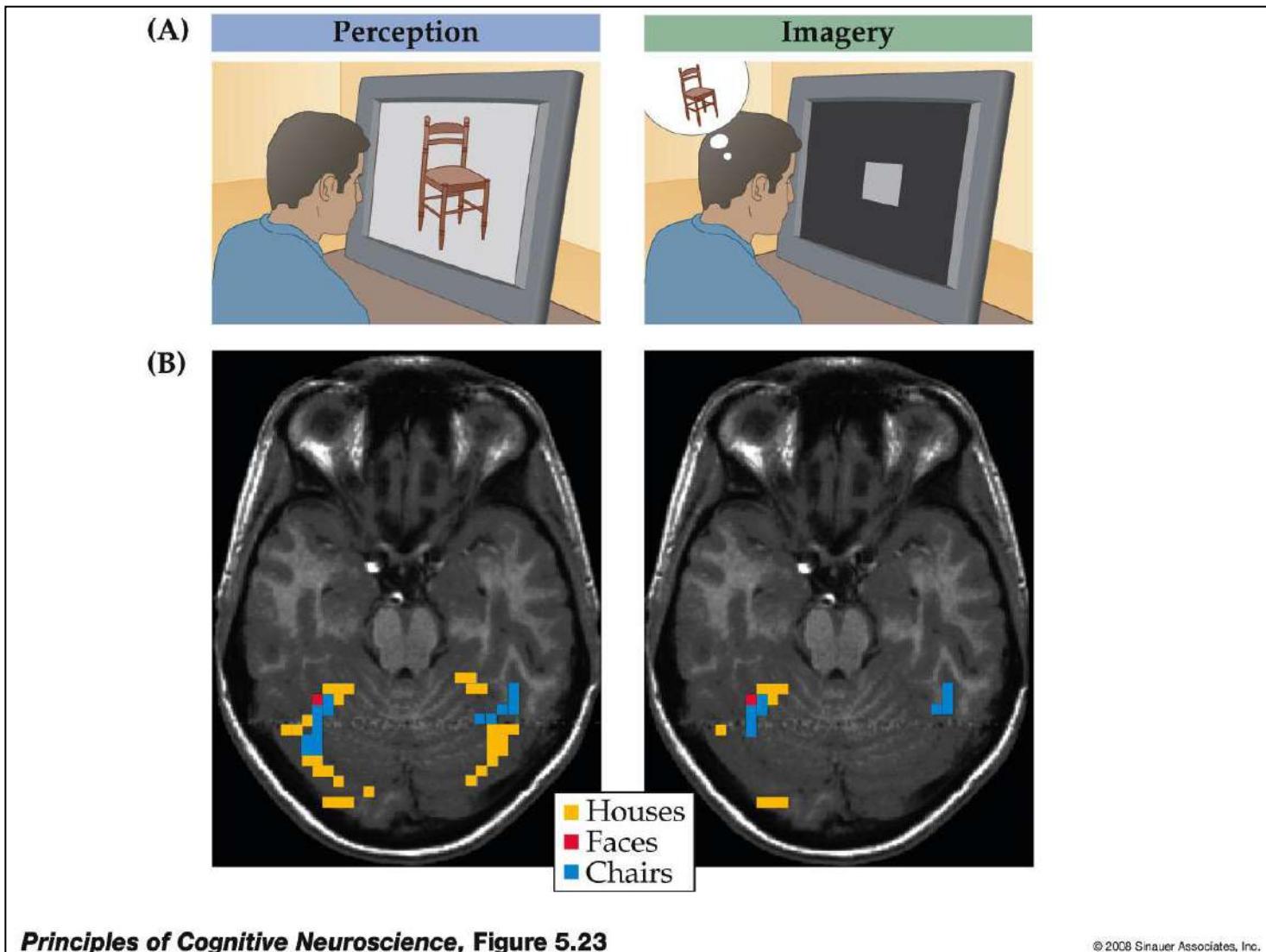
- Costosa
- Incompatibile con i metalli
- Movimento
- Claustrofobia

Attivazioni: regioni cerebrali in cui si verifica una differenza (*statisticamente*) significativa del segnale di risonanza tra due condizioni.

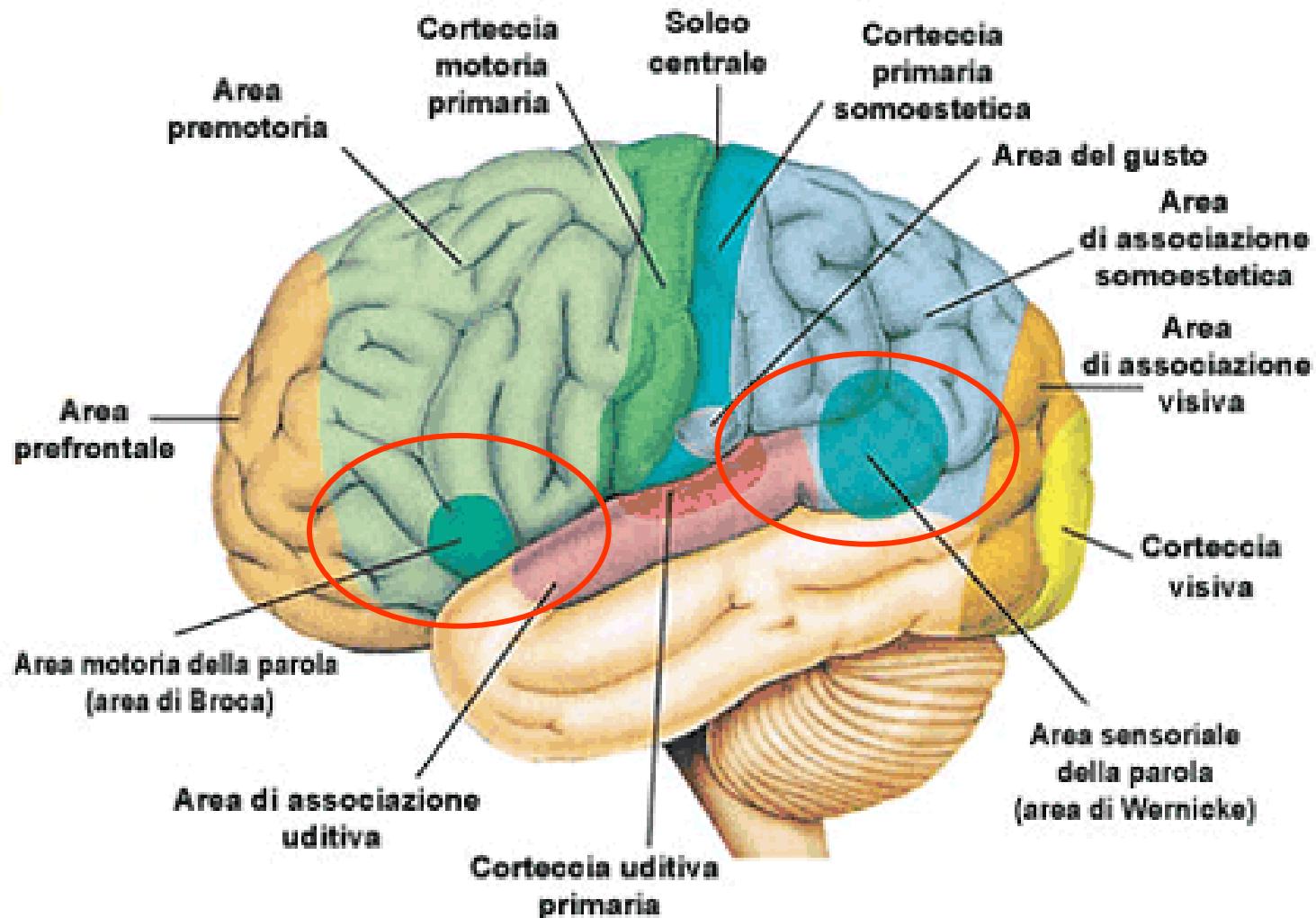


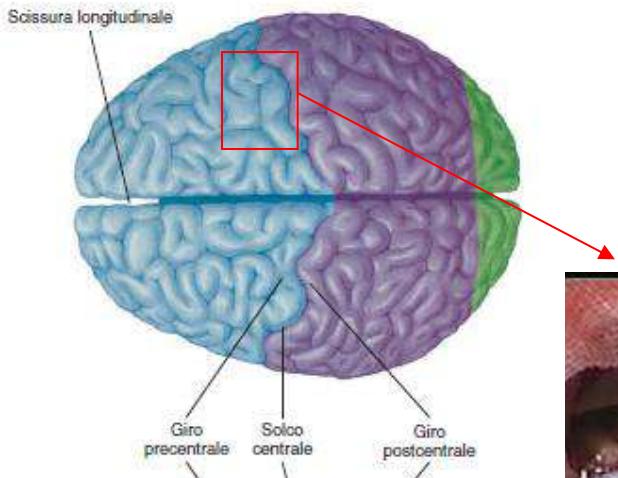
## IMMAGINAZIONE VISIVA

Usa le stesse aree che si attivano durante la visione di quegli oggetti specifici.

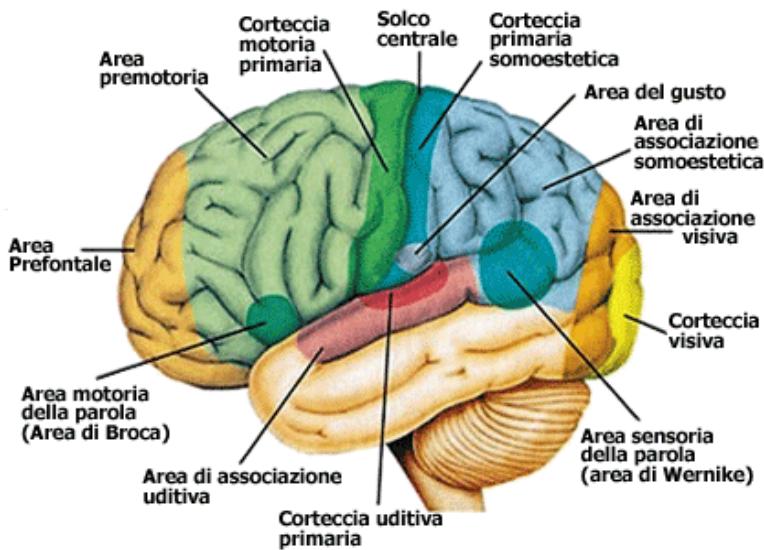
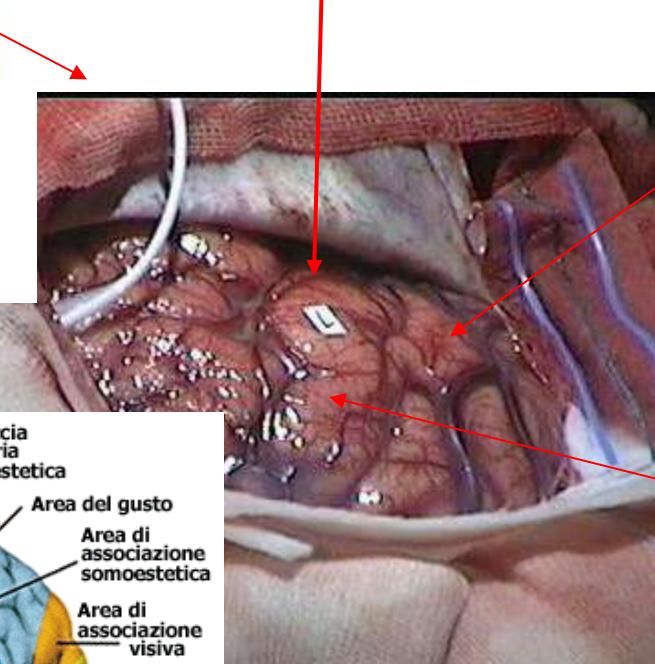


## LINGUAGGIO





**Area di Broca:**  
La sua stimolazione  
determina il cosiddetto  
«speech arrest»

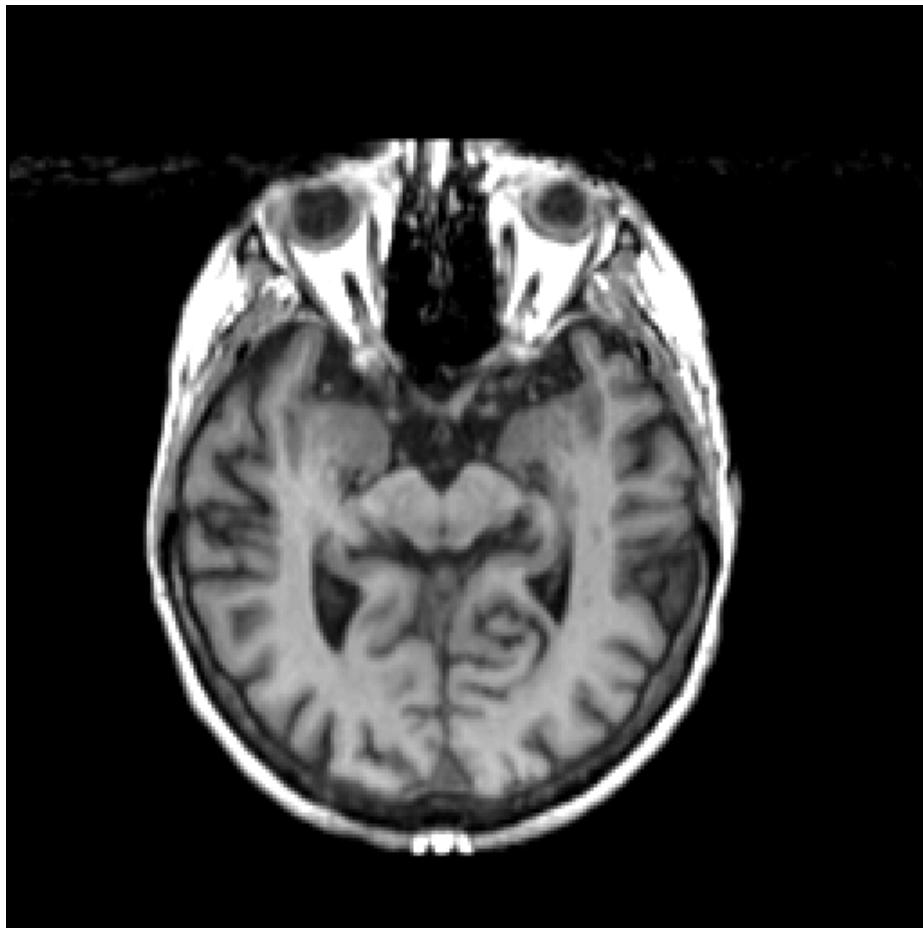


**Area motoria primaria:**  
La sua stimolazione  
determina un'interferenza a  
livello di attivazione  
muscolare della lingua

**Area premotoria:**  
La sua stimolazione determina  
un'interferenza a livello di  
programma motorio della  
parola

## Evoluzione del modello di funzionamento del linguaggio

- Broca, 1861: il linguaggio non è generato unitariamente dal cervello ma dipende da parti ben definite di esso
  - paziente "TAN": ad ogni domanda risponde con lo stereotipo "tan-tan"
  - lesione alla terza circonvoluzione frontale di sinistra



Marc Dax, 1836

Società medica di Montpellier

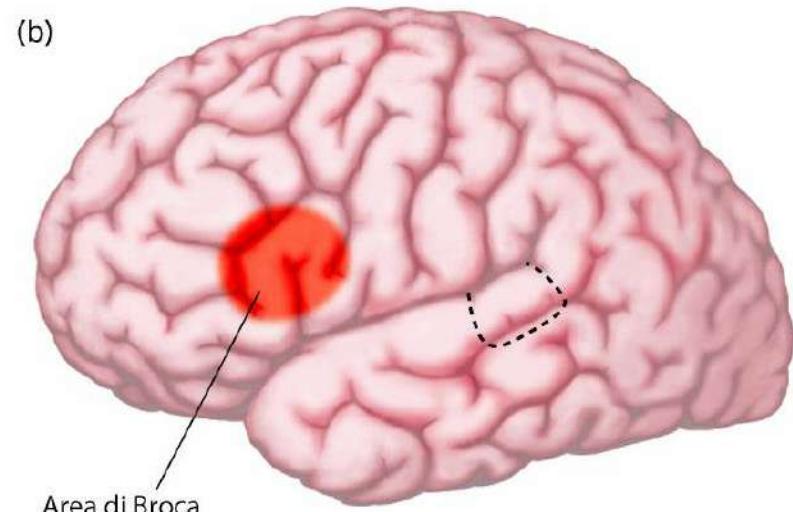
40 casi di deficit di linguaggio in  
presenza di lesioni all'emisfero  
sinistro

Il figlio riesce a pubblicare il  
lavoro del padre solo due anni  
dopo quello di Broca!



Paul Broca, 1861

Concetto di  
"localizzazione funzionale"



### Contributo di Broca:

- Localizzazione dell'area che porta il suo nome
- Scoperta "ufficiale" della lateralizzazione delle funzioni
- Precisa correlazione tra una sede lesionale e la perdita di una specifica capacità (espressione del linguaggio)

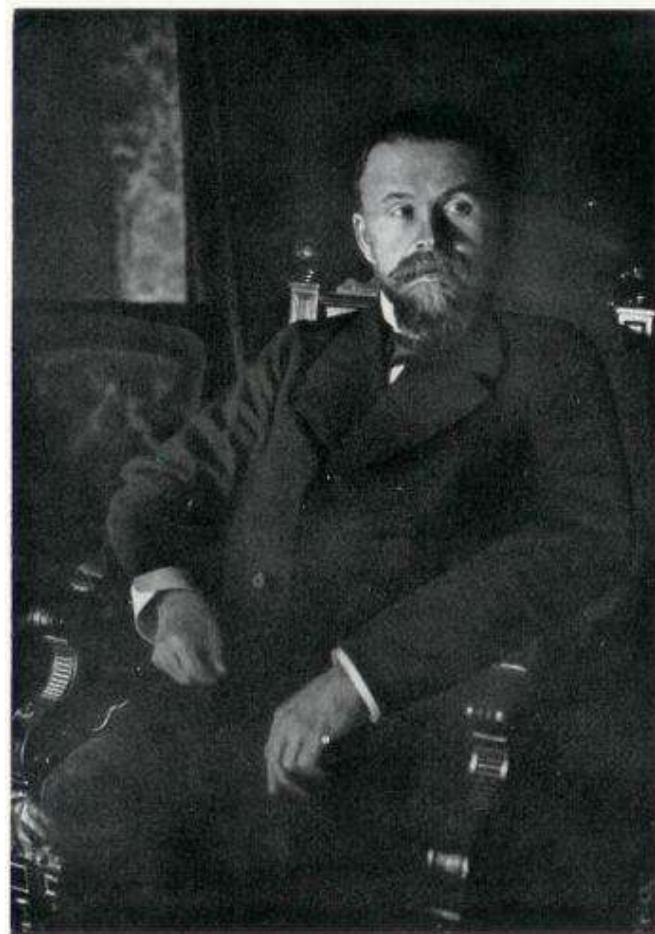
## Carl Wernicke, 1874

all'età di 26 anni pubblica un articolo in cui descrive il caso di 2 pazienti

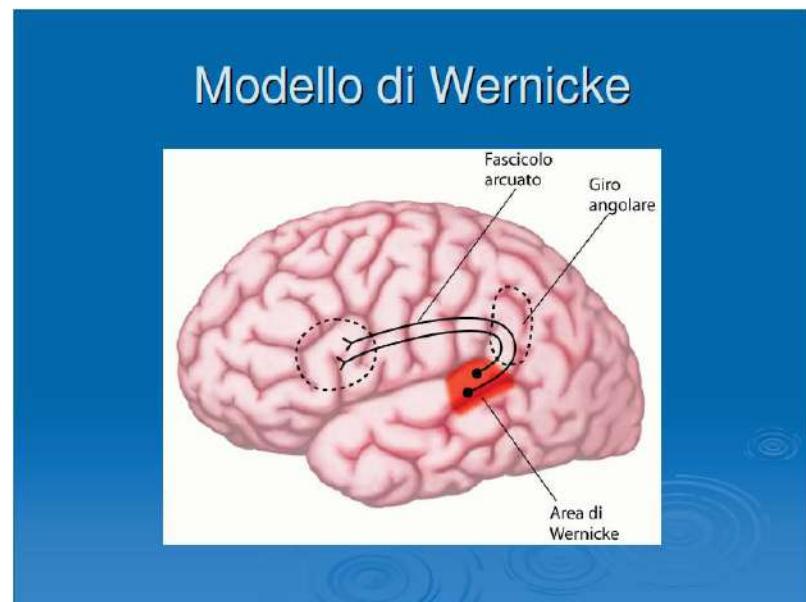
- con difficoltà di comprensione uditiva del linguaggio orale
- e capacità di produzione linguistica relativamente preservata

Propone la prima teoria del linguaggio

- Centro motore anteriore (area di Broca)
- Centro semantico posteriore (area di Wernicke)
- Fascicolo arcuato



Wernicke



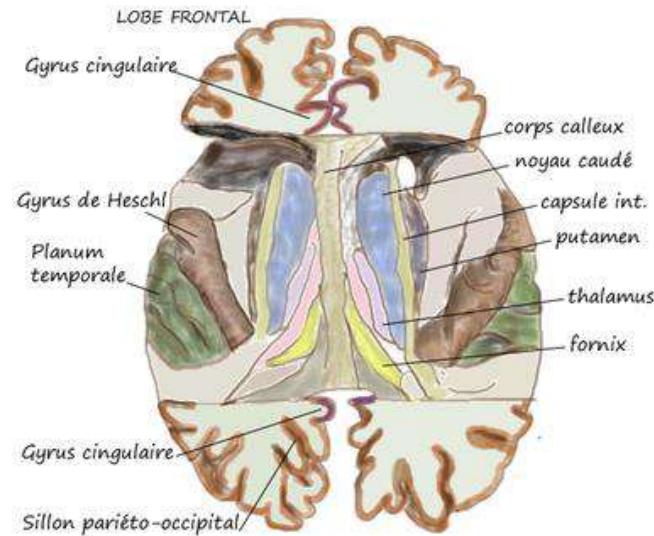
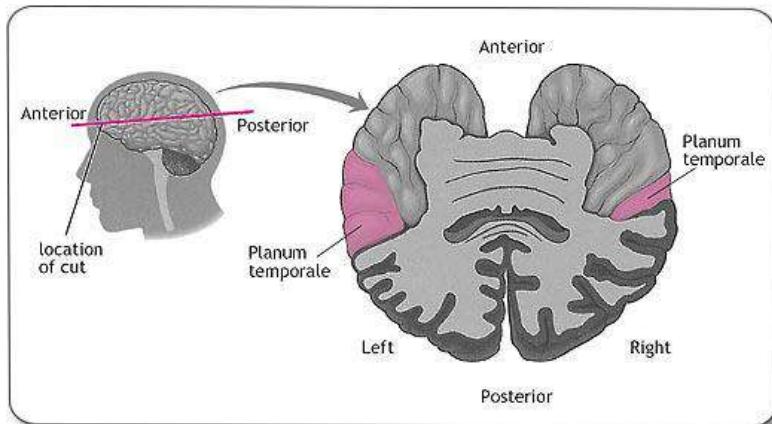
- Il linguaggio interessa un numero di aree molto grande e coinvolge un gruppo di vie di connessione molto più complesso di quelle che mettono semplicemente in rapporto l'area di Wernicke con quella di Broca.

# Linguaggio

- Alla base della produzione del linguaggio non vi è la memorizzazione di un gran numero di frasi ma l'utilizzazione di regole che permettono la formulazione di frasi con significato
- Forma:
  - il linguaggio utilizza un numero limitato di suoni, fonemi, che sono le più piccole differenze di suono che siamo in grado di distinguere (d, t)
- Contenuto:
  - Morfologia: combinazione di diversi fonemi a formare le parole
  - Grammatica: combinazione di diverse parole per formare le frasi
  - Contenuto emotivo: oltre ad essere veicolato dal significato viene rinforzato da mezzi estranei alla espressione linguistica (gesti, tono della voce, mimica facciale, atteggiamento)
- Uso:
  - Linguaggio come mezzo di comunicazione sociale

# Origine del linguaggio umano

- Indagini archeologiche (impronte lasciate da giri e solchi cerebrali sul cranio) suggeriscono la presenza di una specializzazione dell'emisfero sinistro per il linguaggio (planum temporale- posteriormente alla corteccia acustica- cuore dell'area di Wernicke- più grande nell'emisfero sinistro che nel destro)
  - nell'Uomo di Neanderthal (30.000-50.000 anni fa)
  - nell'Uomo di Pechino (300.000-500.000 anni fa)



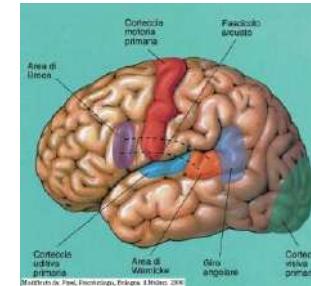
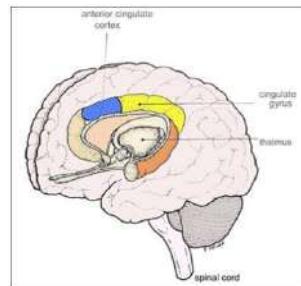
- Nonostante queste evidenze si ipotizza che il linguaggio come tale si sia sviluppato circa 100.000 anni fa

# Origine del linguaggio umano

- Due ipotesi:
  - Teorie gestuali: il linguaggio si è evoluto da un sistema di gesti che inizia a manifestarsi quando le scimmie assumono la postura eretta (es. evoluzione del "pointing" dal tentativo dei bambini di afferrare gli oggetti).
  - Teorie vocali: il linguaggio si è evoluto da un sistema di grida istintive deputate ad esprimere stati emozionali

Critiche alle teorie vocali:

1. Le grida dei primati sono mediate dalla corteccia del cingolo e da strutture sottocorticali, mentre il linguaggio umano è mediato dalla corteccia laterale.



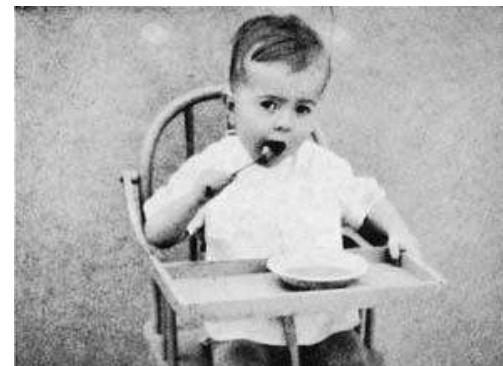
2. Le grida dei primati veicolano essenzialmente stati emozionali, il linguaggio no.
3. Il linguaggio umano è caratterizzato dalla proprietà combinatoria (possibilità di combinare i diversi elementi per ottenere un risultato diverso), assente nella comunicazione animale.
4. Il significato dei suoni animali è unico. Il linguaggio può utilizzare lo stesso suono per comunicare significati diversi (es. "fuoco", può significare "pericolo" oppure "possibilità di cucinare il cibo")

# Linguaggio

- Le conoscenze sul linguaggio derivano dallo studio
  - delle modalità di acquisizione del linguaggio nei bambini
  - dall'analisi dei disturbi neurologici del linguaggio
- Problemi nei tentativi di modelli di linguaggio basati sulle forme di comunicazione degli animali

## Forme di comunicazione negli animali

- Tutte le specie animali hanno forme di comunicazione più o meno complesse ma, a differenza di quella utilizzata dall'uomo, sono stereotipate
- Tentativo di scoprire nelle scimmie antropomorfe un linguaggio creativo:
  - anni '30: William e Lorna Kellogg allevarono lo scimpanzè Gua assieme al proprio bambino. Gua adottò molti comportamenti di tipo umano, riuscì a capire alcuni comandi verbali e a fare un certo numero di gesti con le mani ma non riuscì mai a parlare (l'esperimento terminò quando il bambino iniziò ad esprimersi come una scimmia!)

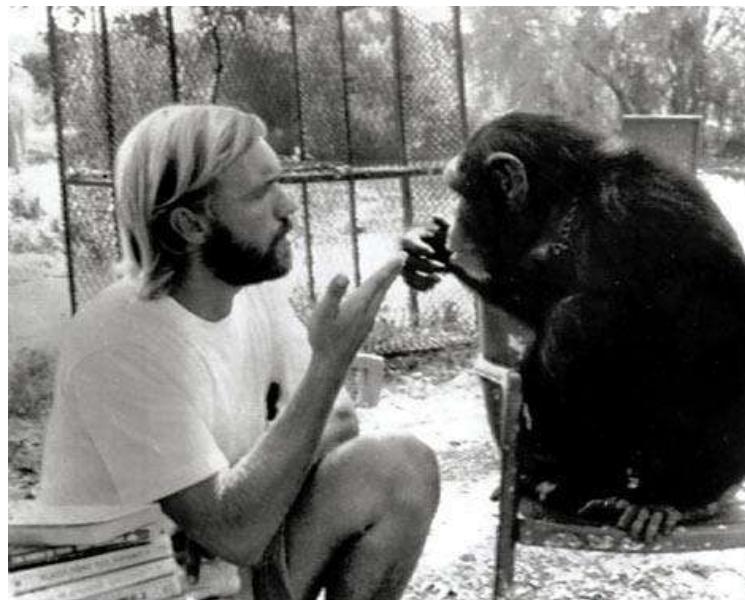


## Forme di comunicazione negli animali

Le scimmie non riescono a parlare perché il loro apparato fonatorio non ha sufficiente mobilità o perché il controllo dell'emissione vocale è immaturo?

## Forme di comunicazione negli animali

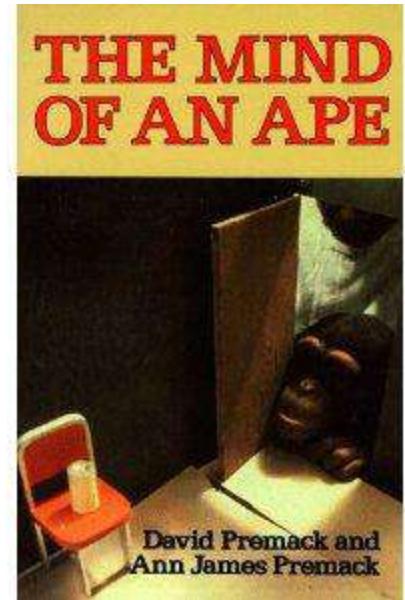
- Anni '60: Allen e Beatrice Gardner insegnarono allo scimpanzè Washoe l'American Sign Language. Dopo due anni Washoe aveva acquisito un vocabolario di 160 parole, che comprendeva oggetti (uccello, mano), aggettivi (blu, verde, diverso) e comparativi (più, meno)
- Un bambino di quattro anni ha un vocabolario di più di 3000 parole e non di 160 come Washoe: gli scimpanzè possono imparare parole e ad usare simboli ma non come l'uomo



## Forme di comunicazione negli animali

- Gli scimpanzè sono in grado di capire rapporti causali tra cose e azioni?
  - Premack: insegna allo scimpanzè Sarah ad utilizzare dei gettoni sui quali erano impressi segni diversi. Sarah impara ad interpretare i comandi dati dalla disposizione dei gettoni e ad utilizzare i gettoni per formulare frasi proprie. Impara i concetti di negazione, somiglianza, differenza, l'espressione è *il nome di*, frasi composte, affermazioni *come se... allora*, e a porre domande.

Mostra coppie di disegni di oggetti di cui il secondo è una forma modificata del primo (una mela, una mela tagliata) e Sarah deve scegliere fra diversi oggetti quello che può spiegare la trasformazione (coltello). Fa la scelta giusta l'80% delle volte.



## Forme di comunicazione negli animali

- Kanzi, bonobo allevato da Susan Savage-Rumbaugh, è una delle grandi scimmie antropomorfe "parlanti" più capaci e famose del mondo.

Da piccolo Kanzi assisteva, senza mostrarsi molto interessato, al programma di addestramento di sua madre Matata. Sue Savage-Rumbaugh cercava di insegnarle, con poco successo, a comunicare digitando dei lessicogrammi (simboli) su una tastiera collegata a un computer. È stato con grande sorpresa della ricercatrice che un giorno, quando Matata era assente, Kanzi ha cominciato spontaneamente a usare i lessicogrammi, dimostrandosi così il primo bonobo capace di fare uso di elementi linguistici, e la prima grande scimmia antropomorfa in grado di assimilarli senza un addestramento diretto.



## Forme di comunicazione negli animali

Nonostante questo è capace di costruire frasi costituite solo da due o tre parole e tale abilità corrisponde a quella di un bambino di due anni e mezzo.

Nei bambini la grammatica emerge tra i due e i quattro anni e, quindi, le capacità linguistiche di Kanzi sono considerate equivalenti a quelle di un bambino nel quale le capacità grammaticali non si sono ancora sviluppate.

L'abilità linguistica pregrammaticale degli scimpanzé assomiglia al linguaggio agrammatico dei pazienti con lesione all'area di Broca.

## Forme di comunicazione negli animali

- E' possibile che gli scimpanzè possano imparare a comunicare in una forma rudimentale attraverso l'uso di simboli, ma non sembra che essi possano acquisire le regole che organizzano le parole in frasi (ad esempio non riescono a riconoscere la forma passiva dalla forma attiva). Carattere meccanico e imitativo del linguaggio acquisito dagli scimpanzè.
- Scarsa utilità degli esperimenti sugli animali per lo studio del linguaggio umano.

Le conoscenze sul linguaggio derivano dallo studio delle modalità di acquisizione del linguaggio nei bambini

Gli studi sulla localizzazione anatomica del linguaggio e lo sviluppo del linguaggio nei bambini suggeriscono che sia un processo innato

1. il linguaggio è localizzato in maniera predominante nell'emisfero sinistro
  - maggiore estensione del planum temporale nell'emisfero sinistro è già presente a partire dalla 31° settimana di gestazione
2. i bambini alla nascita riescono a distinguere una vasta gamma di suoni fondamentale per comprendere qualsiasi linguaggio umano.

- 
- Teorie gestuali: il linguaggio si è evoluto da un sistema di gesti che inizia a manifestarsi quando le scimmie assumono la postura eretta (es. evoluzione del "pointing" dal tentativo dei bambini di afferrare gli oggetti).

# High Amplitude Sucking Procedure



- Infant given a pacifier that measures sucking rate
- **Habituation** – Infant sucks to hear sound (e.g. L) until bored.
- **Test** – Play sound (e.g., T o L)
  - Is there **dishabituation**?
    - Infants will suck to hear sound if the sound is no longer boring.

[http://psych.rice.edu/mmtbn/language/sPerception/video/sucking\\_h.mov](http://psych.rice.edu/mmtbn/language/sPerception/video/sucking_h.mov)

[http://www.learner.org/vod/vod\\_window.html?pid=1620](http://www.learner.org/vod/vod_window.html?pid=1620) (2:50 min. into videoclip)

Tale sensibilità viene perduta in seguito quando il bambino apprende una lingua specifica:

- giapponesi adulti non distinguono tra /l/ ed /r/, mentre i bambini sì
- Già a 8 mesi i bambini iniziano a perdere la loro sensibilità ai contrasti fonetici che non sono fonemici nella loro lingua madre; dall'età di 10 mesi, la percezione del linguaggio è molto simile a quella degli adulti.

## **PERCEZIONE DEL LINGUAGGIO**



Anni '50 Alvin Liberman viene assunto dagli Haskins Laboratories per costruire una macchina capace di leggere per aiutare i ciechi.

Costruisce una macchina che converte le lettere in suoni, ma gli ascoltatori NON sono assolutamente capaci di capire quello che viene prodotto.

Il motivo è che, quando la sequenza di suoni viene presentata ad una frequenza normale, compatibile con la durata di una parola, gli ascoltatori non riescono ad individuare i singoli suoni che, invece, si confondono uno con l'altro.

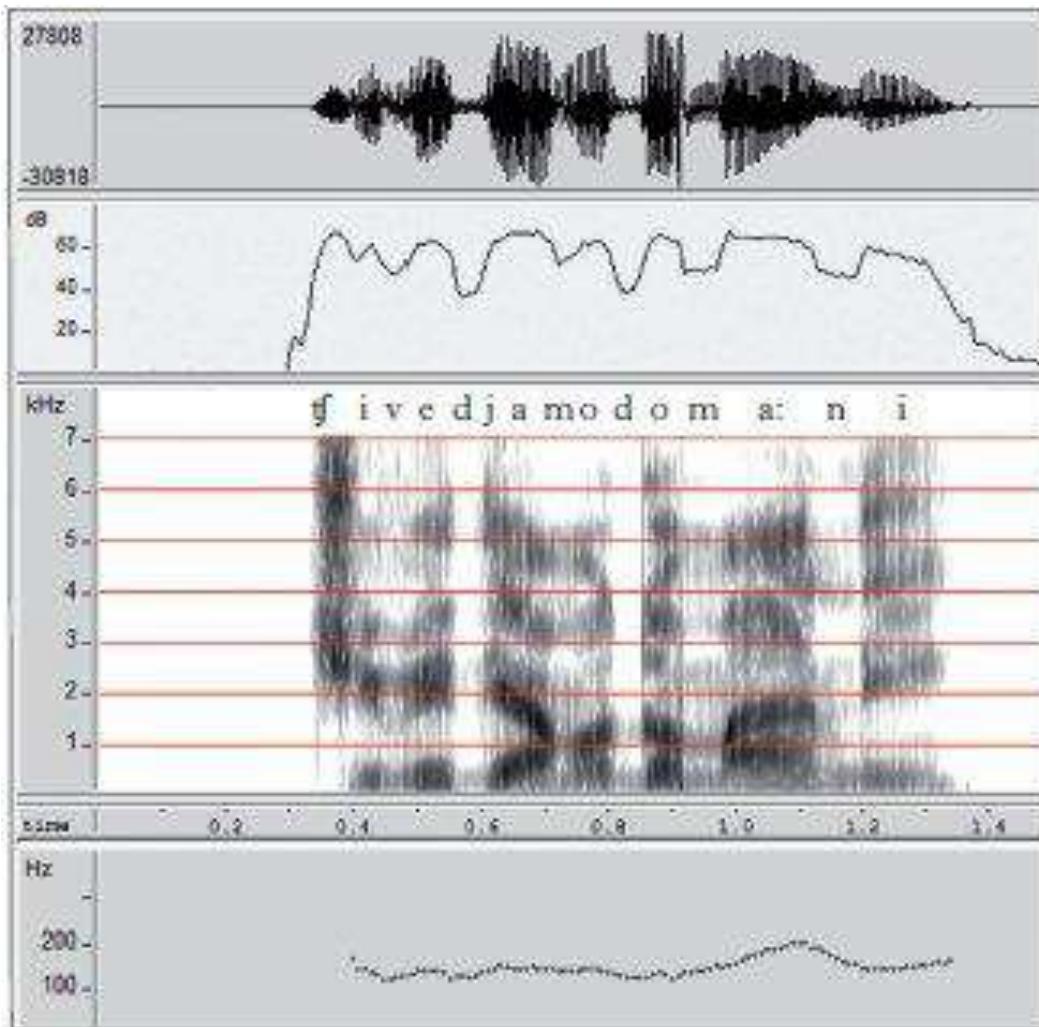
Da una serie di esperimenti, Liberman conclude che la sequenza dei suoni discreti che formano la parola eccede il potere di risoluzione temporale del sistema acustico.

Questa conclusione lo spinge a cercare di capire perché gli ascoltatori sono in grado di percepire i segmenti fonetici più velocemente e in modo più accurato di come percepiscono altre sequenze di suono.

Liberman e colleghi (Liberman et al., 1952; 1954; Liberman, 1957), utilizzando principalmente lo studio spettrografico del suono e l'utilizzo di un sistema che permette di trasformare in suono un pattern spettrografico, scoprono che

i segmenti fonetici sono coarticolati,  
ossia

i gesti del tratto vocale relativi all'articolazione di consonanti e vocali successive  
sono temporalmente sovrapposti

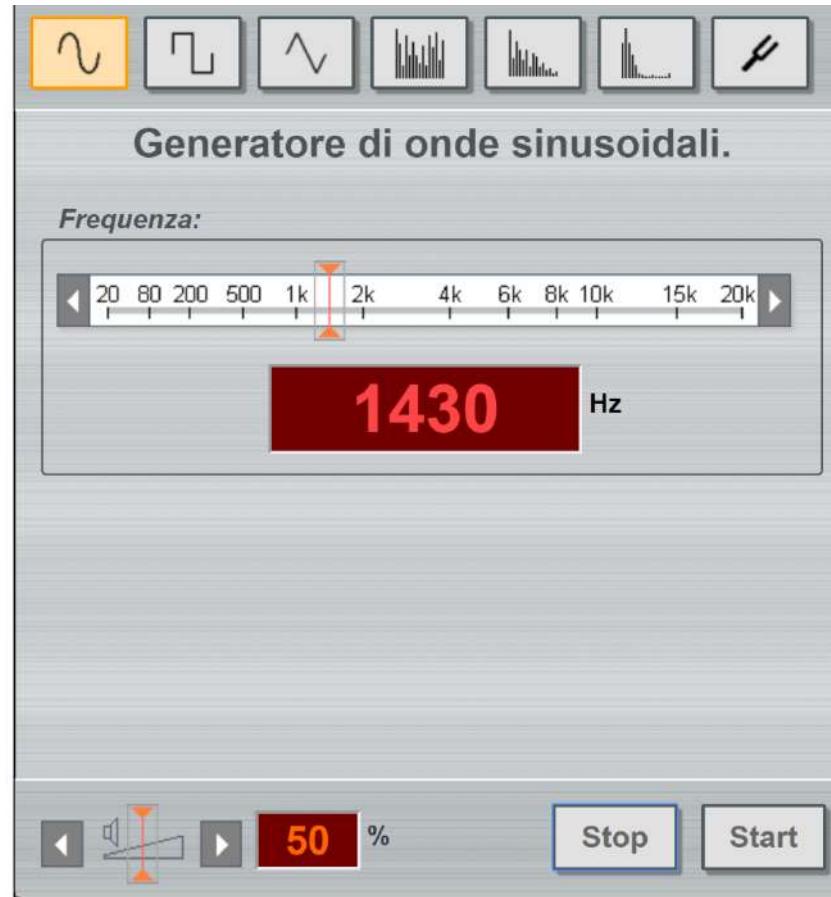


Dal tracciato è possibile ricavare la durata dei singoli foni, la loro intensità e l'andamento intonativo dell'enunciato. Infine l'analisi spettrografica permette di evidenziare i numerosi effetti di coarticolazione che caratterizzano il parlato

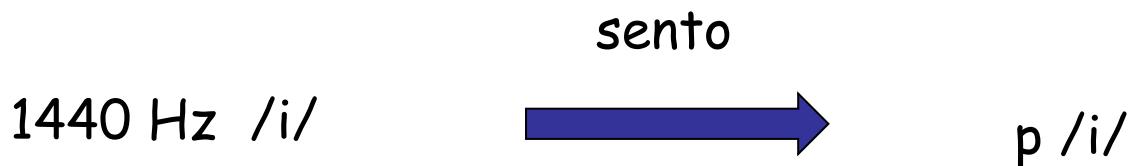
Sull'asse delle ascisse viene rappresentato il tempo, sull'asse delle ordinate le frequenze. La terza dimensione è quella dell'intensità, rappresentata dal maggiore o minore annerimento del tracciato

**POSso DESCRIVERE I PARAMETRI ACUSTICI DELLA PRODUZIONE LINGUISTICA**

[http://www.claredot.net/it/sez\\_Audio/generator-di-segnali-audio.php](http://www.claredot.net/it/sez_Audio/generator-di-segnali-audio.php)



POSSO PRODURRE I SUONI RELATIVI A DETERMINATI PARAMETRI ACUSTICI



Per produrre un suono di 1440 Hz prima di /i/  
devo produrre un'esplosione di aria successiva alla chiusura delle labbra

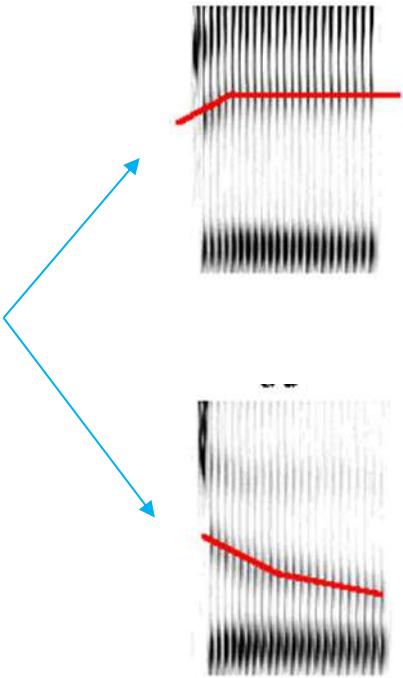


Per produrre un suono di 1440 Hz prima di /a/  
devo produrre un'esplosione di aria successiva alla chiusura della lingua sul palato  
posteriore

**ANCHE SE IL SUONO E' LO STESSO, PERCEPISCO SUONI DIVERSI**

**LA PERCEZIONE DEI SUONI LINGUISTICI DIPENDE DALLA SEDE  
DELL'ARTICOLAZIONE**

## SUONI DIVERSI



prodotte dall'occlusione che la lingua esercita  
sulla radice dei denti

sento



/d/i/

sento



/d/u/

ANCHE SE IL SUONO E' DIVERSO, PERCEPISCO SUONI UGUALI

LA PERCEZIONE DEI SUONI LINGUISTICI DIPENDE DALLA SEDE  
DELL'ARTICOLAZIONE

QUESTO MESSAGGIO MI SERVE PER DIMOSTRARVI CHE LE CONSONANTI PERMETTONO DI COMUNICARE IL SIGNIFICATO DELLE PAROLE MENTRE LE VOCALI HANNO IL SOLO SCOPO DI RENDERE SONORE LE CONSONANTI

QST MSSGG M SRV PR DMSTRRV CH L CNSNNT PRMTTN D CMNCR L SGNFCT DLL PRL MNTR L VCL HNN L SL SCP D RNDR SNR L CNSNNT

UEO EAIO I EE E IOAI E E OOAIEE OOOI OOE E OOAIEAOI OOOI OEE E OOAIEAOI

LE CONSONANTI VENGONO PRODOTTE DALL'ARTICOLAZIONE (RELAZIONE TRA DIVERSE PARTI)

LE VOCALI SONO SOLO IL RISULTATO DI UNA MAGGIORE O MINORE APERTURA DEL CANALE FONOARTICOLATORIO

- Se lo stimolo acustico è lo stesso, ma so che per produrlo devo muovere la bocca in modo diverso, sento un suono diverso
- Se lo stimolo acustico è diverso, ma so che per produrlo devo muovere la bocca nello stesso modo, sento lo stesso suono

La percezione riflette sempre l'articolazione



I BAMBINI INIZIALMENTE DISCRIMINANO I SUONI LINGUISTICI UTILIZZANDO L'UDITO (COME SUCCIDE PER QUALSIASI SUONO AMBIENTALE)

NON APPENA ASSOCIANO UN SUONO A UN MOVIMENTO DEL SISTEMA FONOARTICOLATORIO I SUONI DEL LINGUAGGIO VENGONO PERCEPITI GRAZIE A QUESTA ASSOCIAZIONE

SE IL BAMBINO SA ESEGUIRE QUEL MOVIMENTO RICONOSCE IL SUONO, ALTRIMENTI NON LO RICONOSCE (esempio: i cinesi che non riconoscono la «r» dalla «l»).

## TEORIA MOTORIA DELLA PERCEZIONE DEL LINGUAGGIO

(Liberman et al. 1967, Liberman & Mattingly 1985, Liberman & Wahlen 2000)

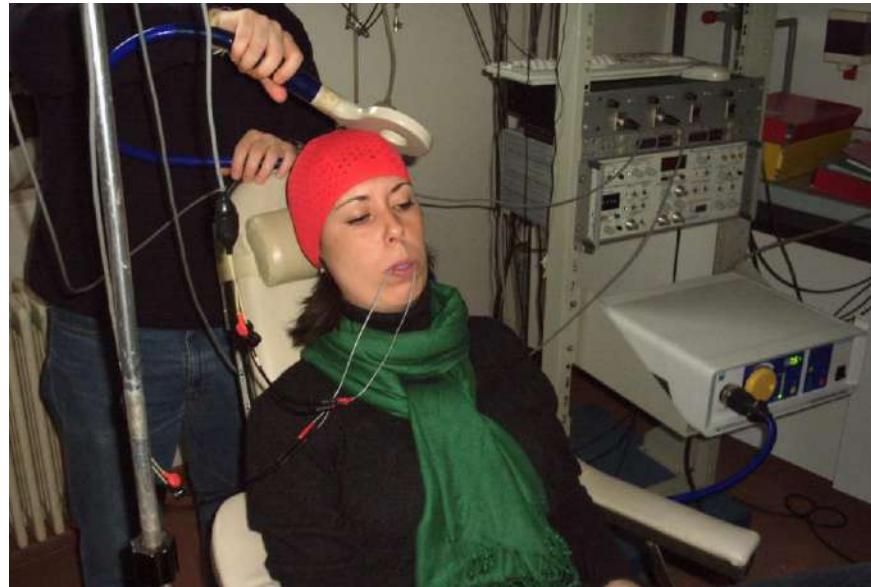
**Quello che viene percepito durante l'ascolto di linguaggio non è un segnale acustico ma articolatorio**

La selezione naturale ha dato origine ad un 'modulo fonetico', un meccanismo innato che lega la percezione e la produzione, e che è specializzato per fare due cose:

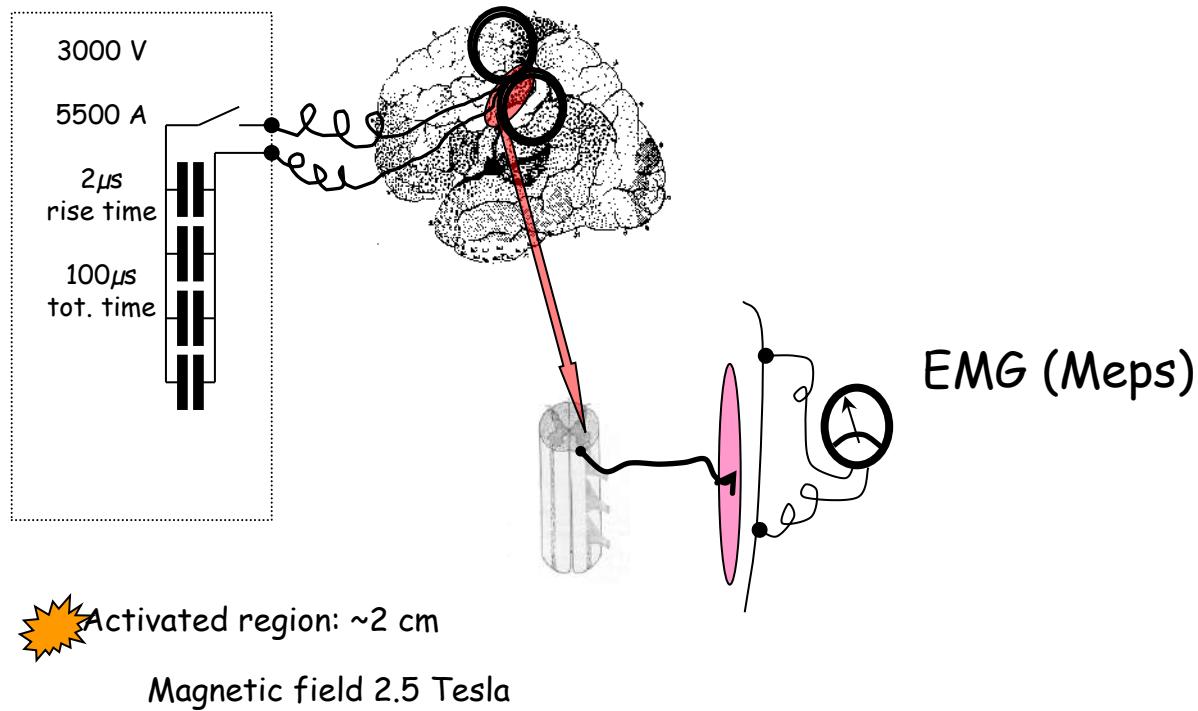
- (i) Nel parlante: crea sequenze di movimenti co-articolati, temporalmente sovrapposti ('gesti fonetici')
- (ii) Nell'ascoltatore: evoca gli stessi movimenti, permettendo di ricostruire il significato

I parlanti e gli ascoltatori, quindi, possono interagire linguisticamente utilizzando la moneta comune costituita dai gesti fonetici.

Se questo è vero,  
durante l'ascolto di linguaggio i muscoli della lingua dell'ascoltatore devono essere  
coinvolti  
**MA SOLO**  
se servono a pronunciare la parola sentita



# STIMOLAZIONE MAGNETICA TRANSCRANICA TMS



Registrazione EMG senza TMS



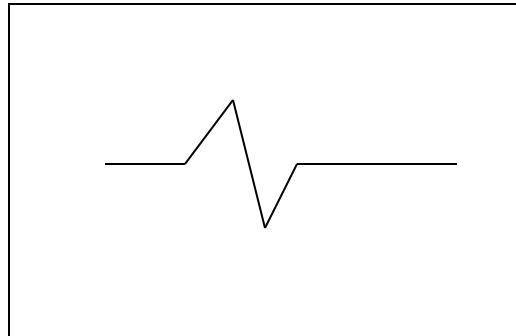
Registrazione EMG senza TMS

Durante il compito cognitivo



Registrazione EMG con TMS

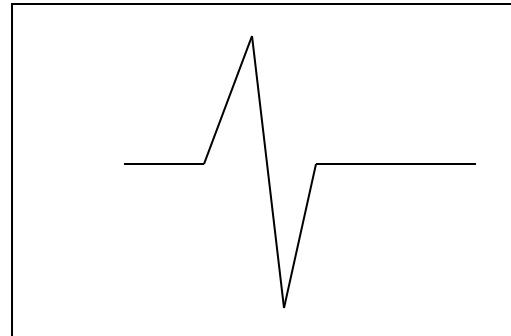
Senza compito cognitivo



Registrazione EMG con TMS

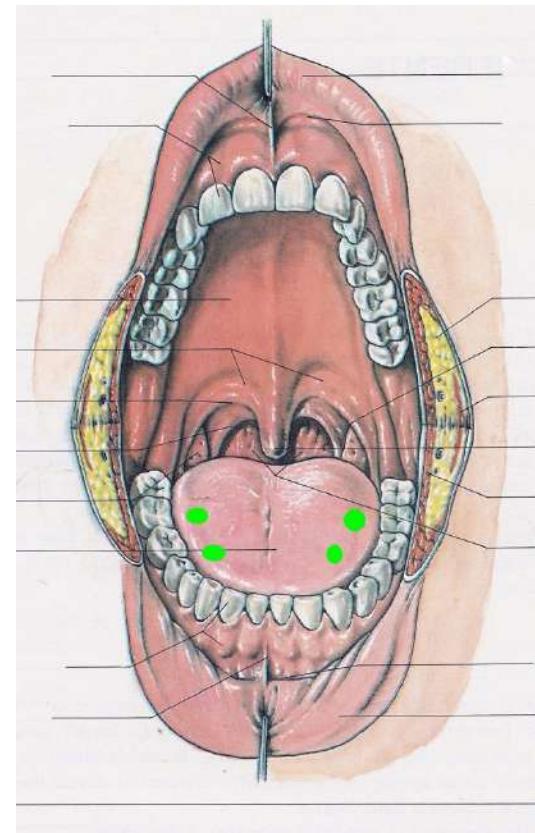
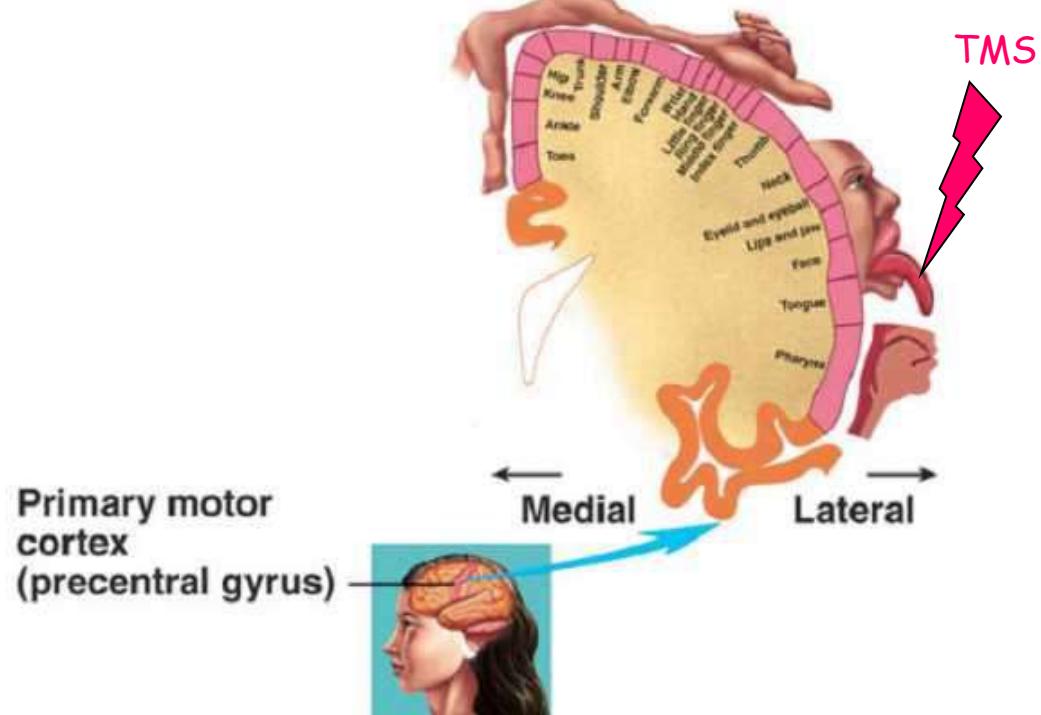
Durante un compito cognitivo

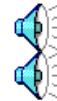
Se il sistema motorio è coinvolto

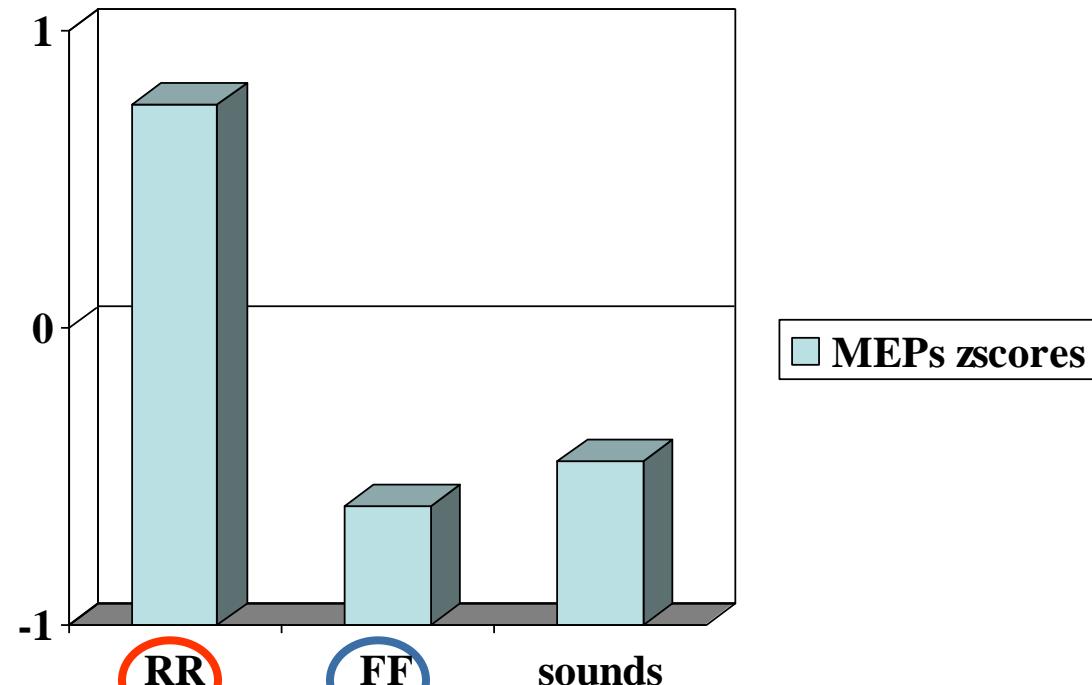


# Primary Motor Cortex

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



	<b>Parole</b>	<b>Pseudo-parole</b>	<b>Suoni bitonali</b>
<b>'rr'</b>	birra (bier)	berro 	
	carro (cart)	firra	
	cirro (cirrus)	forro	
	farro (spelt)	furra 	
	ferro (iron)	marro	
	mirra (myrrh)	merro	
	morra (morra)	parro 	
	porro (leek)	perro	
	serra (greenhouse)	vorro	
	terra (ground)	vurro	
<b>'ff'</b>	baffo (moustache)	biffo	
	beffa (hoax)	ciffo	
	buffo (funny)	leffa 	
	ceffo (snout)	meffa	
	coffa (crow's nest)	paffo	
	goffo (clumsy)	peffa	
	muffa (mold)	poffa	
	puffo (smurf)	seffa 	
	tuffo (dive)	viffa 	
	zaffo (plug)	voffo	



Coinvolge movimenti della lingua se pronunciata

RR

FF

sounds

Non coinvolge mov. della lingua se pronunciata

Le conoscenze sul linguaggio derivano dall'analisi dei disturbi neurologici del linguaggio

## Afasia

- **Un'alterazione del linguaggio che interessa la comprensione o la produzione di linguaggio o entrambe**
- dipende da lesioni (danni vascolari, traumi, tumori) di particolari zone del sistema nervoso principalmente appartenenti alla corteccia cerebrale.
- lesioni localizzate in diverse parti della corteccia cerebrale alterano in maniera specifica particolari aspetti del linguaggio

**ESEMPI DEI PRINCIPALI ERRORI  
NELLA PRODUZIONE DEI PAZIENTI AFASICI**

<b>Tipo di errore</b>	<b>Stimolo</b>	<b>Esempio</b>
Anomia	Tavolo	-
Anomia con circonlocuzione	Penna	Serve per scrivere
Parafasia fonemica	Ombrello	Ombello
Neologismo	Lampada	Cospivo
Parafasia verbale	Ciliege	Bicicletta
Parafasia semantica	Tavolo	Sedia
Gergo verbale	Descrizione barba	Sta attento. Allora un giorno tu sei... un giovane... allora senti domani prenderai quello lì sotto... sotto qui... tre delle cose lì sopra... son da prendere bianco... uno due da gonfiare... va a prendere quelle cose e si va a vedere cosa sono sotto lì due ragazzi e tiriamo via tre pezzi e mettiamo sotto a spostare i tre pezzi che prendiamo per vedere a far vedere tutta la cosa lì sotto... si ritrova lì sotto dove servono pian pianotto e poi si devono cambiare le cose giuste... si butta via... si gratta si sposta ben bene ed è tutto finito. stop
Gergo fonemico	Idem	La fincola... la fola... la uña con la... la beurega con la micheche... con la loidico currendo a beso di con lo chico. sì insomma...
Agrammatismo	Descrizione giornata	Mi alzo... e mamma mia... mi alzo... dormi... e alle 7 è sveglia... poi il pigiama mi alzo in bagno, i denti... lo spazzolino... le ascelle... poi mi rivesto la tuta... poi il caffelatte in cucina... poi il pulmino porta la... autobus. Vito... e Anna... poi va il pulmino a prendere... accompagna... poi riaccompagna... Vito... fisioterapista... Stefania... poi il braccio, la mano, la gamba... Stefania e parola... parlare parlare parlare... poi accompagna l'autista Vito... poi prepariamo il pranzo... pane... l'arrosto... zucchine... la frutta... poi giocando un gioco nuovo... poi ore sette e mezza dorme anch'io dorme
Stereotipia	Qualunque stimolo	Tinecauto totometè
	Idem	Giorgio Giorgio

# Afasie

- Linguaggio dei segni:
  - a differenza del linguaggio parlato, l'espressione non è verbale ma avviene mediante movimenti della mano e viene percepita attraverso le vie visive e non attraverso quelle uditive.
- Lesioni dell'emisfero sinistro nei sordomuti:
  - determinano afasia nell'utilizzo del linguaggio dei segni. Lesioni specifiche determinano deficit specifici di comprensione del linguaggio dei segni o di congruenza grammaticale o ricchezza nell'espressione gestuale.

## Afasie

- Quasi sempre il disturbo afasico è associato ad una difficoltà di elaborazione del linguaggio scritto, sia in ricezione (lettura) che in espressione (scrittura).

## APPRENDIMENTO

E' una modificazione relativamente duratura e stabile del comportamento a seguito di un'esperienza di solito ripetuta più volte nel tempo.

### APPRENDIMENTO ASSOCIAITIVO

Apprendimento delle relazioni che intercorrono tra 2 stimoli (condizionamento classico) e tra 1 stimolo e il comportamento (condizionamento operante)

## CONDIZIONAMENTO CLASSICO

Ivan Pavlov (1849, 1936), fisiologo russo, premio Nobel nel 1904 per la Medicina e la Fisiologia.

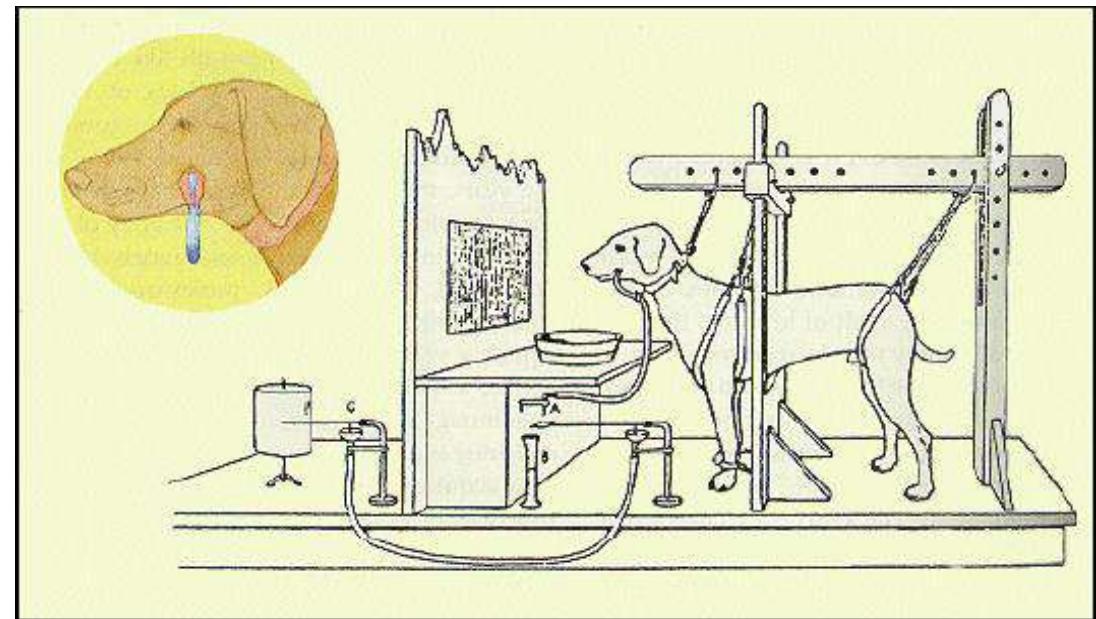
Studi sulla fisiologia della digestione mediante il metodo chirurgico dell'«esperimento cronico», con ampio uso di fistole artificiali, permettendo l'osservazione continua delle funzioni dei vari organi in condizioni relativamente normali, apre una nuova era nello sviluppo della fisiologia.

Il condizionamento classico si verifica quando uno stimolo neutro diventa un segnale per un evento che sta per verificarsi.

Se viene a crearsi un'associazione tra i due eventi possiamo parlare di stimolo condizionato per il primo evento e stimolo incondizionato per il secondo.



Uno dei cani di Pavlov, esposto imbalsamato al museo Pavlov di Rjazan



## **CONDIZIONAMENTO CLASSICO**

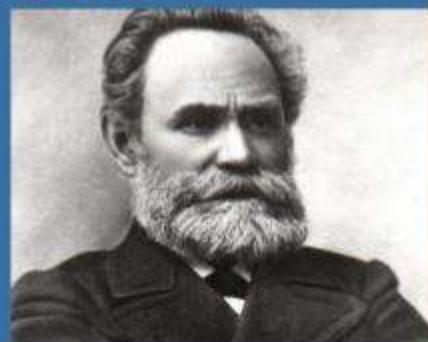
<https://www.youtube.com/watch?v=N5rXSjId0q4>

**Ivan Pavlov:  
Experiments in  
Conditioning**

# IVAN PAVLOV

(1849-1936) Physiologist

- Used "conditioning" to gain a predictable response from a stimulus
- Famous for behavioral experiment with dogs



# JOHN B. WATSON



(1878-1958): Psychologist

- Key researcher of behaviorism
- Famous for infant research and "Little Albert" experiment

<https://www.youtube.com/watch?v=FMnhyGozLyE>

## **Segment 11**

### **Watson's Famous Study: Conditioning a Rat Phobia In "Little Albert"**

**Length: 3:00**

**Source: Distributed exclusively by Penn State Media Sales on  
behalf of the Archives of the History of American Psychology.**

## PSYCHOLOGY AS THE BEHAVIORIST VIEWS IT

BY JOHN B. WATSON

*The Johns Hopkins University*

Psychology as the behaviorist views it is a purely objective experimental branch of natural science. Its theoretical goal is the prediction and control of behavior. Introspection forms no essential part of its methods, nor is the scientific value of its data dependent upon the readiness with which they lend themselves to interpretation in terms of consciousness. The behaviorist, in his efforts to get a unitary scheme of animal response, recognizes no dividing line between man and brute.

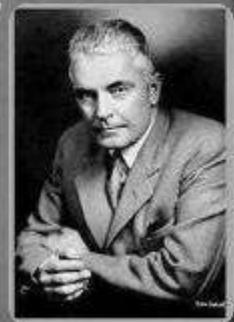
«Datemi una dozzina di bambini...e vi garantisco di riuscire, prendendoli a caso, ad allenarli a diventare un qualsiasi tipo di specialista-un dottore, un avvocato, un artista, un ladro, un mendicante-indipendentemente dal loro talento, abilità vocazione o dalla razza dei loro antenati»

Secondo i comportamentisti, la psicologia è una branca puramente sperimentale delle scienze naturali. Il suo fine è la previsione e il controllo del comportamento.

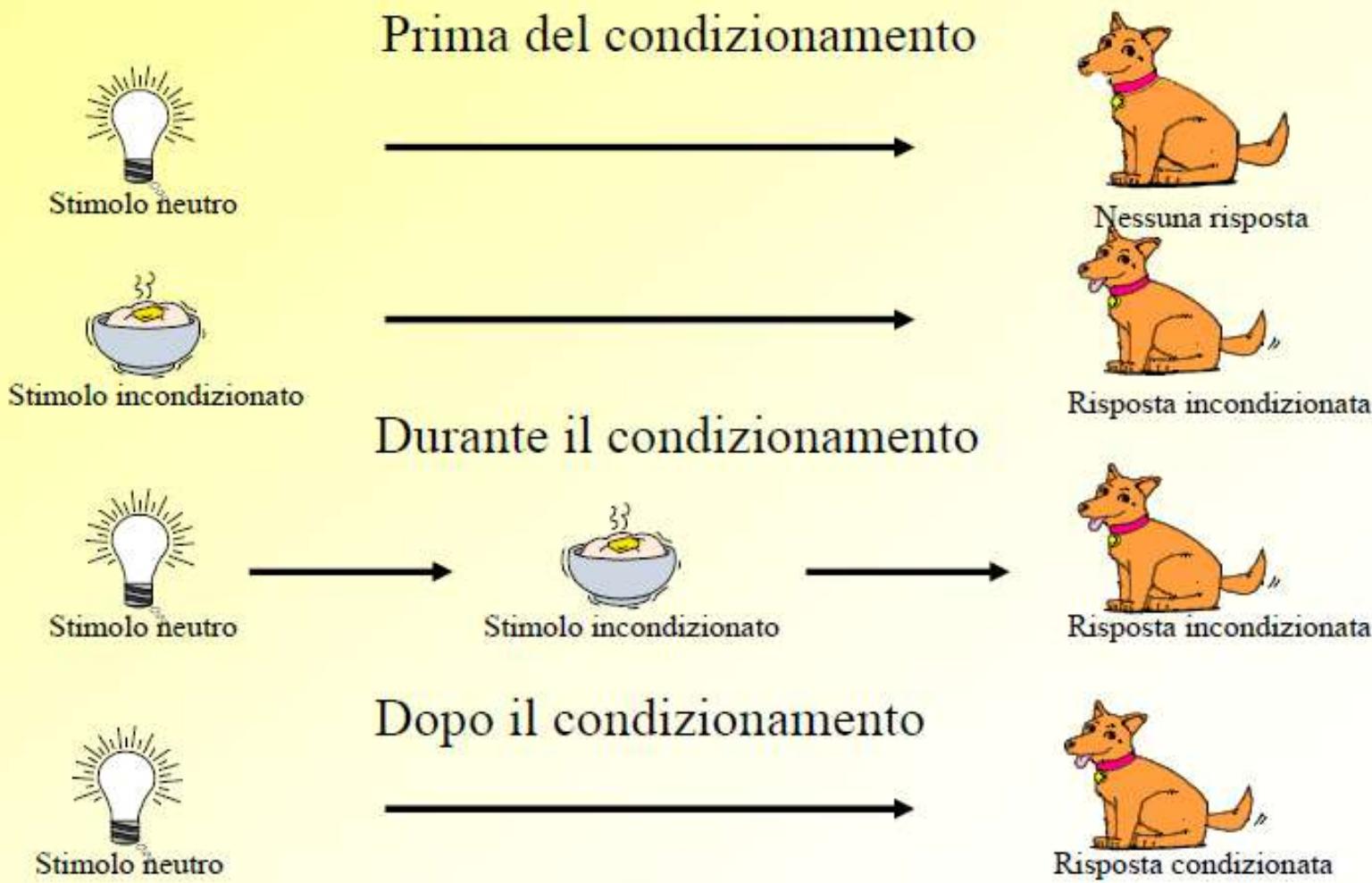
## Behaviorism

- "*Give me a dozen healthy infants, well-formed, and my own specified world to bring them up in and I'll guarantee to take any one at random and train him to become any type of specialist I might select – doctor, lawyer, artist, merchant-chief and, yes, even beggar-man and thief, regardless of his talents, penchants, tendencies, abilities, vocations, and race of his ancestors.*"

--John Watson, **Behaviorism**, 1930



# CONDIZIONAMENTO CLASSICO



## Processi base del CONDIZIONAMENTO CLASSICO

Processo di acquisizione:

quando si forma l'associazione SC + SI

Processo di estinzione

quando si continua a presentare SC ma non SI, la risposta condizionata (RC) si estingue

Recupero

RC viene velocemente recuperata al riapparire dell'associazione SC + SI.

## Fattori che caratterizzano l'apprendimento per associazione

**Generalizzazione:** Stimoli simili allo stimolo condizionato tenderanno anch'essi a suscitare la risposta condizionata

**Discriminazione:** E' possibile addestrare un animale a non rispondere a stimoli simili tra loro

Individuazione della soglia differenziale negli animali

## Condizionamento di ordine superiore: Associazione S-S

suono (SC1) → salivazione (RC)

suono (SC1) + luce (SC2) → salivazione (RC)

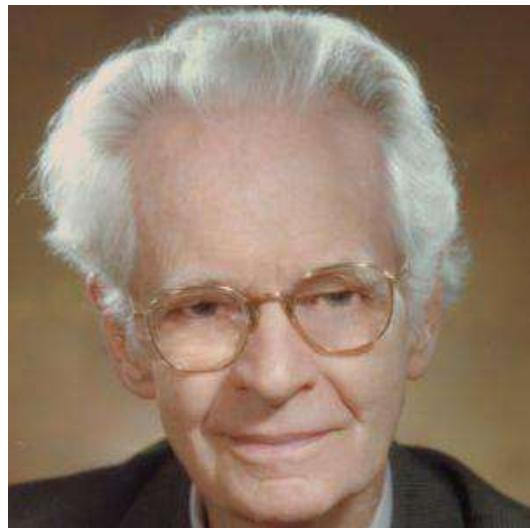
luce (SC2) → salivazione (RC)

## CONDIZIONAMENTO CLASSICO

E' possibile misurare la forza di condizionamento:

- Ampiezza della risposta condizionata (RC)
  - gocce di saliva, misura della contrazione muscolare, ecc.
- Latenza della risposta condizionata
  - prontezza con cui la RC segue l'inizio dello stimolo condizionato
- Numero delle prove necessarie per raggiungere un criterio di condizionamento
  - numero di rinforzi necessari prima della comparsa della prima RC individuabile (o ad es. le prime cinque RC)
- Probabilità della risposta condizionata
  - percentuale delle prove in cui compare una RC individuabile

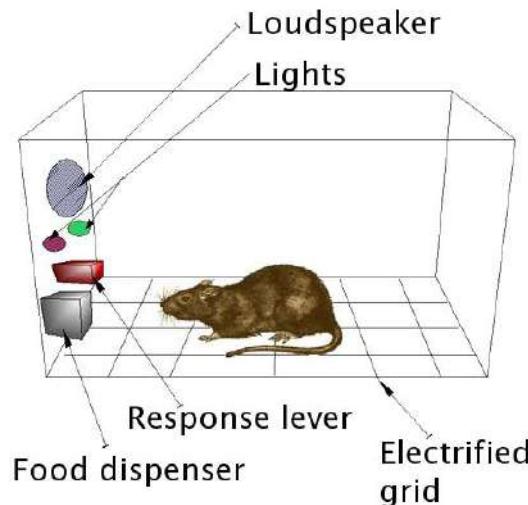
## CONDIZIONAMENTO OPERANTE



Quello di condizionamento operante è uno dei concetti fondamentali del **comportamentismo**.

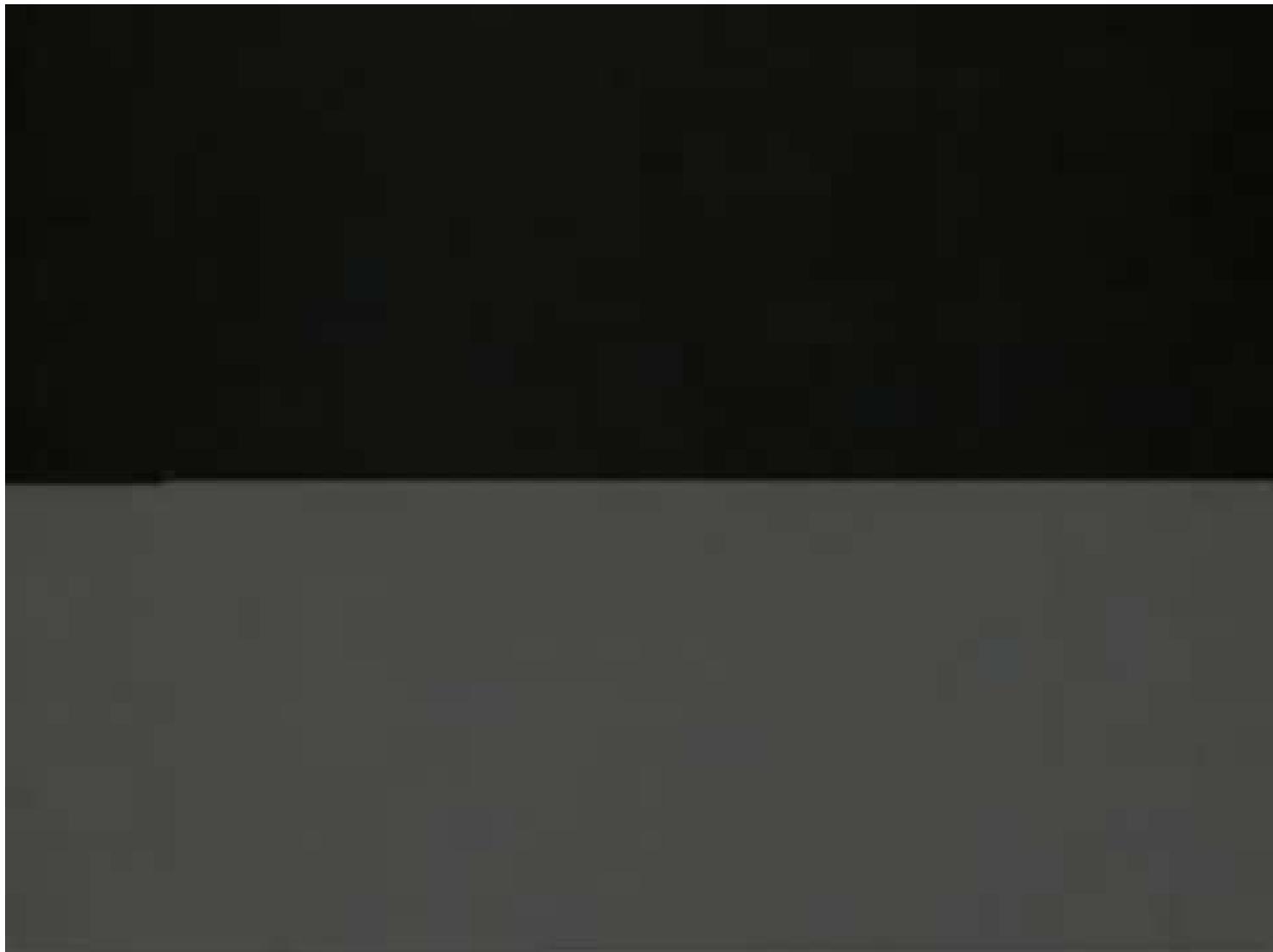
Il condizionamento operante è una procedura generale di modifica del comportamento di un organismo, ossia è una modalità attraverso la quale l'organismo "apprende".

Burrhus Frederic Skinner, inventò la camera di condizionamento operante, nota anche come "Skinner Box".



## **CONDIZIONAMENTO OPERANTE**

<https://www.youtube.com/watch?v=L-DgV2vixSo>

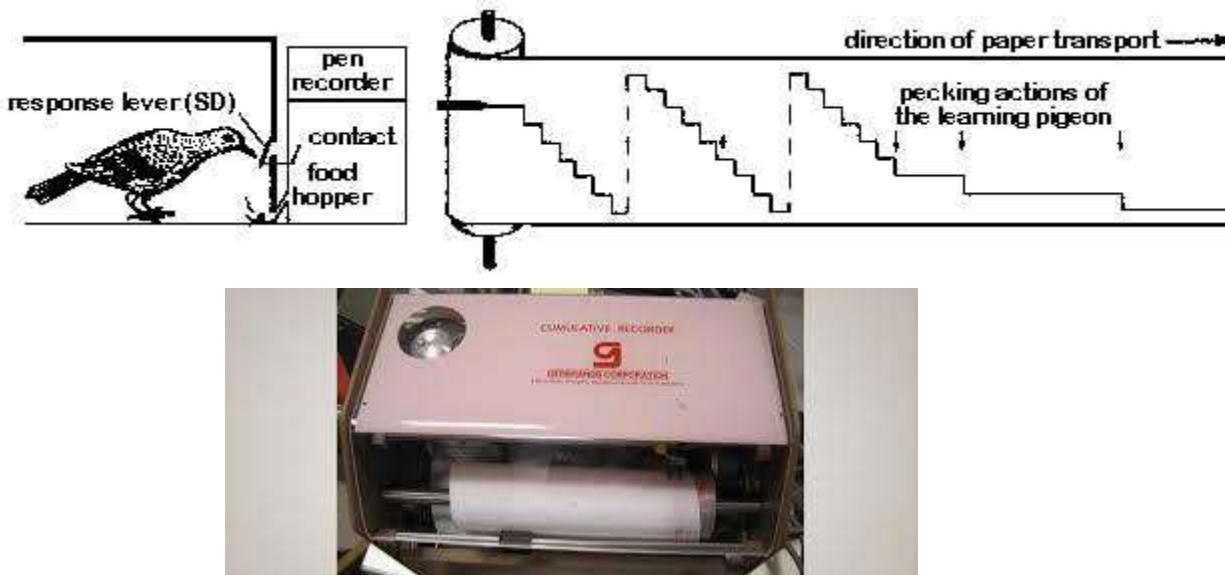


# CONDIZIONAMENTO OPERANTE 1971 Skinner demonstrates operant conditioning

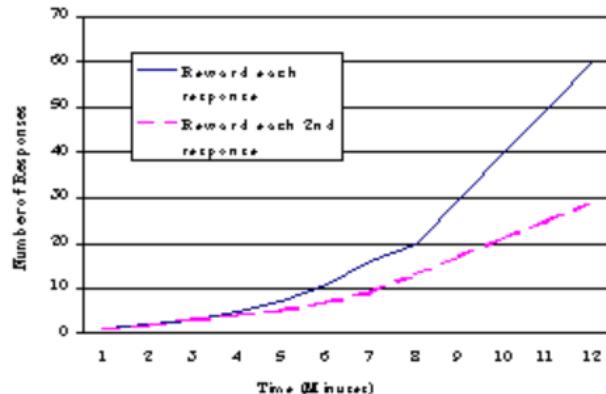
[www.youtube.com/watch?v=cDM4E2c3gS8](https://www.youtube.com/watch?v=cDM4E2c3gS8)



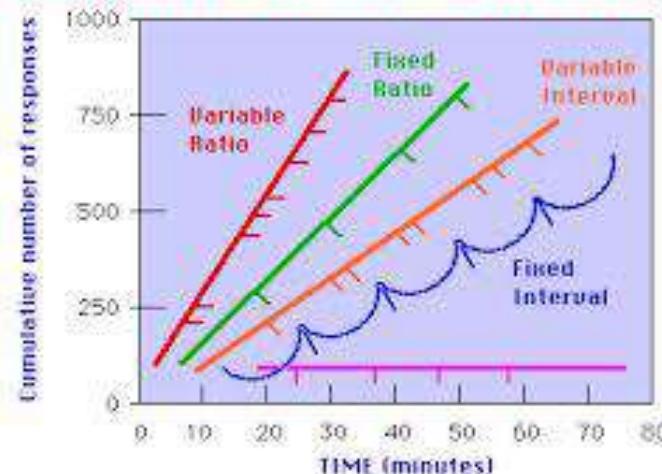
Skinner introdusse la **frequenza di presentazione dei comportamenti come variabile dipendente** nella ricerca psicologica. Inventò il cumulative recorder come strumento per misurare la frequenza dei comportamenti



*Graph from a Cumulative Recorder*



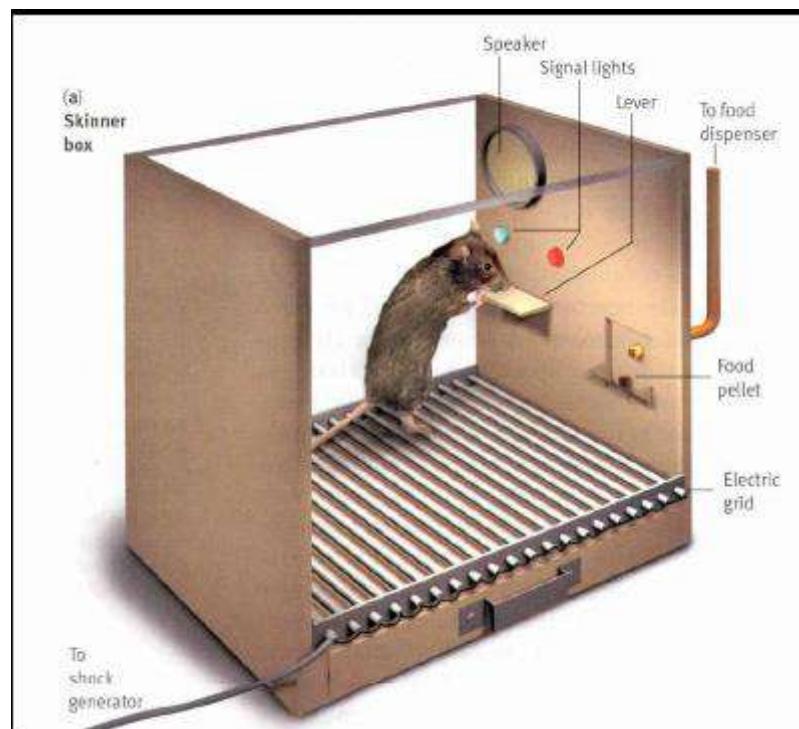
## SCHEDULES OF REINFORCEMENT



## CONDIZIONAMENTO OPERANTE

quando l'organismo impara le relazioni che intercorrono tra uno stimolo e il comportamento dell'organismo stesso.

- Il comportamento è emesso (non evocato)
- Il comportamento è operante in quanto opera sull'ambiente per produrre un effetto



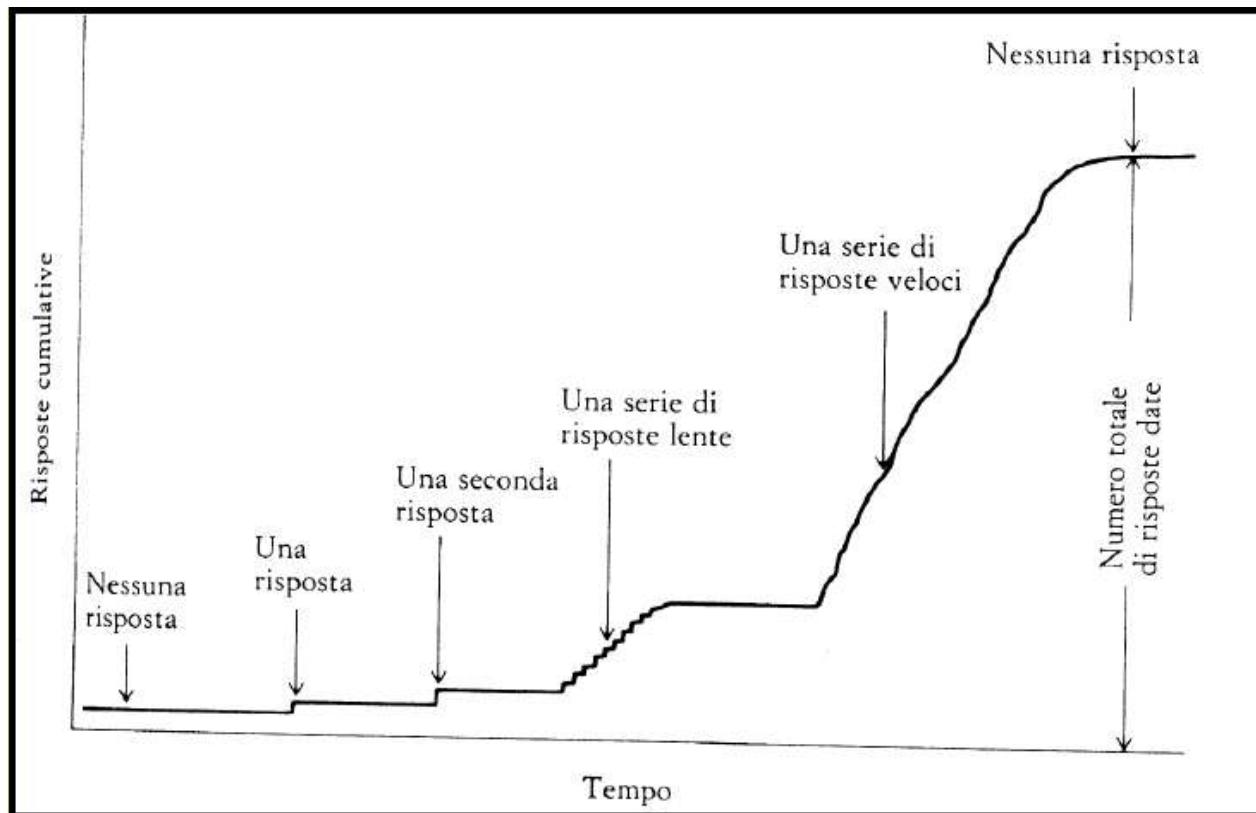
## **come avviene il condizionamento operante con rinforzo positivo**

- la gabbia contiene un meccanismo che somministra cibo in seguito all'abbassamento di una leva
- inizialmente il ratto senza addestramento abbassa la leva solo per caso
- in seguito al rinforzo positivo (cibo) il ratto abbassa la leva sempre più spesso
- ogni rinforzo rende più probabile un successivo abbassamento della leva

il comportamento di abbassamento è **selezionato**

## CONDIZIONAMENTO OPERANTE

- Leva che se premuta somministra cibo
- Inizialmente il ratto abbassa la leva solo per caso
- In seguito alla somministrazione di cibo il ratto abbassa la leva sempre più spesso
- Quando l'abbassamento della leva non produce più rinforzi positivi si ha una graduale estinzione del comportamento



**modellaggio**      tecnica per selezionare velocemente il comportamento desiderato  
funziona per approssimazioni successive

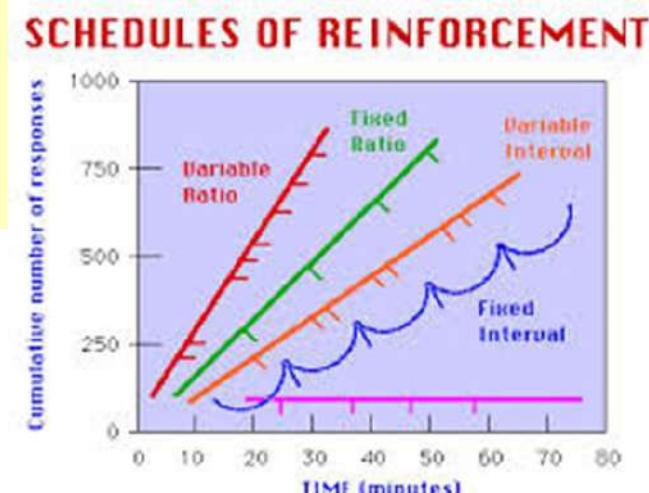
- esempio**
- 1 il ratto riceve cibo ogni volta che si avvicina alla leva  
il ratto impara a stare vicino alla leva
  - 2 il ratto riceve cibo solo quando tocca la parete dove c'è la leva  
il ratto impara a toccare la parete dove c'è la leva
  - 3 il ratto riceve cibo solo quando abbassa la leva  
il ratto impara ad abbassare la leva

il modellaggio permette di evitare che il comportamento desiderato accada casualmente ed è necessario quando il comportamento non potrebbe accadere spontaneamente

**rinforzo intermittente**      l'apprendimento è più veloce e più stabile riducendo la frequenza del rinforzo  
il comportamento è mantenuto a lungo anche durante la fase di estinzione  
inizialmente la riduzione deve essere lenta per evitare estinzione

diversi programmi di rinforzo intermittente

intervallo fisso	rinforzo ogni <b>X</b> secondi
intervallo variabile	rinforzo ogni <b>X</b> secondi <b>circa</b>
rapporto fisso	rinforzo ogni <b>X</b> risposte
rapporto variabile	rinforzo ogni <b>X</b> risposte <b>circa</b>



## CONDIZIONAMENTO OPERANTE

E' possibile misurare la forza del condizionamento operante:

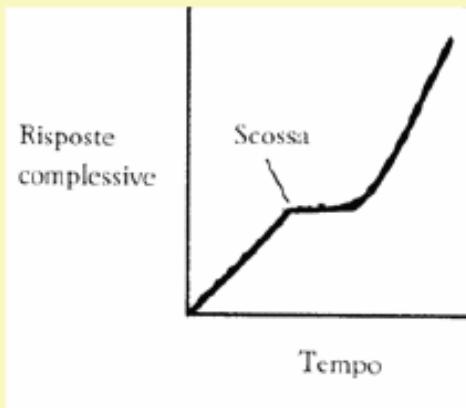
- Frequenza di risposta (curva cumulativa)
- Numero totale di risposte durante l'estinzione

- rinforzo positivo → presentazione di uno stimolo che soddisfa un bisogno (cibo, acqua)
- rinforzo negativo → cessazione di uno stimolo negativo (scossa, rumore)
- punizione → presentazione di uno stimolo avversivo
- rinforzo intermittente → il rinforzo è presentato solo ogni tanto con intervalli temporali fissi o variabili
- no rinforzo → assenza di rinforzi positivi o negativi

## **punizione**

stimolo che riduce le probabilità della risposta che lo precede

**esempio** quando abbassa la leva il ratto riceve una scossa  
la probabilità del comportamento di abbassamento della leva si riduce



la punizione funziona solo per poco tempo  
il comportamento si riduce ma in seguito ricompare e con un ritmo superiore

per eliminare un comportamento è meglio estinguerglielo con l'assenza di rinforzi positivi oppure rinforzare positivamente un altro comportamento incompatibile

## **risposta di fuga**

**esempio**

comportamento seguito da un rinforzo negativo  
(Rinforzo negativo = cessazione di uno stimolo negativo)

abbassando la leva la scossa cessa  
il rinforzo negativo rende più probabile in futuro la risposta di abbassamento della leva

Rinforzo primario:  
legato alla sopravvivenza in quanto risponde a bisogni innati (ad es., il cibo).

Rinforzo secondario è invece il risultato di un processo di apprendimento, mediante il quale esso ha acquisito capacità attrattive.

Ad esempio:

Un bambino piange e riceve subito il latte materno. Il latte agisce come rinforzo primario alla risposta del pianto, come tale aumenta le probabilità che il bambino pianga nuovamente quando avrà di nuovo fame.

Tuttavia, anche la presenza della madre viene associata alla riduzione della fame, acquistando così proprietà di rinforzo secondario. La presenza della madre finirà per essere ricercata di per se stessa.

## Rinforzi positivi secondari

- TANGIBILE



- DINAMICO



- SOCIALE



- SIMBOLICO



- INFORMATIVO



## **discriminazione**

un comportamento è rinforzato solo quando è accompagnato da un certo stimolo  
l'animale impara a discriminare lo stimolo e produce il comportamento solo quando lo stimolo è presente

**esempio** il ratto riceve cibo solo quando abbassa la leva in presenza di un tono di 1000 Hz

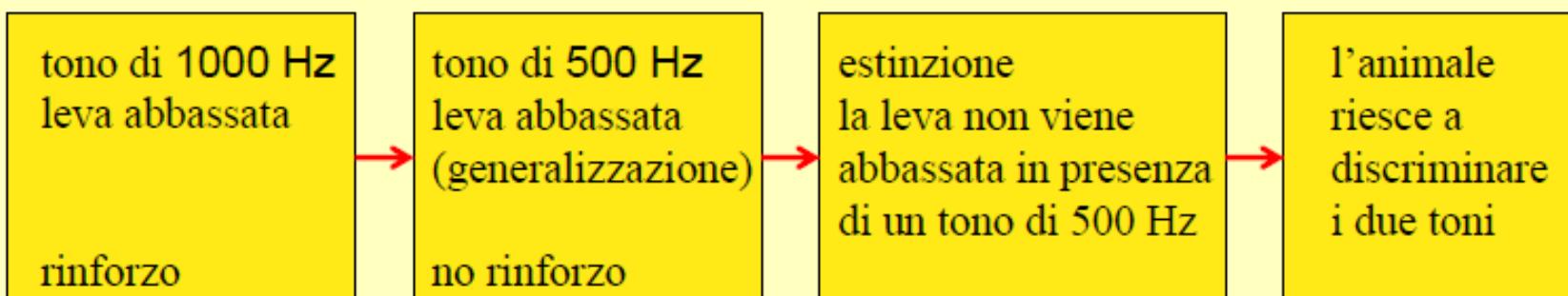
## **generalizzazione**

risposta a stimoli simili allo stimolo che è stato rinforzato

**esempio** il ratto abbassa la leva anche in presenza di un tono di 500 Hz

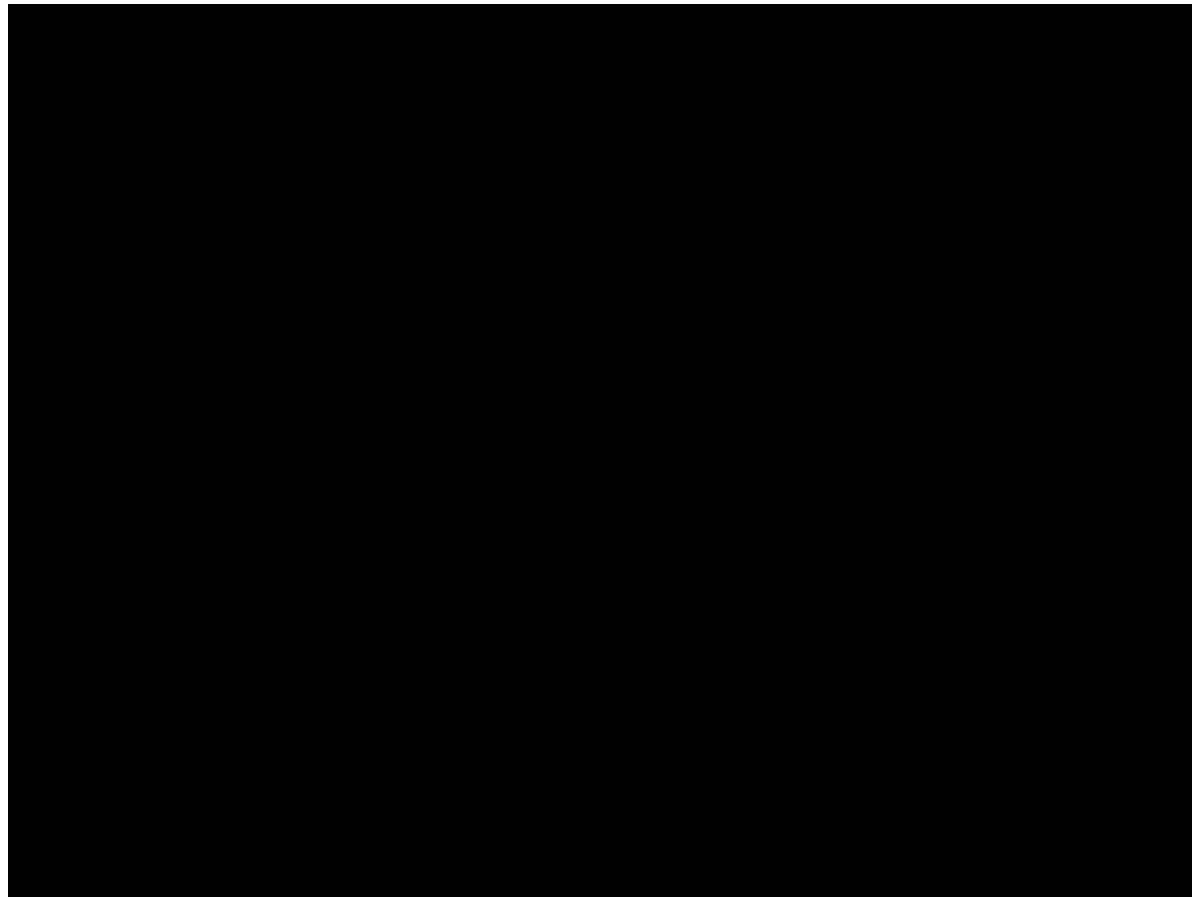
## **psicofisica animale**

studia le capacità sensoriali di diverse specie animali tramite discriminazione di stimoli molto simili



## **Impotenza appresa**

<https://www.youtube.com/watch?v=wBHe9y3KFLM>



<b>evitamento</b>	apprendimento ad evitare una punizione rispondendo con la fuga ad uno stimolo che la precede
esempio	la scossa è preceduta da una luce il cane impara a saltare dall'altra parte della gabbia non appena si accende la luce evitando la punizione
l'evitamento è molto persistente	si basa sull'associazione stimolo di avvertimento - punizione che rende lo stimolo uno stimolo condizionato avversivo
<b>impotenza appresa</b>	in seguito all'esposizione a stimoli avversivi senza possibilità di fuga è molto più difficile apprendere un comportamento di evitamento
Seligman e Meier (1975)	cani che hanno ricevuto scosse senza poterle interrompere non imparano un successivo compito di evitamento cani che hanno ricevuto lo stesso numero di scosse ma che potevano interromperle imparano un successivo compito di evitamento

## CONDIZIONAMENTO OPERANTE: APPRENDIMENTO DI ABILITA' MOTORIE

Eseguire un'azione per ottenere un rinforzo (es. fare canestro)

<https://youtu.be/n7UcobScnck>

Nel 1967 Fitts & Posner presentano la teoria dell'apprendimento motorio, tuttora ritenuta valida

Fitts, P.M., & Posner, M.I. (1967). *Human performance*. Belmont, CA: Brooks-Cole.



### THREE STAGES OF LEARNING A MOTOR SKILL



## LIVELLO COGNITIVO:

- L'individuo deve capire esattamente cosa è necessario per eseguire correttamente il movimento
- Si verificano errori frequenti
- Attenzione rivolta alle decisioni & procedure step-by-step
- Alte richieste attente
- Tendenza a eseguire il movimento lentamente
- Necessari molti feedback da parte dell'insegnante/allenatore

### Suggerimenti per gli insegnanti:

- Dare dimostrazione del movimento
- Permettere molto tempo per la pratica e mostrare ripetutamente il movimento
- Non dare troppe informazioni e utilizzare istruzioni verbali brevi

## LIVELLO ASSOCiativo:

- L'esecuzione del movimento viene raffinata
- Si verificano meno errori
- L'individuo gradualmente ottiene più successi e i movimenti sono più fluidi
- L'individuo inizia ad utilizzare feedback intrinseci o cinestetici (di movimento)

Suggerimenti per gli insegnanti:

- Questo livello solitamente dura più a lungo di quello cognitivo
- È un livello in cui i miglioramenti si verificano velocemente
- I movimenti appresi diventano più fluidi, più accurati, l'esecuzione ha tempi più adeguati ed è più efficiente
- Iniziare ad utilizzare informazioni più complesse e dettagliate
- L'individuo può eseguire l'abilità in molte situazioni diverse
- Iniziare a utilizzare la competizione per favorire l'apprendimento

## LIVELLO AUTONOMO:

ALCUNI RAGGIUNGONO QUESTO LIVELLO SOLO DOPO  
MOLTI ANNI DI PRATICA, ALTRI NON LO RAGGIUNGONO  
MAI

- La successione dei movimenti e i tempi di esecuzione sono automatici
- Meno attenzione consapevole
- Elaborazione di molte informazioni senza l'utilizzo dell'attenzione cosciente
- L'individuo valuta in modo autonomo la propria prestazione e la corregge
- Livelli alti di fluidità, efficienza, accuratezza e esecuzione che non implica stress

1951

*Solomon E. Asch*

SWARTHMORE COLLEGE

EFFECTS OF  
GROUP PRESSURE UPON  
THE MODIFICATION AND  
DISTORTION OF JUDGMENTS

Il rinforzo consiste nella  
**condivisione della risposta**  
con gli altri componenti del gruppo

<https://www.youtube.com/watch?v=qA-gbpt7Ts8>

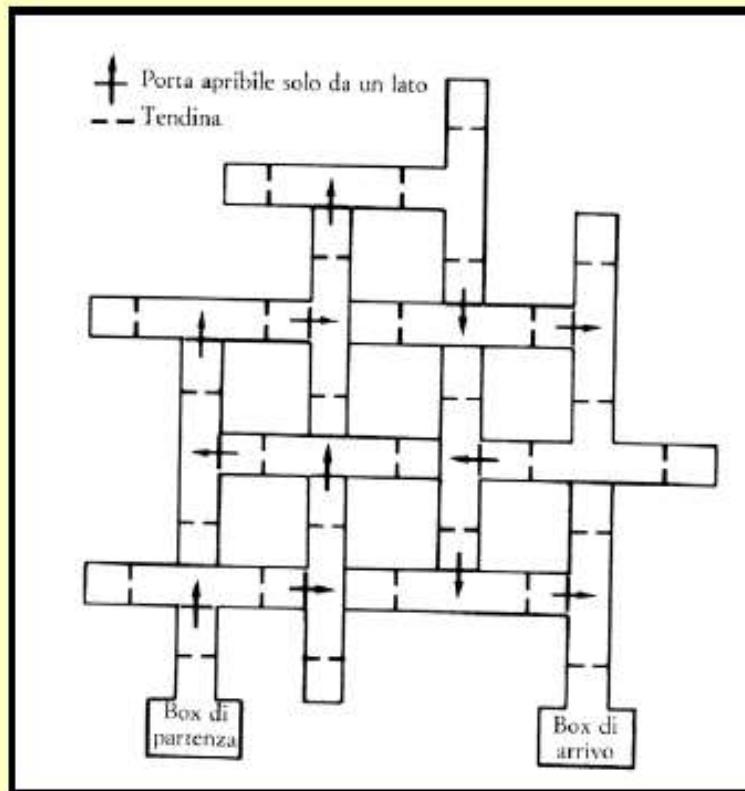


## processi cognitivi negli animali

Tolman



apprendimento latente

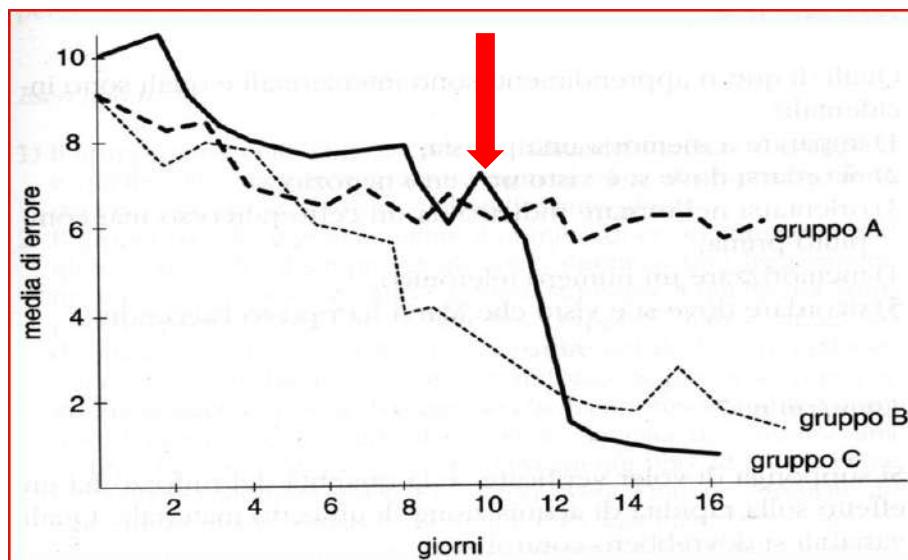


i ratti affamati vengono messi in un labirinto complesso che ha molti vicoli ciechi  
i ratti devono imparare la strada dalla partenza all'arrivo  
con l'aumentare del numero delle prove, i ratti fanno sempre meno errori.

pianta di un labirinto usato nello studio dell'apprendimento latente nei ratti

## Tre gruppi di ratti percorrono ogni giorno un labirinto

- al gruppo A non viene dato alcun rinforzo
- al gruppo B viene dato un rinforzo ogni volta che raggiunge il traguardo
- al gruppo C viene dato un rinforzo solo a partire dall'11 giorno



## esperimento di Tolman e Honzik 1930

tre gruppi di ratti devono percorrere ogni giorno uno stesso labirinto

- 1 al primo gruppo non viene dato alcun rinforzo
- 2 ai ratti del secondo gruppo viene somministrata una ricompensa in cibo ogni volta che raggiungono il traguardo
- 3 il terzo gruppo riceve un rinforzo positivo solo a partire dall'11° giorno

i ratti apprendono una **mappa cognitiva** del labirinto ed elaborano una **rappresentazione mentale** del percorso

l'apprendimento avviene anche in assenza di rinforzo e anche quando non è visibile       apprendimento latente

il comportamento **non** è guidato meccanicamente da stimoli esterni  
è intenzionale e motivato dal raggiungimento di obiettivi  
**(comportamentismo intenzionale)**



## Interpretazione

Per affermare che è avvenuto un apprendimento è necessario osservare una modifica del comportamento.

Se però non avviene alcuna modifica non è possibile affermare nulla.

Infatti, l'apprendimento potrebbe essere presente ma non evidente.

L'apprendimento si manifesta con un comportamento:

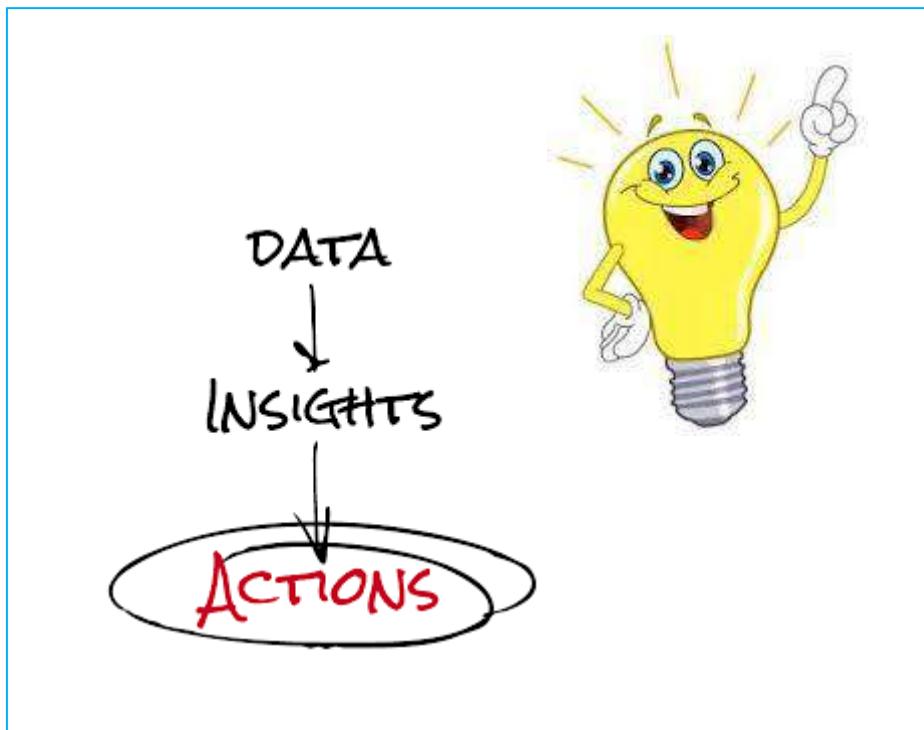
Condizionamento classico: risposta fisiologica a stimoli

Condizionamento operante: azione per ottenere un risultato

Apprendimento latente: azione quando necessaria a ottenere un risultato

**Insight, intuizione:**

elaborazione dei dati e esecuzione di un comportamento per ottenere un risultato

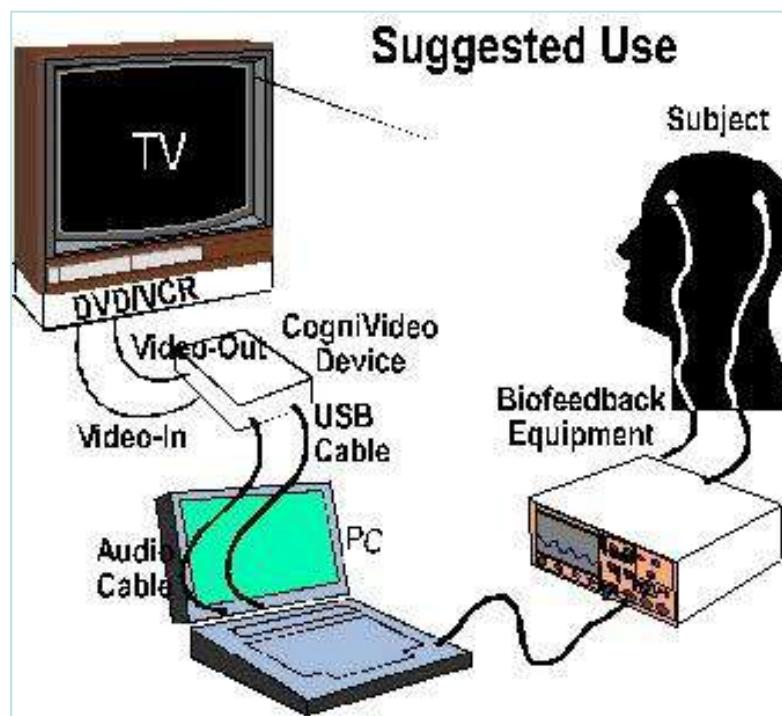


# **Wolfgang Kohler: Experiments in Ape Intelligence**

<https://youtu.be/FwDhYUlbxQ>

# Si può apprendere a modificare le proprie risposte fisiologiche! Sì, con il biofeedback!

- EEG: elettroencefalogramma
- EMG: elettromiogramma
- ECG: elettrocardiogramma
- Temperatura cutanea
- Respirazione
- Dilatazione pupillare
- ..
- ..



## Le apparecchiature

Moderni Poligrafi con tecnologia wireless (wi-fi o blue tooth)



Modulo EMG



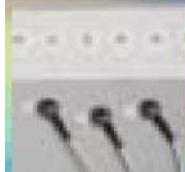
Modulo  
HR  
GSR  
Temperatura



Modulo  
Respiratorio

## Le apparecchiature I sensori

sono di diverso tipo in base alla risposta psicofisiologica da rilevare



EMG



Respiratori



HR



Per incontinenza



Temperatura



GSR

## Le apparecchiature

### Il Feedback



Il feedback visivo è realizzato mediante la rappresentazione a barre su "display" LCD o di simboli di varia natura su monitor per computer.



Il feedback acustico consiste in un suono variabile in frequenza (solitamente secondo 3 modalità selezionabili), riprodotto in un piccolo altoparlante oppure, in alternativa, in una cuffia.



Sposta la mongolfiera a destra!