

# I sistemi mirror e le basi neurali dell' intersoggettività



**Azioni**

**Intenzioni**

**Emozioni**

**Sensazioni**

**Osservazione di un  
comportamento**

**Stimolo esterno**

**Stimolo interno**

**Sistema sensoriale**

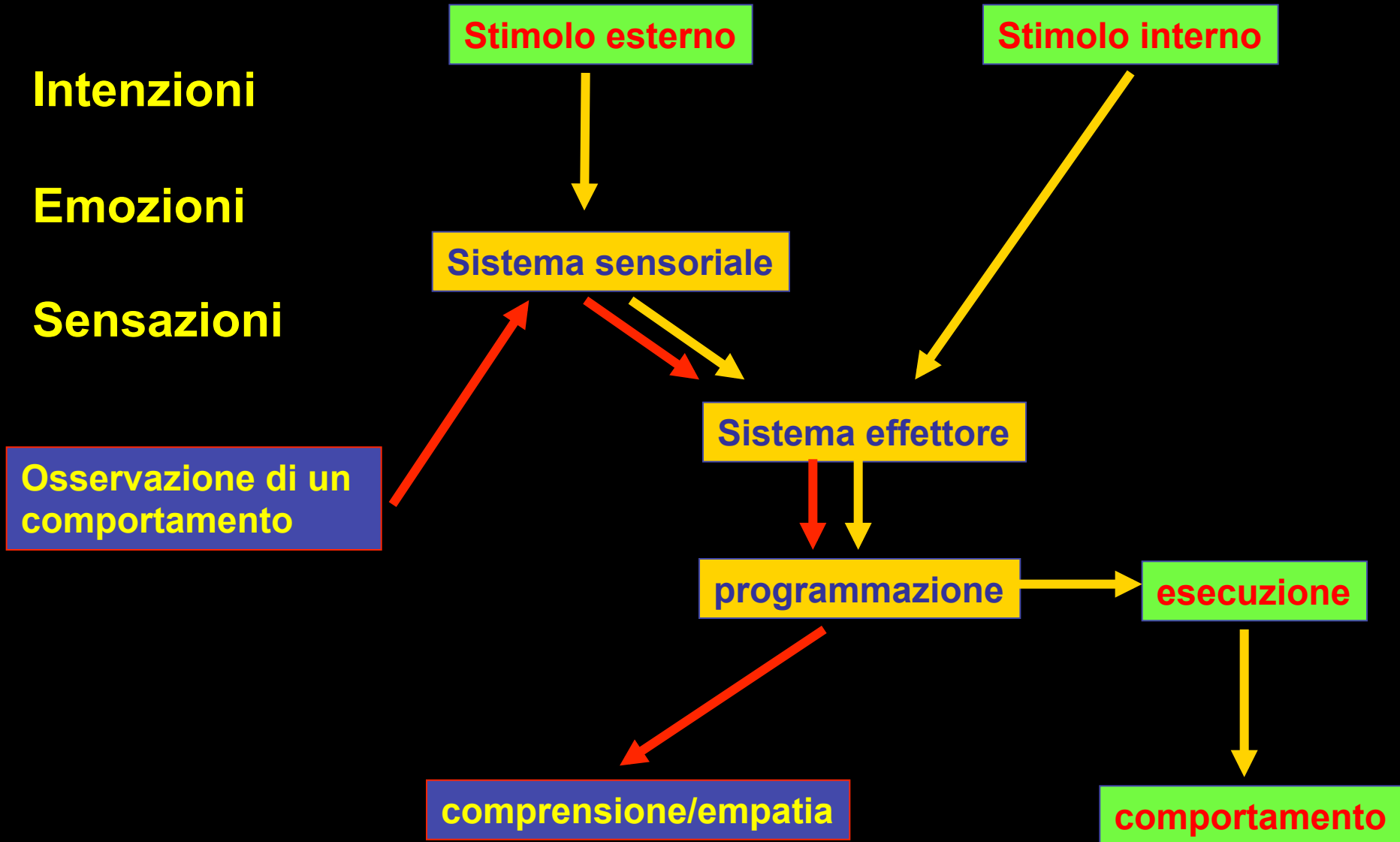
**Sistema effettore**

**programmazione**

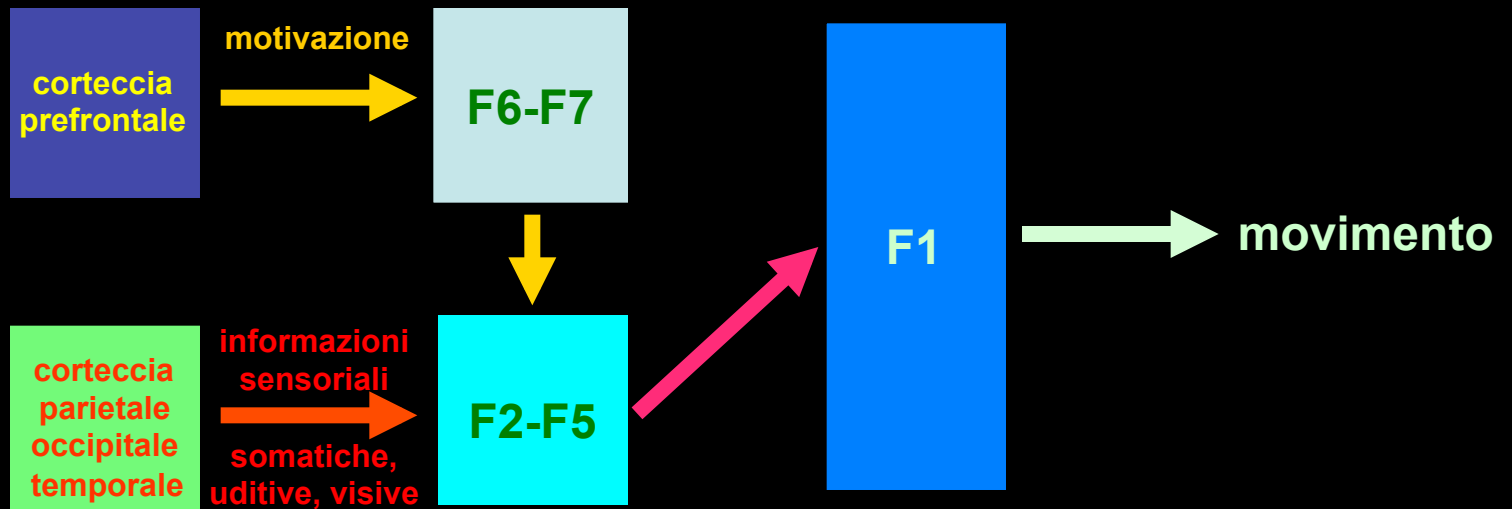
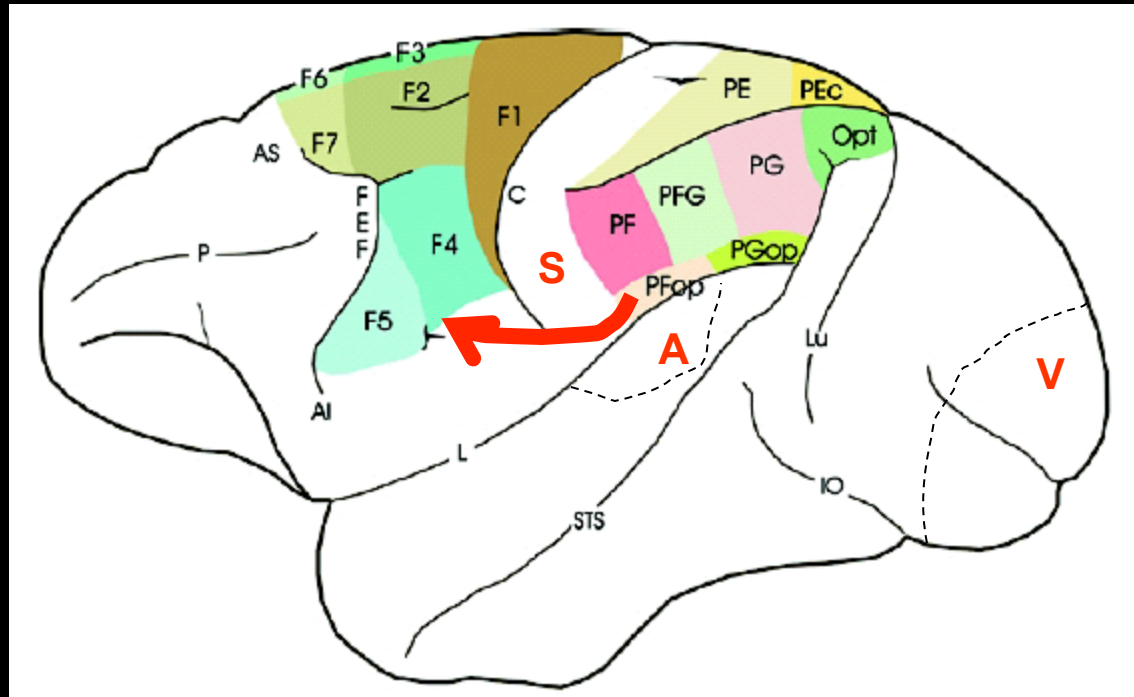
**esecuzione**

**comprensione/empatia**

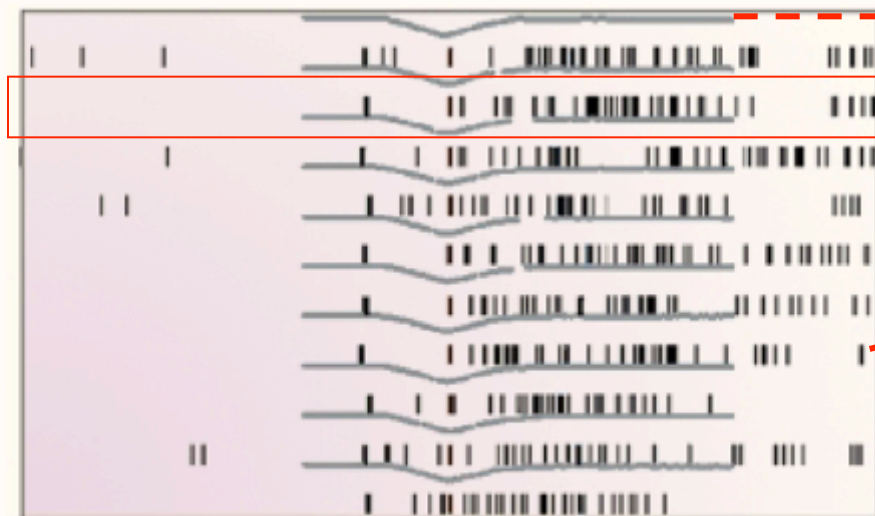
**comportamento**



# Comprendere azioni ed intenzioni



**a**



cinematica del movimento

singola prova

singolo potenziale d'azione

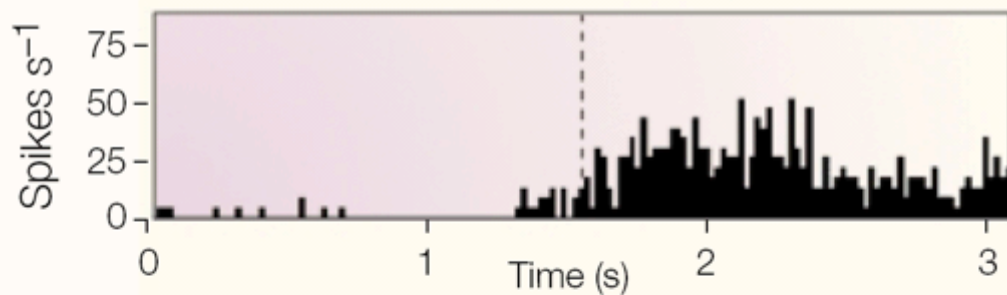
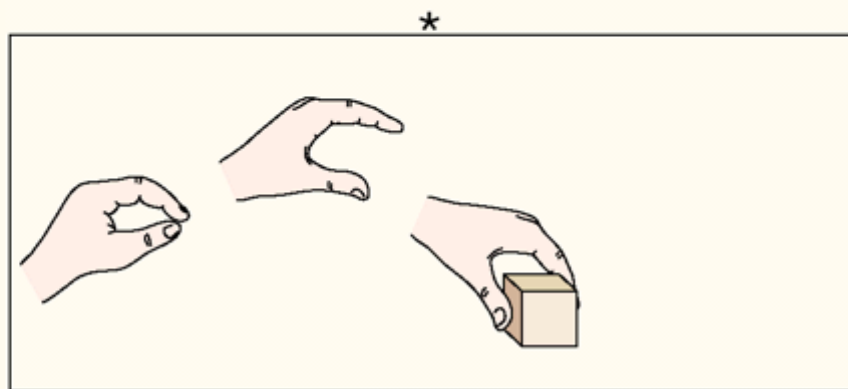
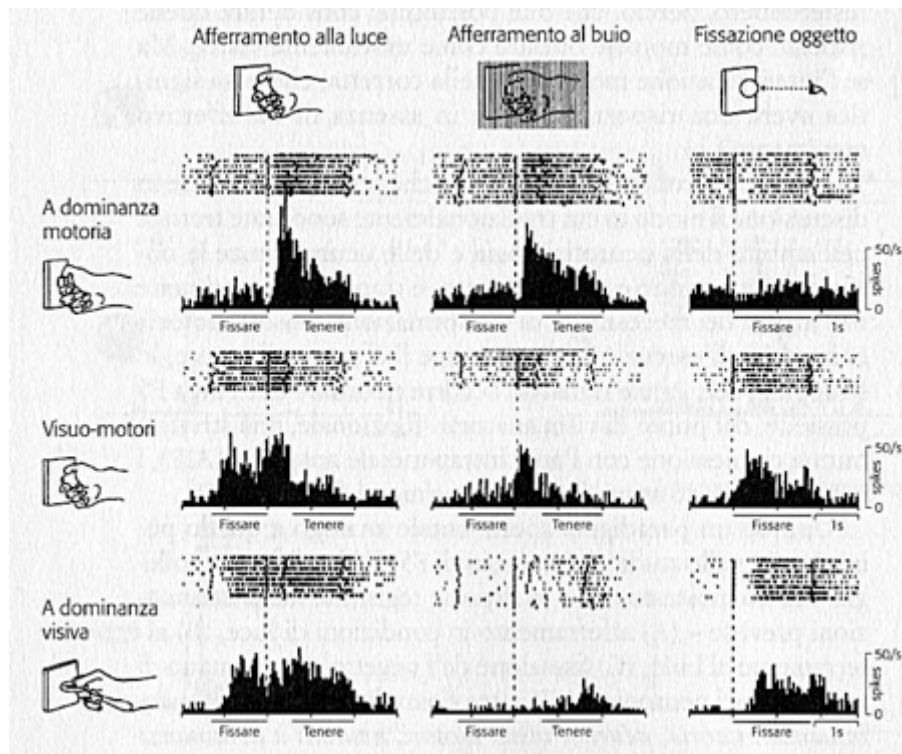


grafico cumulativo  
(pot. az./sec)



movimento

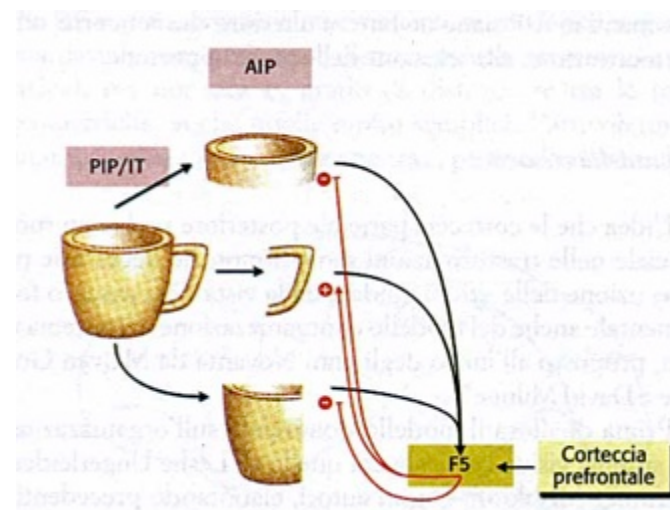




**Motor dominant neurons**  
no oggetto  
grasping luce-buio

**Visuo-motor neurons**  
oggetto  
grasping luce-buio

**Visual dominant neurons**  
oggetto  
grasping alla luce no al buio



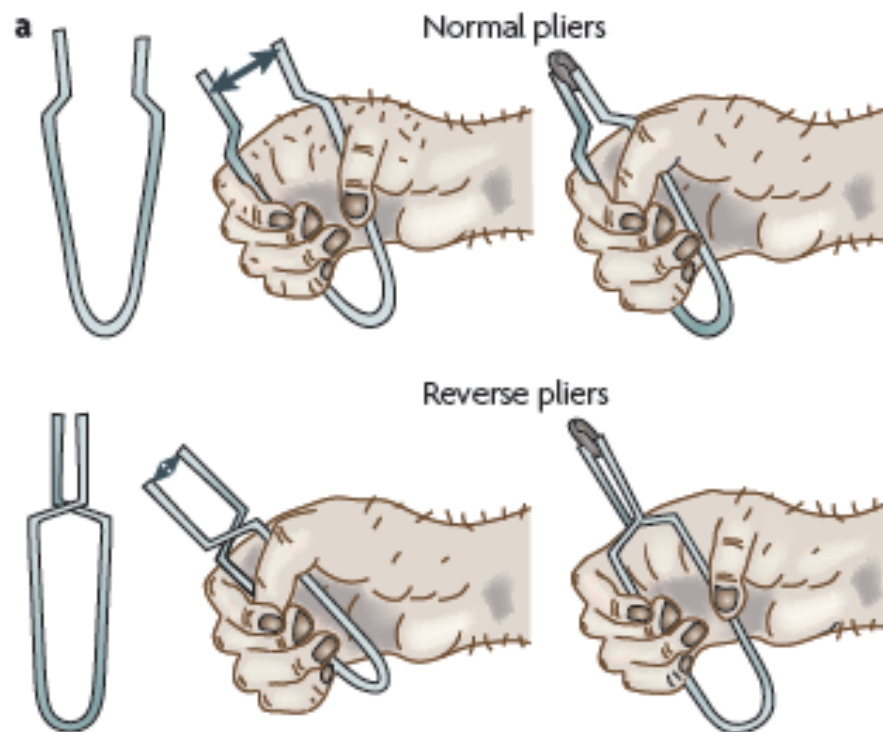
I **neuroni di F5** codificano **azioni** piuttosto che **movimenti** (afferrare, tenere, strappare, ecc...)

I neuroni attivi durante un'azione (afferrare) non sono attivi durante un'altra azione (es. strappare), anche se entrambe coinvolgono gli stessi muscoli

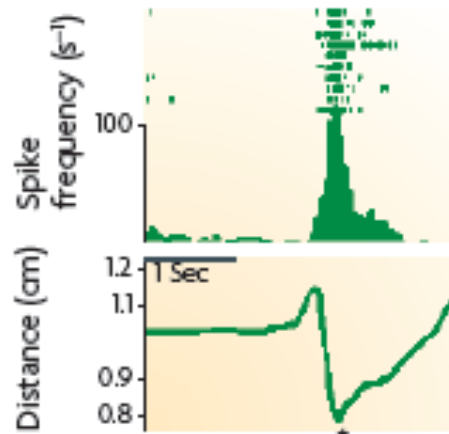
F5 contiene un **vocabolario di azioni base** che facilita:

- la programmazione di movimenti complessi (come somma di movimenti semplici)
- l'associazione fra le informazioni sensoriali sull'oggetto e la generazione di sequenze motorie adeguate per l'interazione desiderata

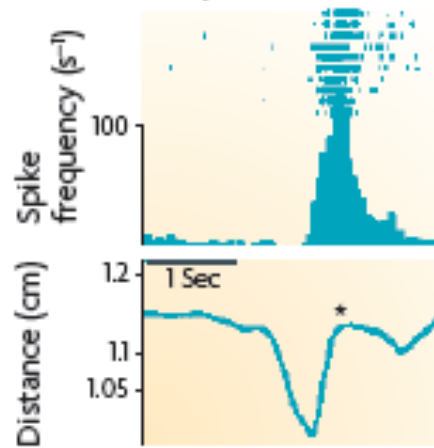


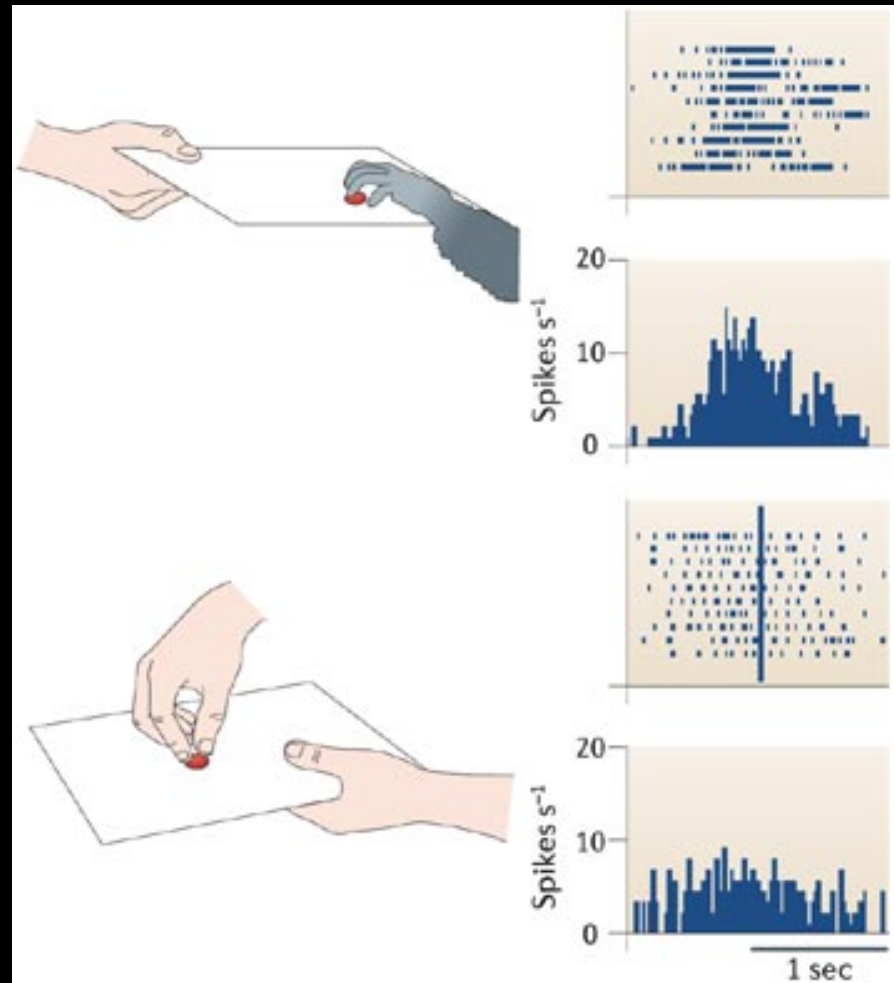


**b Normal pliers**



**Reverse pliers**

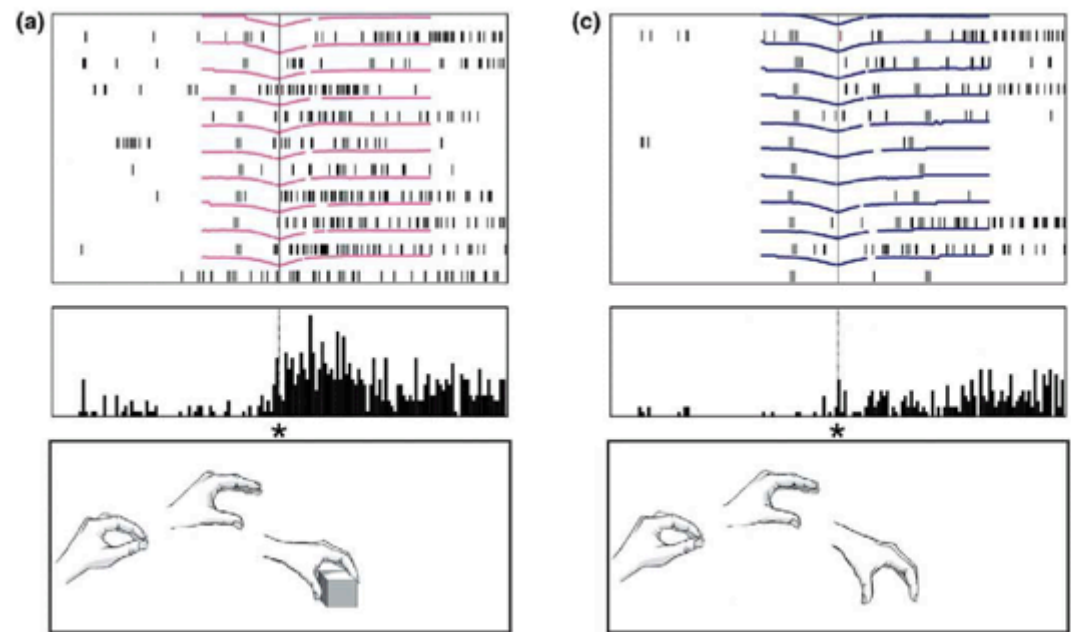




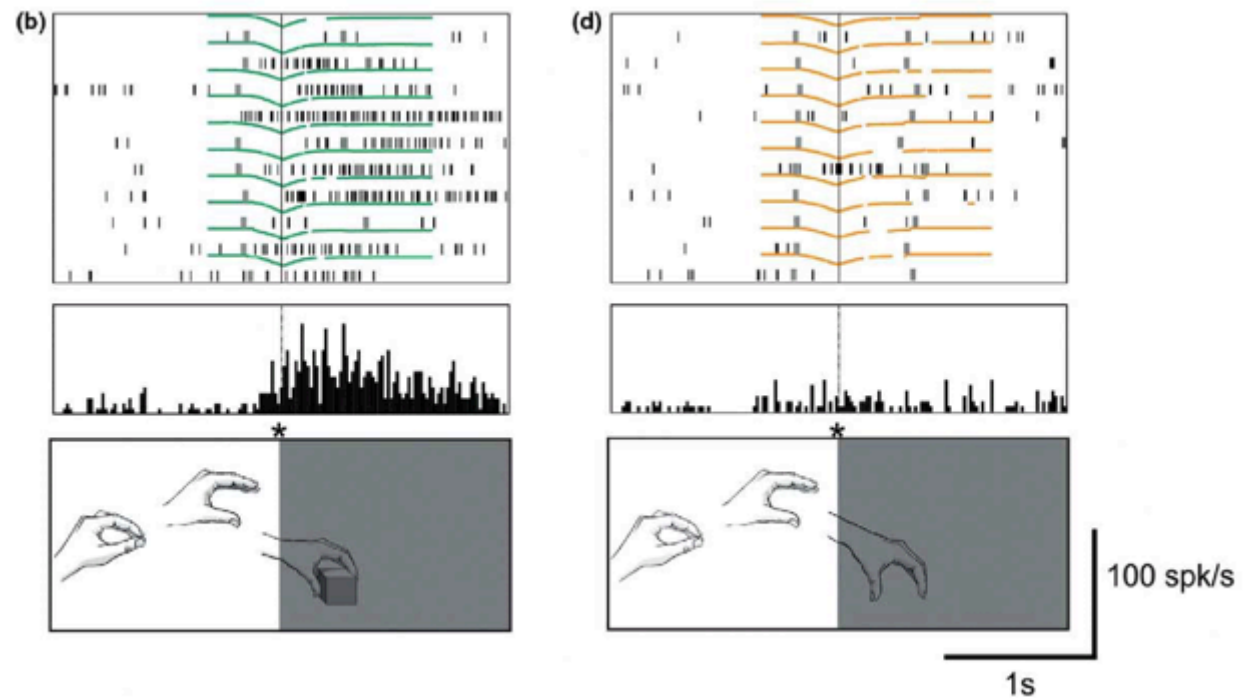
Copyright © 2006 Nature Publishing Group  
Nature Reviews | **Neuroscience**

**Comprendere le azioni degli altri**

**azione visibile**



**azione nascosta**



# **Funzione dei neuroni mirror nell' area F5 della scimmia**

**Apprendimento per imitazione**

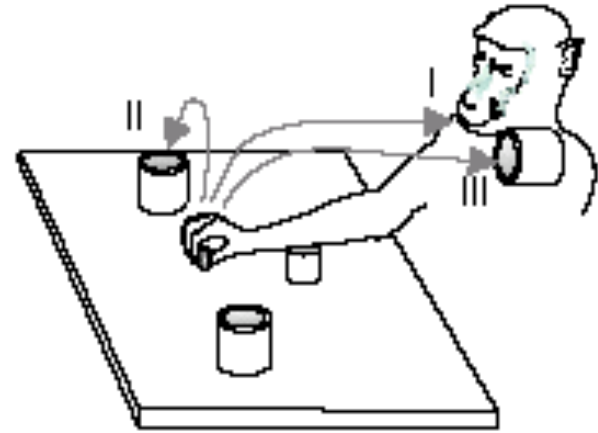
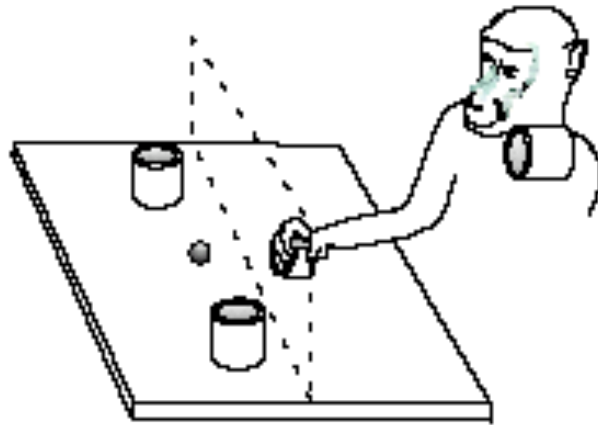
**Comprensione del significato delle azioni eseguite da altri**

**Il sistema mirror trasforma la percezione visiva dell'azione nella stessa **rappresentazione motoria** che viene generata internamente quando intendiamo eseguire l'azione noi stessi**

**Il sistema mirror trasforma l'informazione sensoriale in conoscenza**



# Comprensione dell' azione vs comprensione dell' intenzione



## Azione

La scimmia prende l' oggetto

Riconoscimento  
dell' obiettivo immediato  
dell' azione

## Intenzione

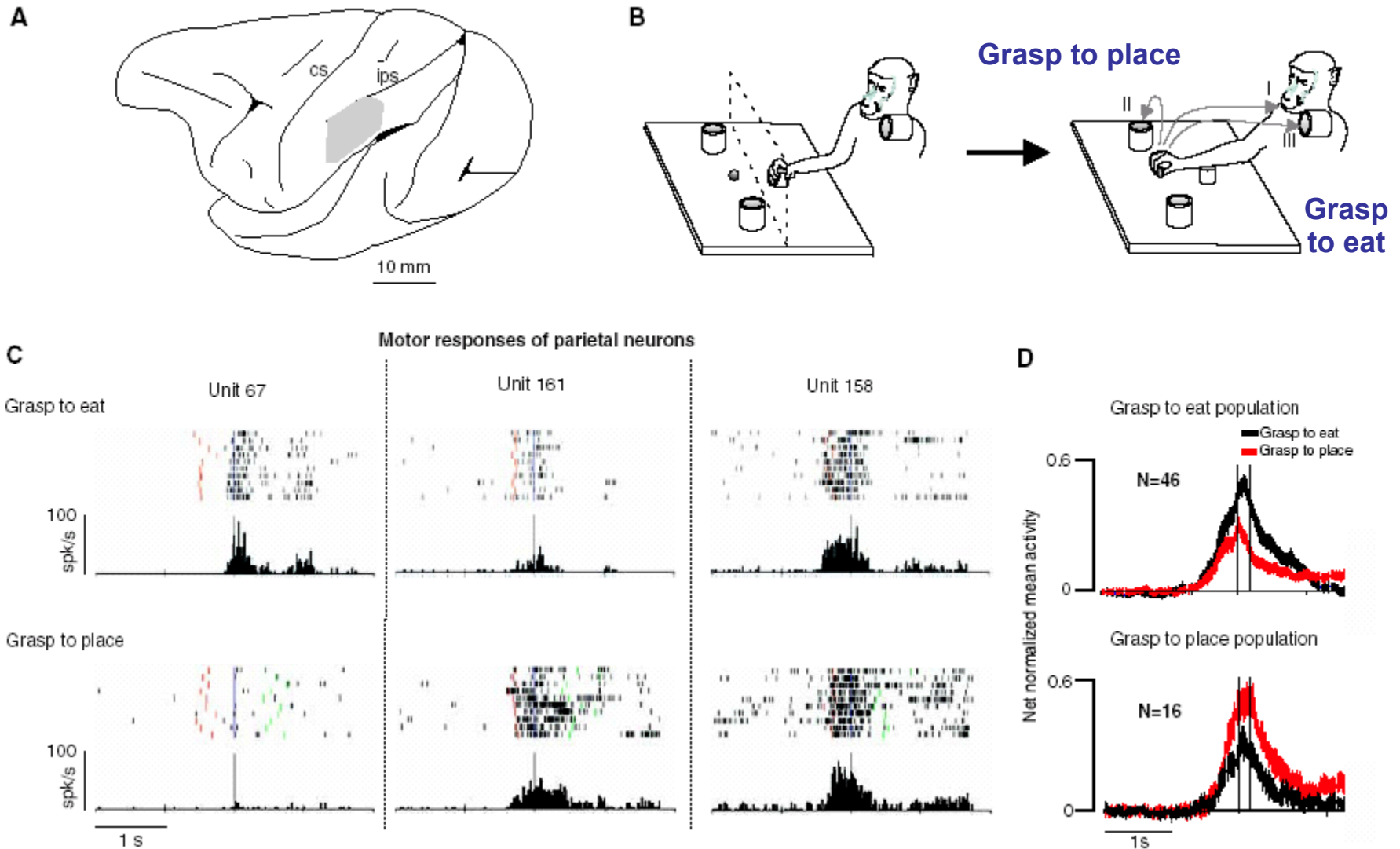
La scimmia prende l' oggetto  
per mangiarlo  
per posarlo

Riconoscimento  
dell' obiettivo finale  
dell' azione prendere

*contesto - oggetto*

**Intenzione = “perché?” dell' azione**

# Neuroni motori in IPL

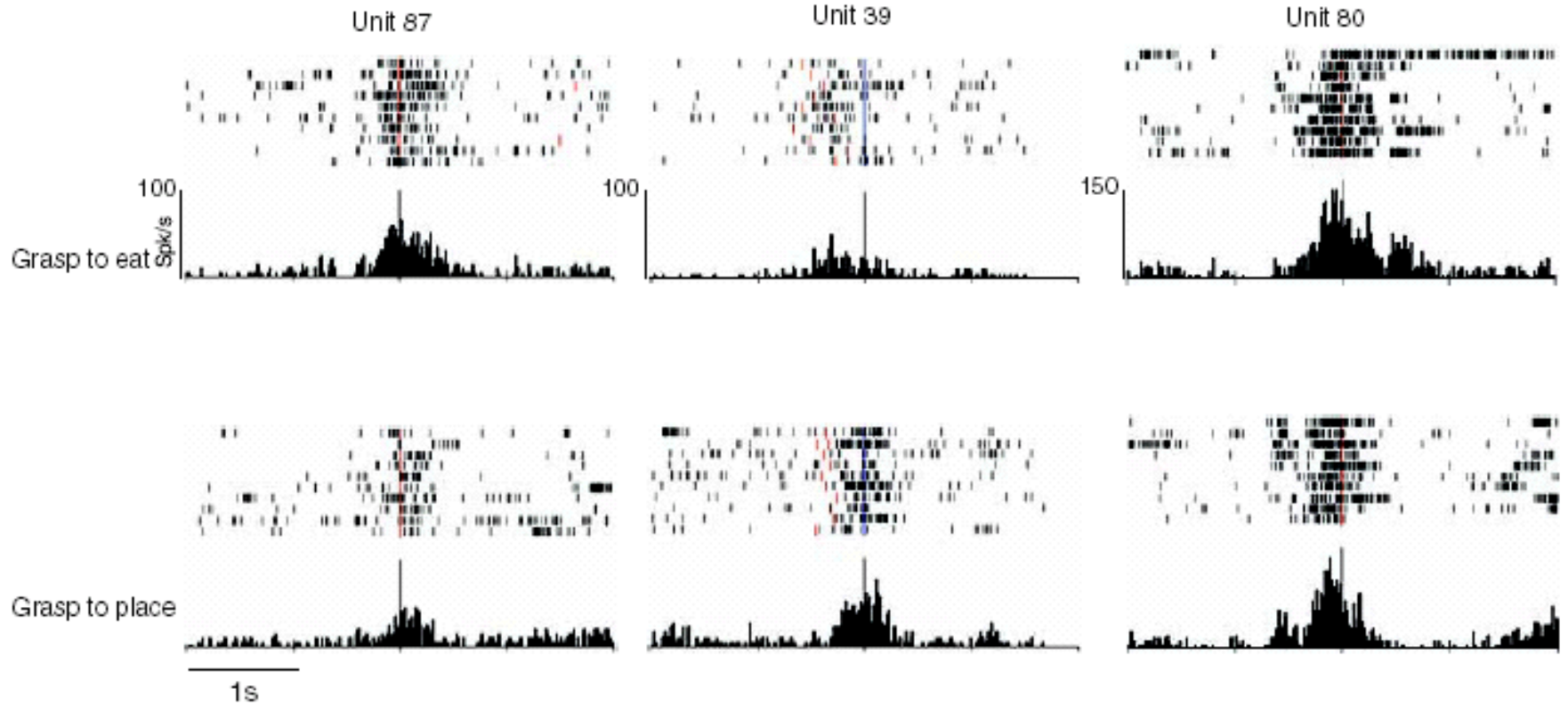


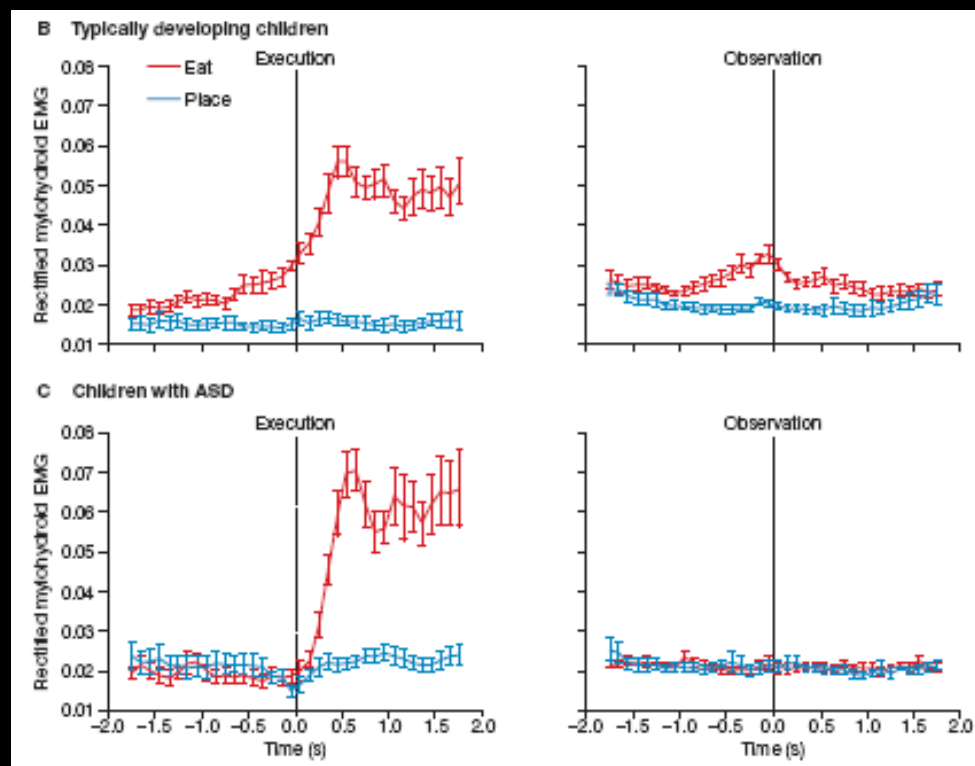
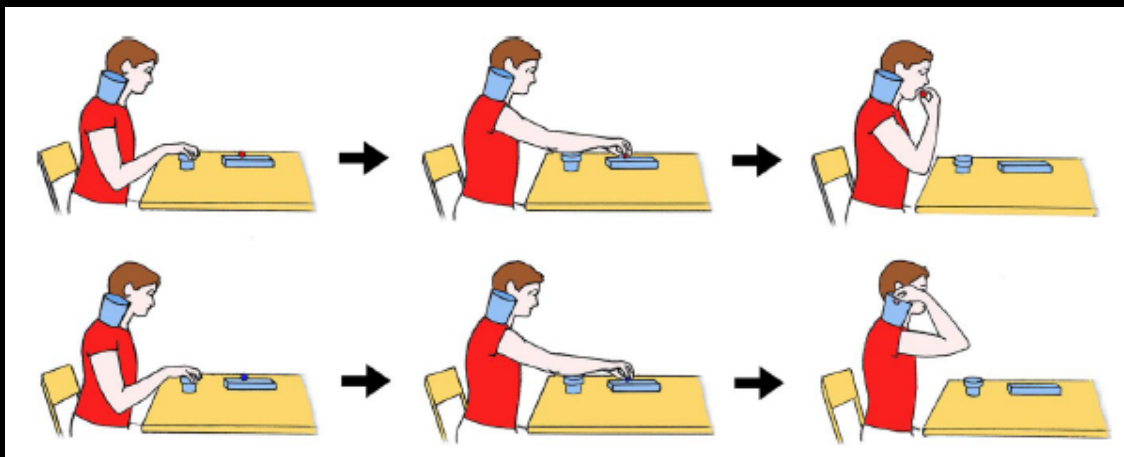
Selettivi per l'azione "prendere", ma solo in associazione con l'azione seguente ("posare", "mangiare")



# Neuroni mirror in IPL

## Visual responses of mirror neurons





## Neuroni motori in IPL

Codificano differientemente lo stesso atto motorio (prensione) secondo il **fine ultimo dell'azione** (mangiare o posare)

Per garantire la fluidità del movimento complesso (prendere e mangiare vs prendere e posare) si attivano circuiti differenti che influenzano l'esecuzione degli atti motori seguenti (ogni atto è facilitato dal precedente).

## Neuroni mirror in IPL

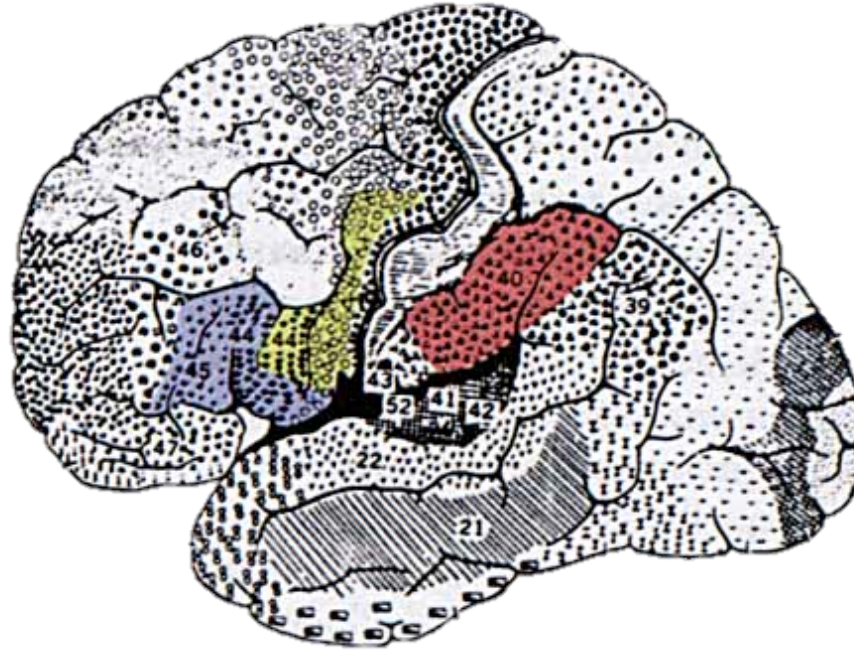
Codificano differientemente lo stesso atto motorio (prensione) compiuto da un altro individuo **secondo il fine ultimo dell'azione** (mangiare o posare)

Quindi, codificano la capacità di comprendere il fine ultimo dell'azione (cioè l'**intenzione** dell'altro individuo che compie l'azione).

Dato che i neuroni scaricano **prima** che l'azione sia completata (cioè quando l'altro individuo afferra l'oggetto), il sistema in qualche modo **predice** quella che sarà la conclusione dell'azione

Tale predizione è probabilmente basata su indizi esterni come il **contesto** o l'**oggetto** che viene preso

# Il sistema mirror umano



il sistema mirror umano presenta alcune **differenze rispetto a quello delle scimmie**

1. E' attivato anche da movimenti **"intransitivi"**, senza oggetto o significato
2. Codifica anche le **singole componenti** dell'azione e non solo per l'azione nel suo complesso

Queste caratteristiche suggeriscono un ruolo del sistema nell' **apprendimento per imitazione**

# Sistema mirror ed apprendimento per imitazione

## Definizione

Imparare ad eseguire un'azione vedendola eseguire da un altro individuo

## Presupposti

Il sistema mirror umano è attivato anche da azioni intransitive o mimate

Il sistema mirror umano codifica la sequenza temporale dei movimenti necessari per eseguire l'azione

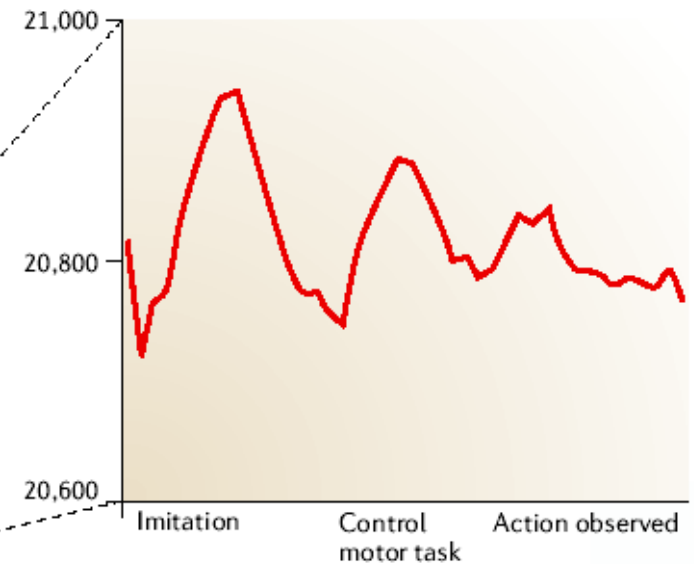
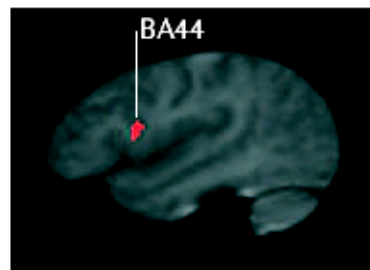
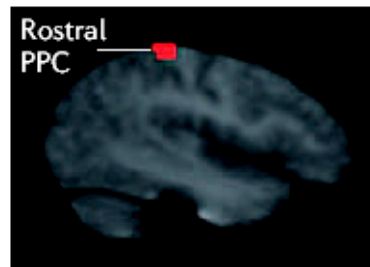
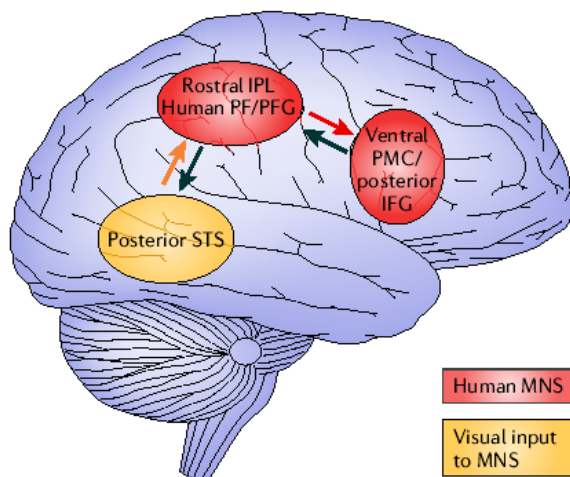
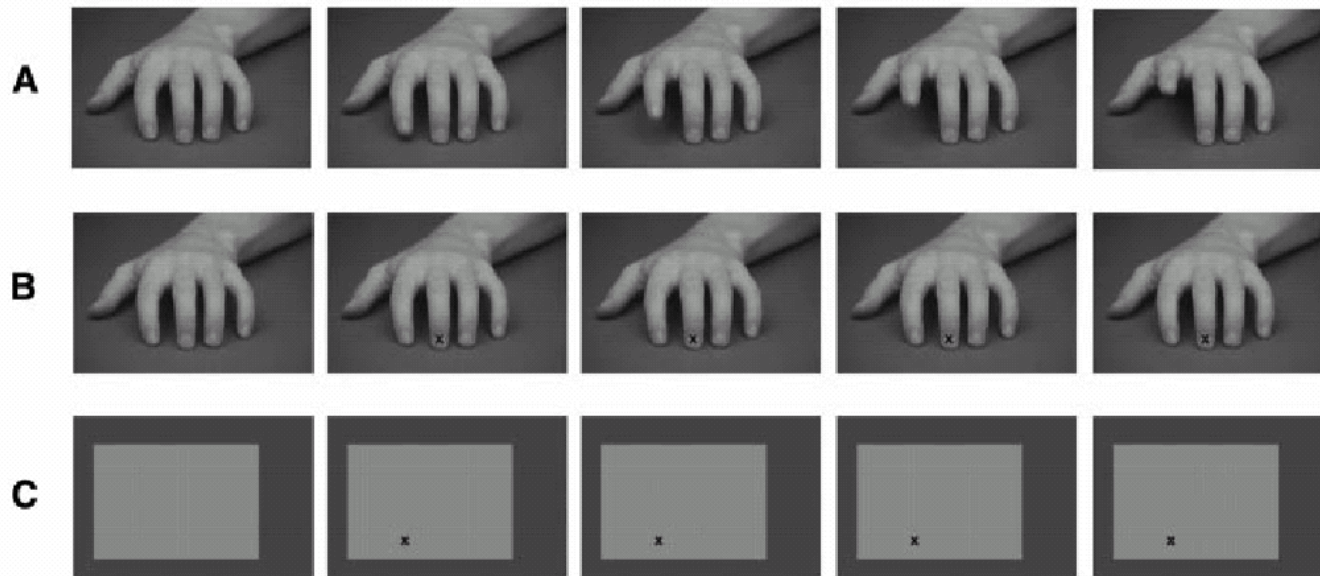
## Ipotesi

L'apprendimento per imitazione richiede una *rappresentazione motoria interna* dell'azione osservata che viene poi riprodotta

Un'*azione elementare*, già presente nel repertorio mirror del soggetto, viene immediatamente riprodotta, senza apprendimento

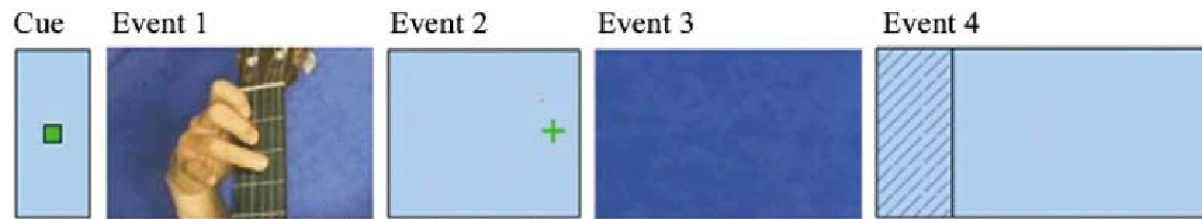
Un'*azione complessa*, non presente nel repertorio mirror, richiede una strategia di apprendimento complessa. Il sistema mirror rappresenta le *componenti elementari* e le riorganizza in una *nuova sequenza motoria* che porta all'esecuzione dell'azione complessa

# Sistema mirror ed apprendimento per imitazione

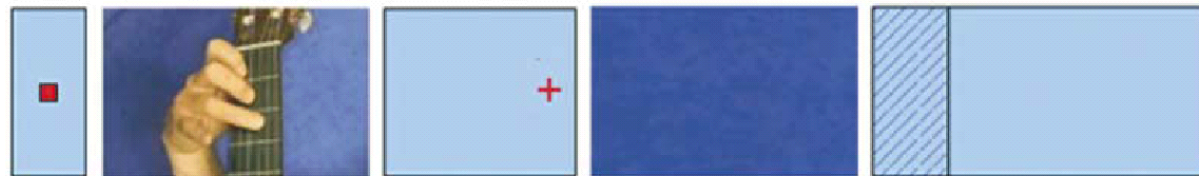




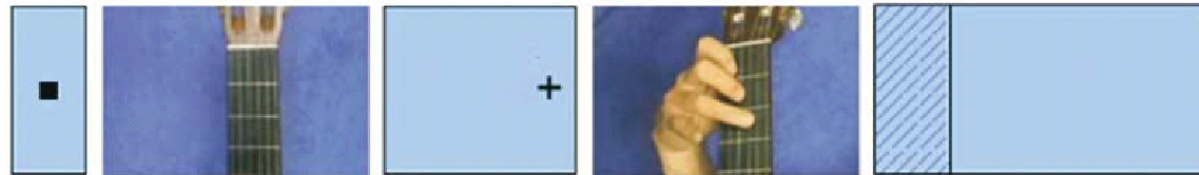
# Sistema mirror ed apprendimento per imitazione



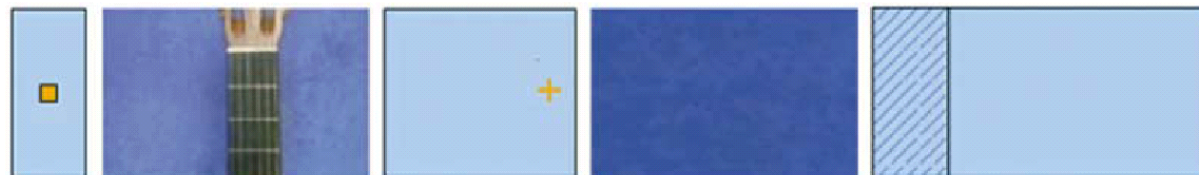
IMI: "observe the model, then imitate"



Non IMI: "observe the model, then perform a hand action"



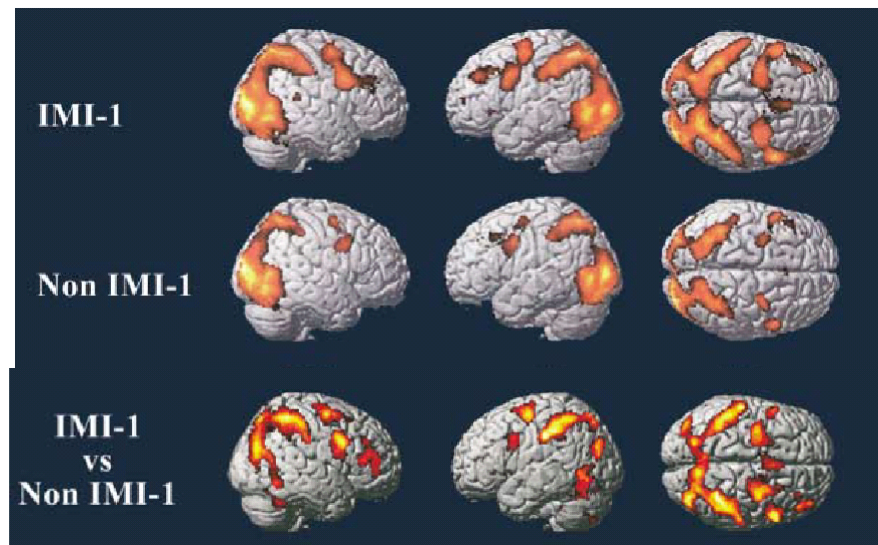
OBS: "just watch"



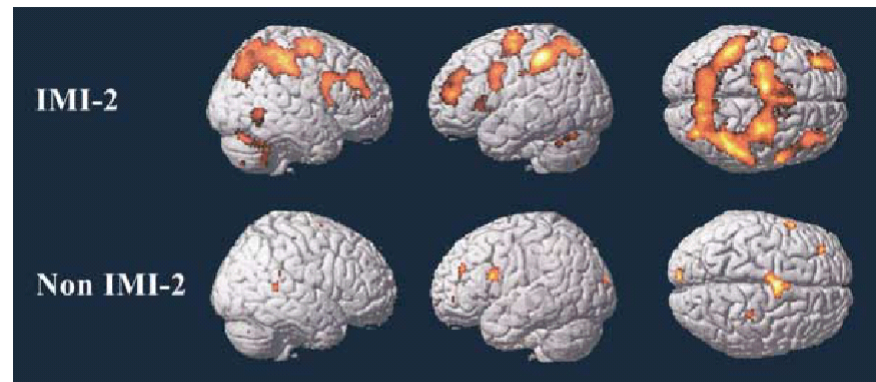
EXE: "play a chord of your choice"

**Codificazione dei movimenti elementari che compongono l'azione da imparare**  
**Codificazione di una nuova sequenza motoria per eseguire l'azione complessa**

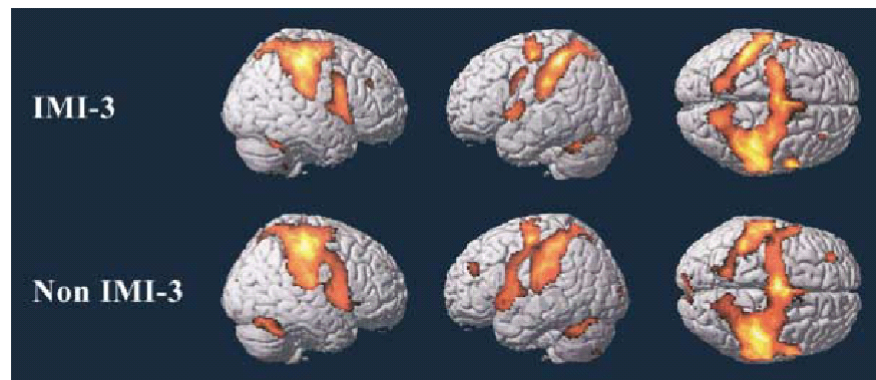
## Evento 1: osservazione



## Evento 2: pausa

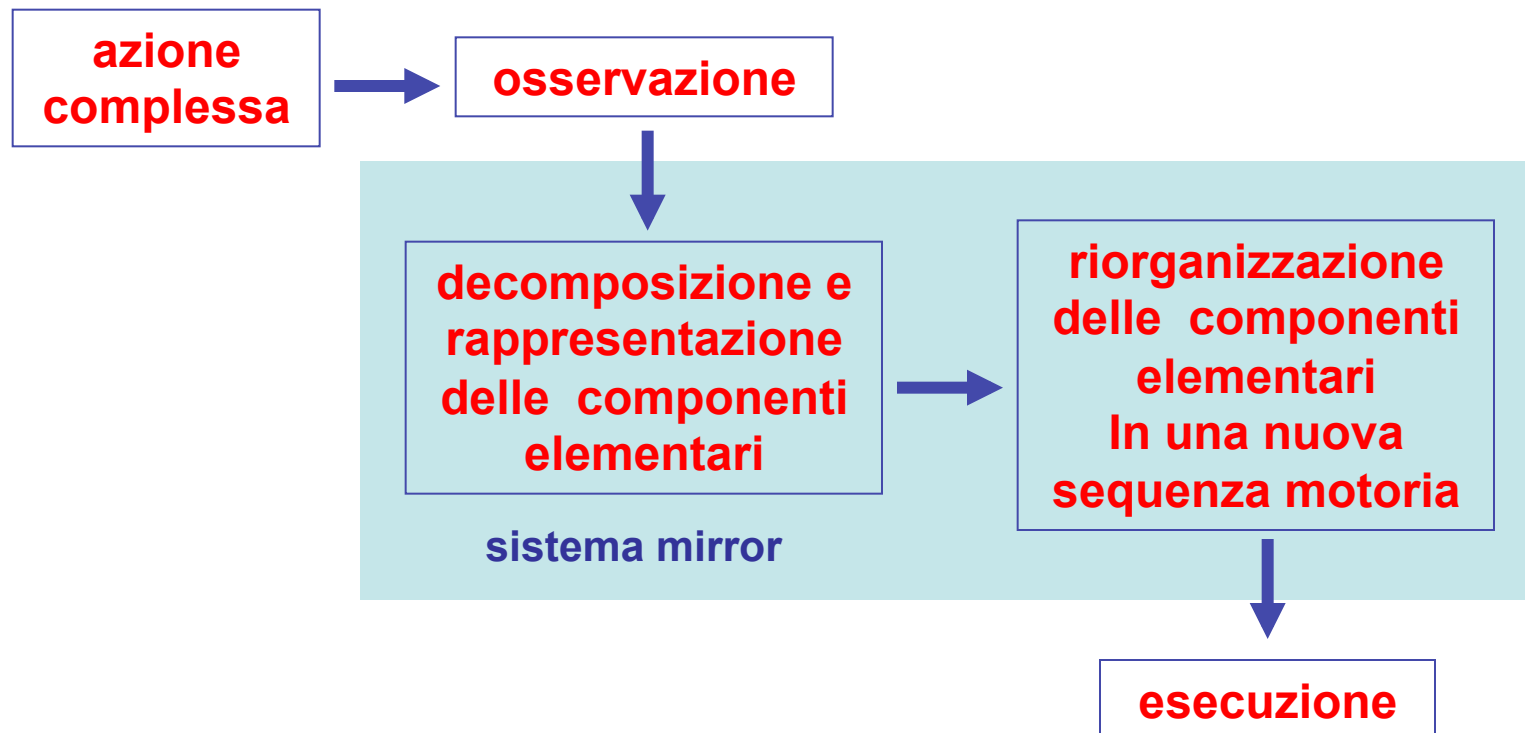
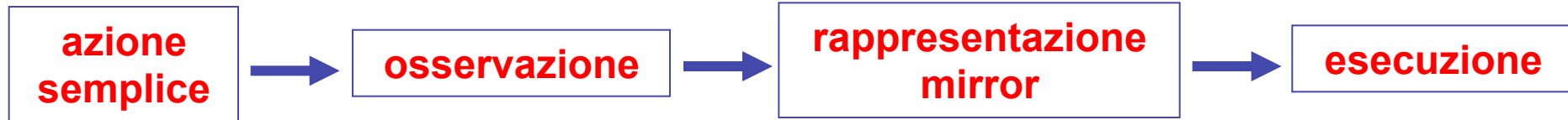


## Evento 3: esecuzione

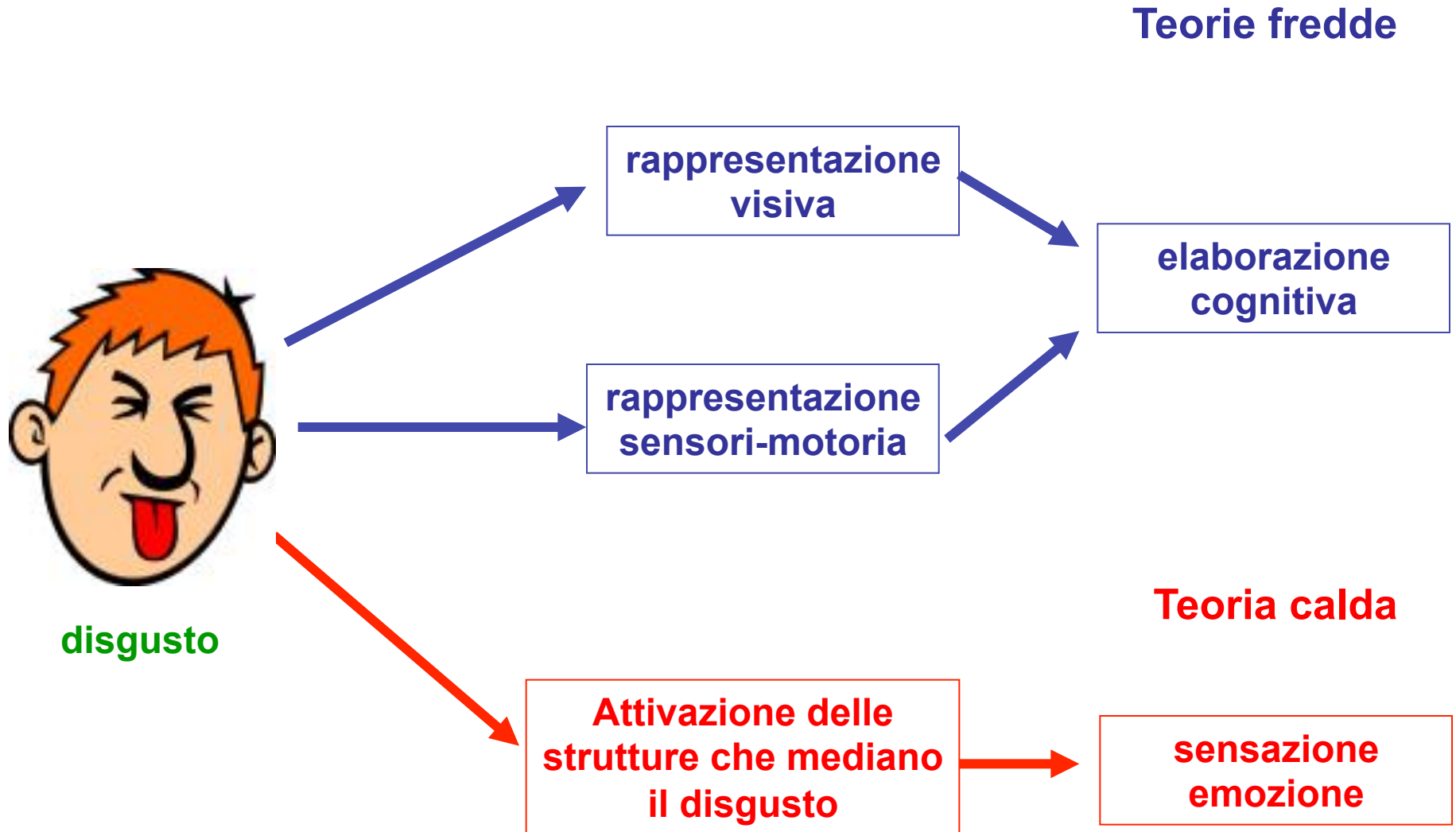




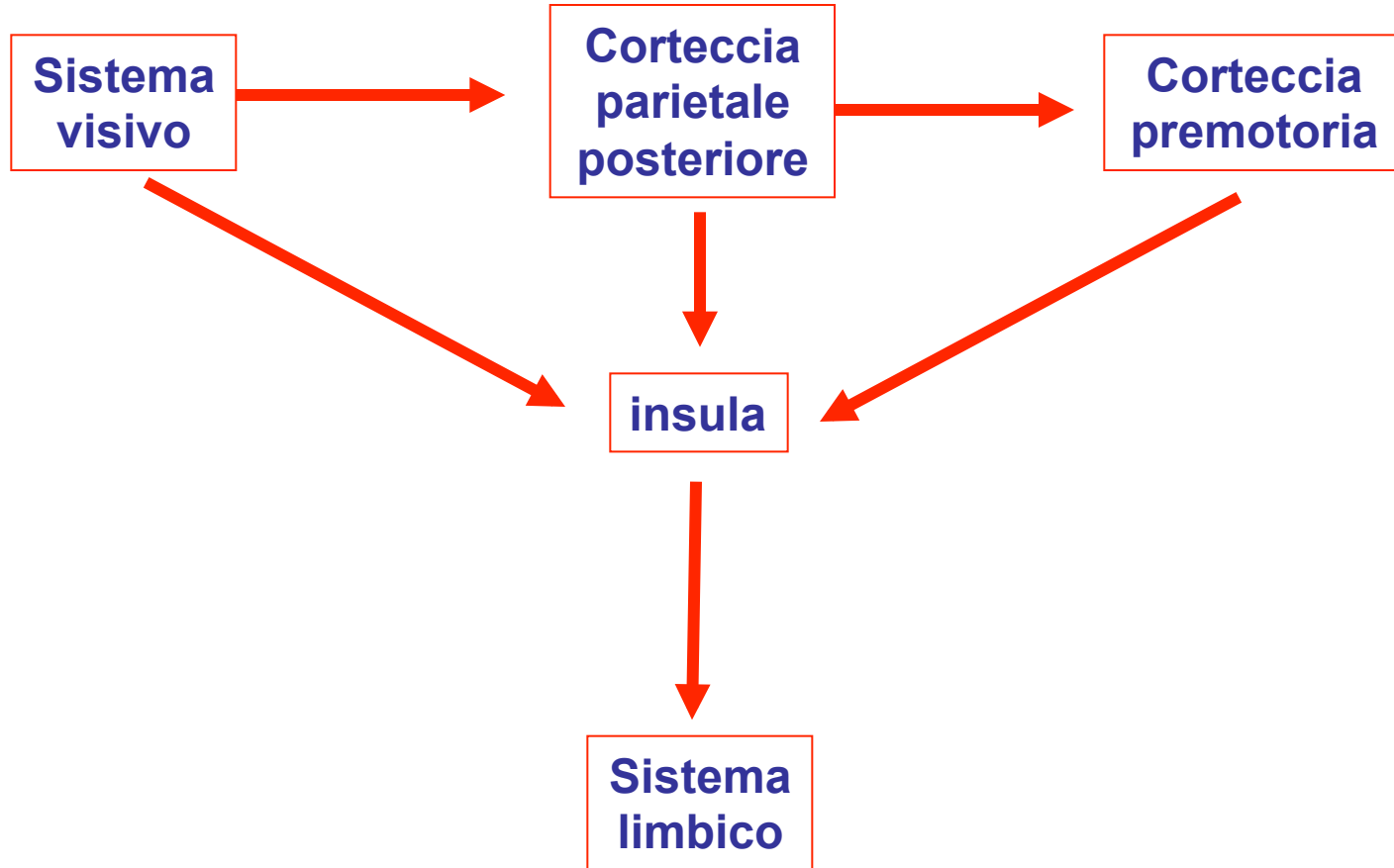
# Sistema mirror ed apprendimento per imitazione



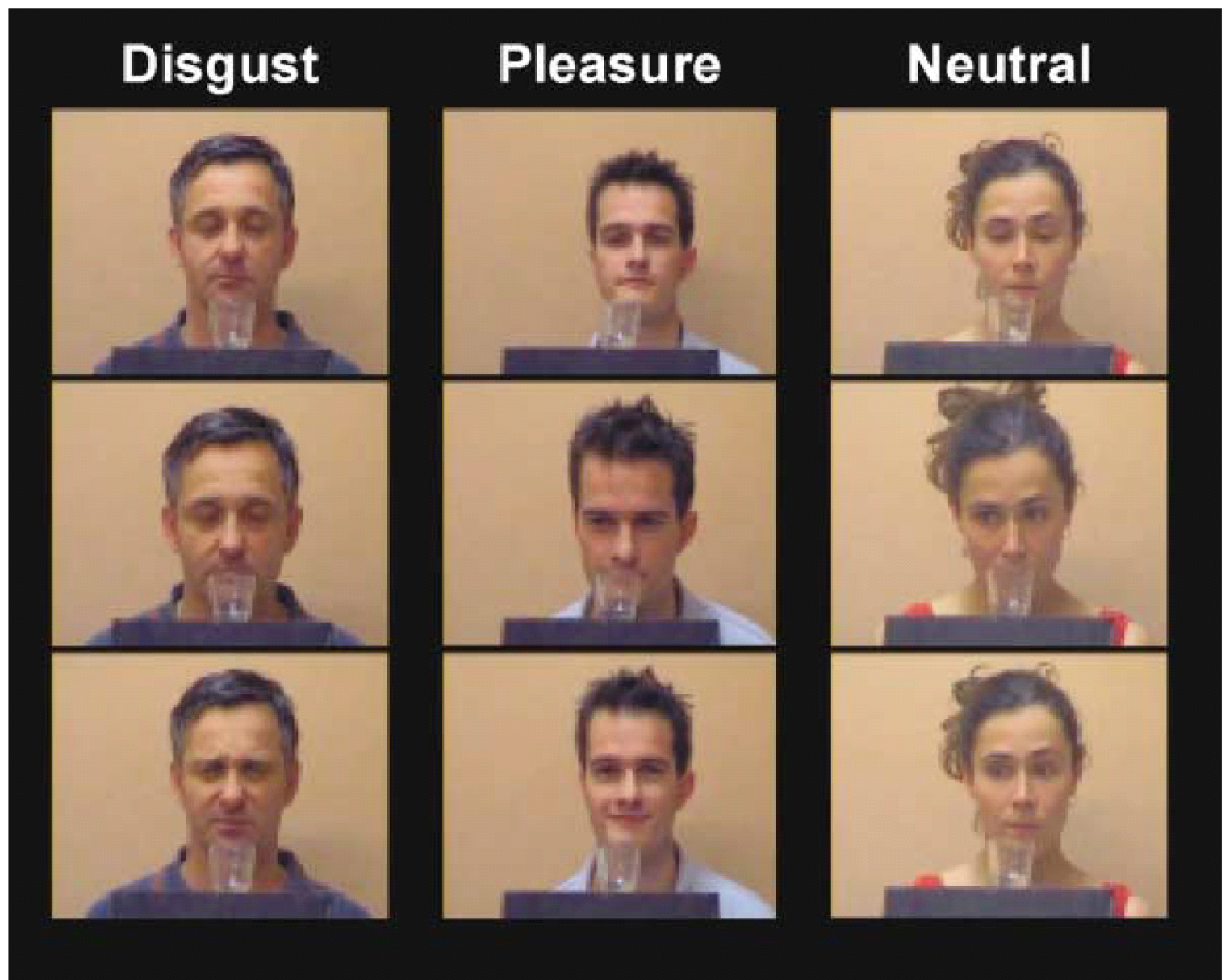
# Comprendere sensazioni ed emozioni



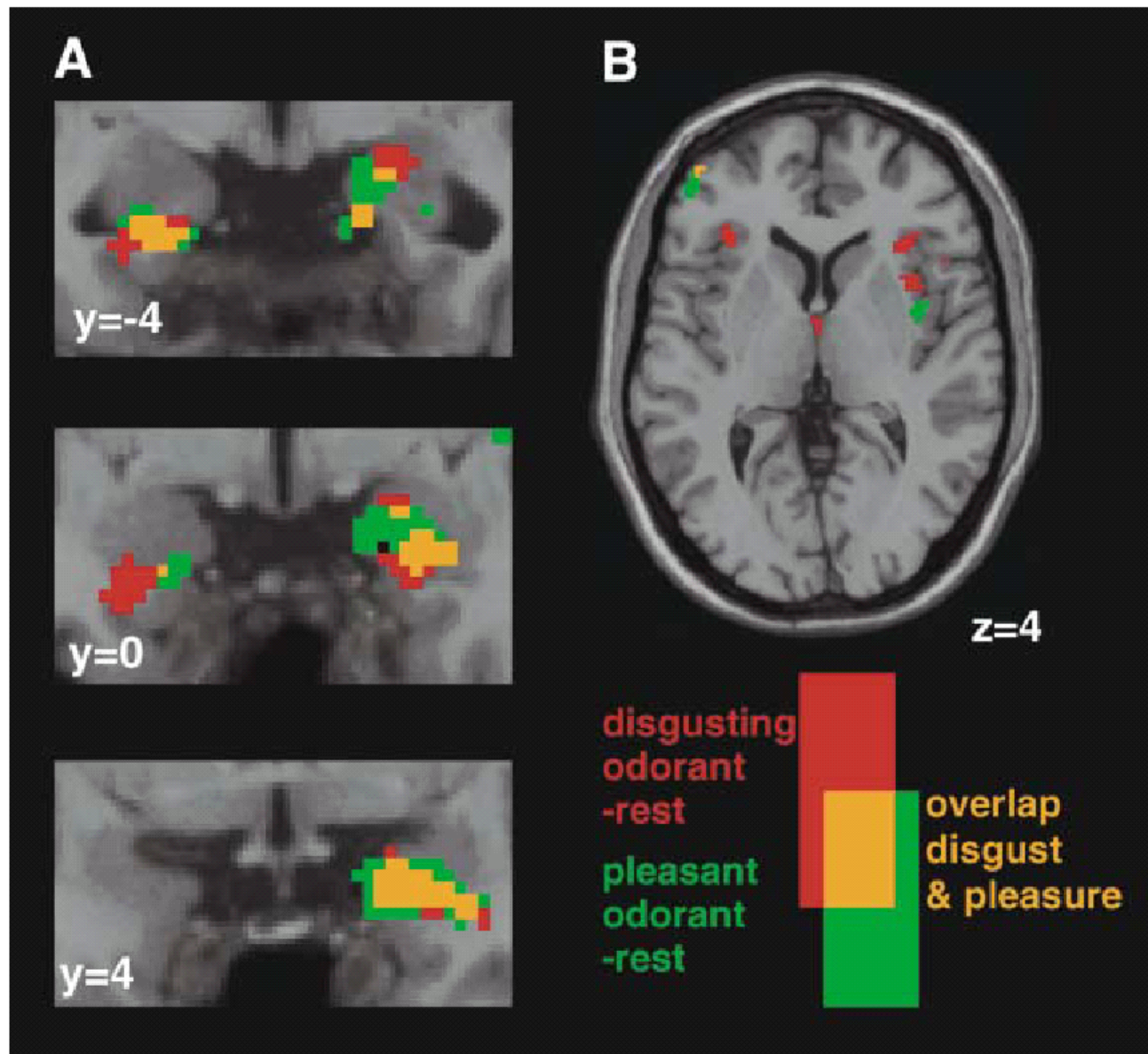
# Sistema mirror e contenuto emozionale dell'azione



prove visive

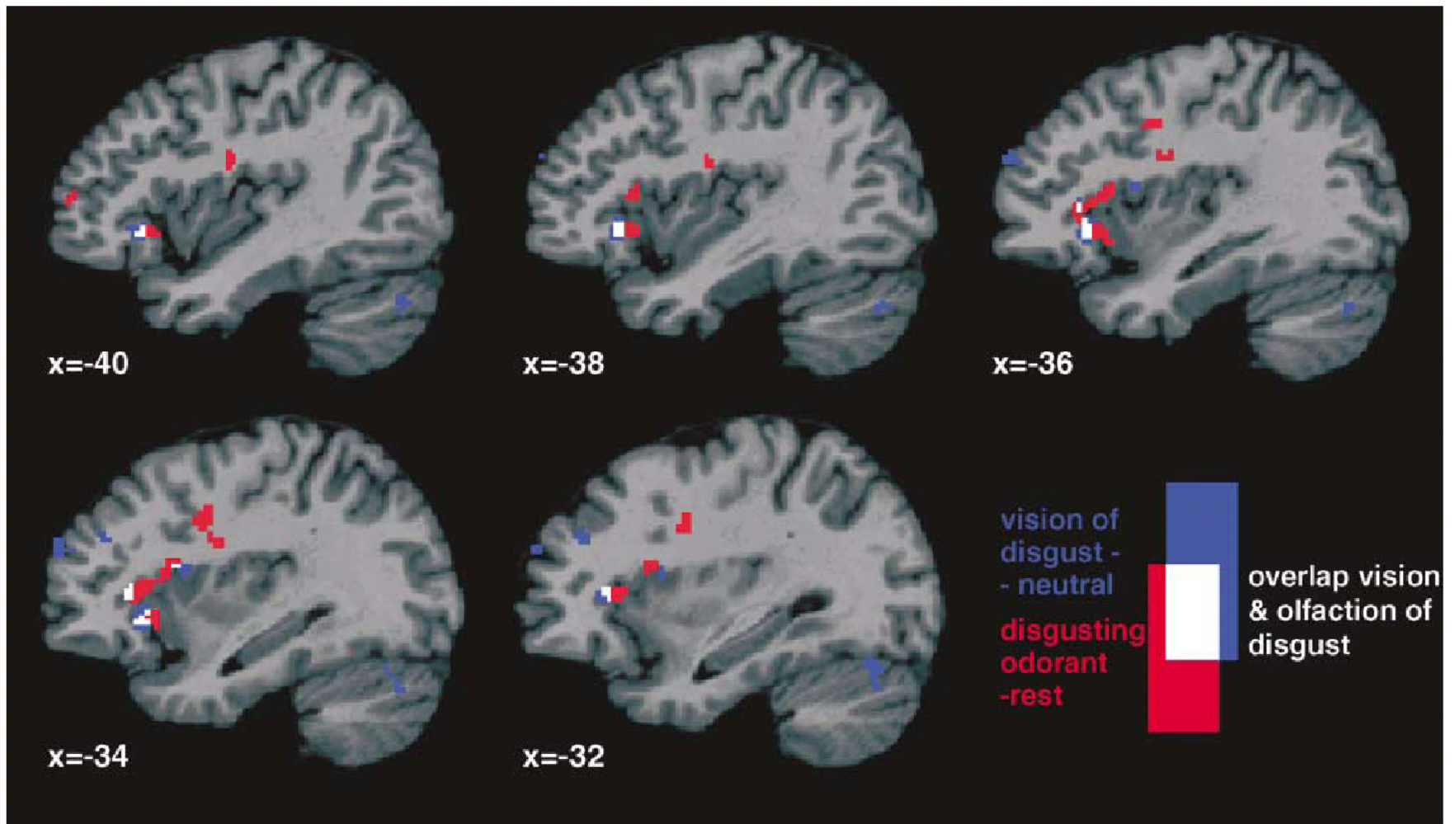


Prova olfattiva – il soggetto annusa una sostanza disgustosa

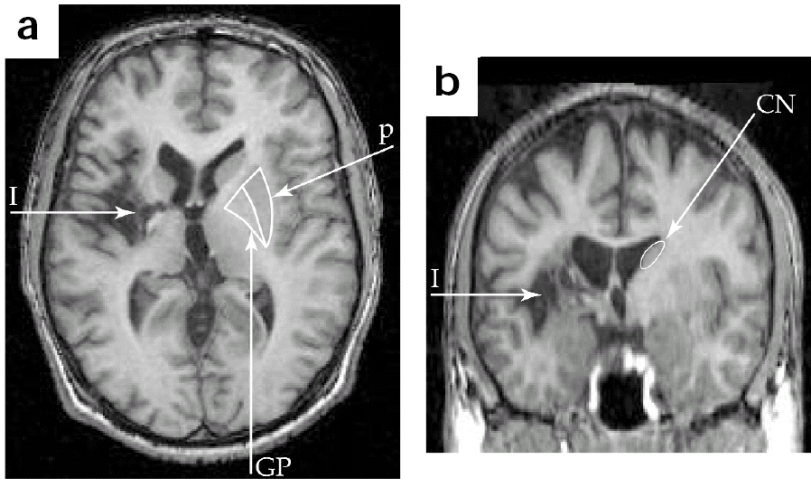


**Stimolazione olfattiva disgustosa attiva amigdala ed insula**





La porzione anteriore dell' **insula** si attiva sia per stimoli olfattivi sia quando si osserva il disgusto in altri individui



## Il paziente NK

**Table 2. Self-assessed experience of three negative emotions.**

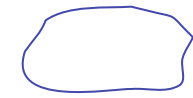
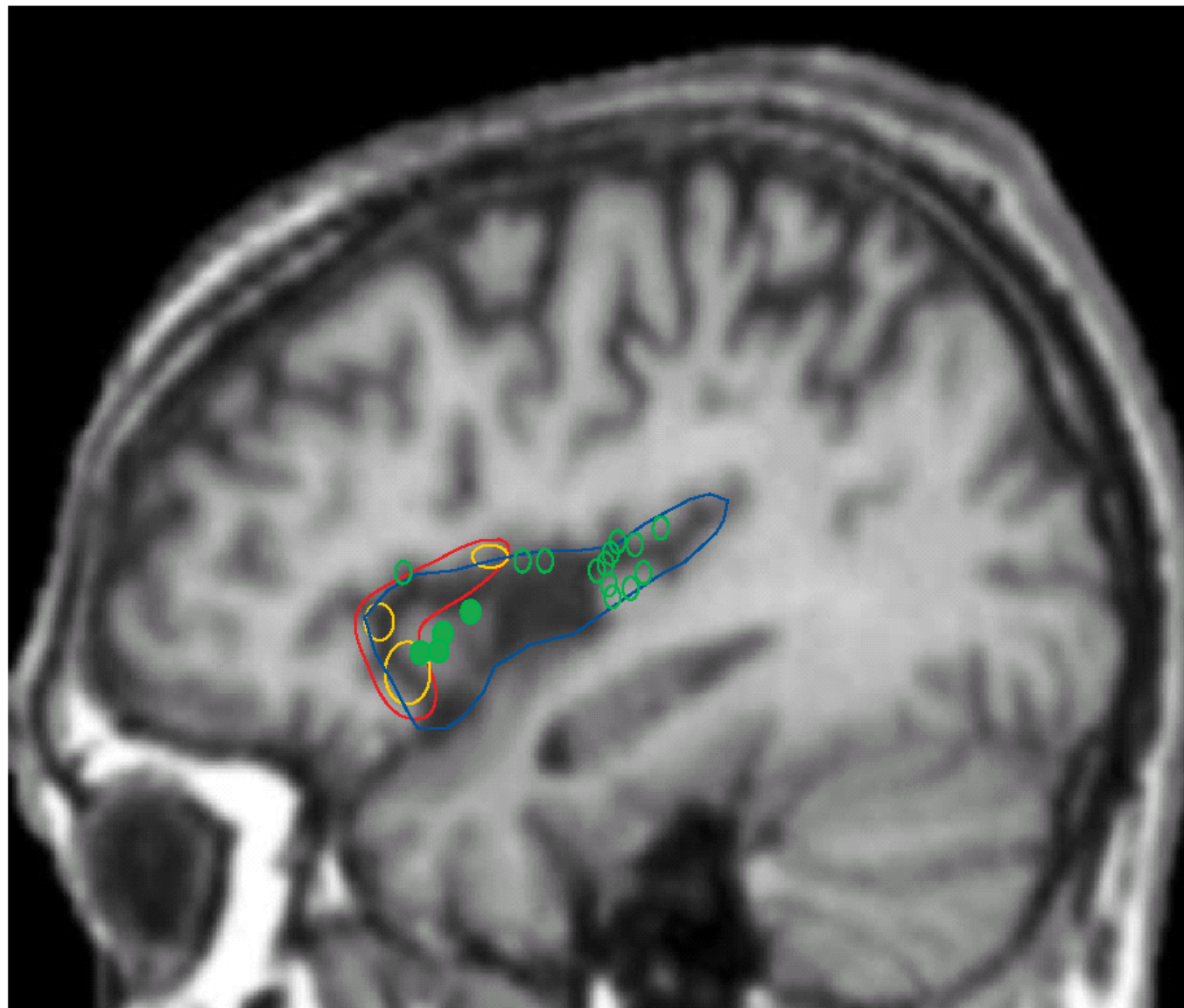
	NK	Controls
<b>Emotional experience questionnaires</b>		
Anger (max, 200)	116	119.3 ± 23.5
Fear (max, 375)	121	123.4 ± 23.3
Disgust (max, 100)	21.87*(2.03)	48.9 ± 13.3
Food (max, 100)	12.5 <sup>b</sup> (1.54)	46.7 ± 22.3
Animals (max, 100)	0**(2.41)	58.6 ± 24.3
Body products (max, 100)	0**(2.57)	58.1 ± 22.6
Sex (max, 100)	87.5	66.2 ± 17.3
Envelope violation (max, 100)	12.5*(1.66)	59.2 ± 28.1
Death (max, 100)	0 <sup>b</sup> (1.41)	39.7 ± 28.1
Hygiene (max, 100)	37.5	26.5 ± 14.7
Magical (max, 100)	25	36.0 ± 23.0

Scores lower than control mean indicate a reduction in self-assessed experience of the emotion; for scoring method, see ref. 1. The disgust scale contained eight subscales corresponding to disgust-provoking situations associated with food, animals, body products, sex, envelope violation (damage to the body envelope), death, hygiene and magical (disgust by connotation; for example, chocolate shaped like feces). Matched controls were 15 males and 19 females, mean age, 25.32 ± 6.27, of similar age and education to NK. \* $p < 0.05$  versus control; \*\* $p < 0.01$ ; <sup>b</sup> $p < 0.1$ ; Z scores in parentheses.

**Table 1. Facial and vocal expression recognition.**

	NK		Controls (mean ± s.d.)	
Facial expression				
	1. Ekman & Friesen	2. JACFEE	1. Ekman & Friesen	2. JACFEE
Anger	9 / 10	5 / 8	8.2 ± 1.8	6.3 ± 1.1
Contempt	—	3 / 8	—	6.0 ± 2.7
Disgust	5 / 10*(1.68)	4 / 8 ** (2.81)	8.2 ± 1.9	7.0 ± 1.1
Fear	7 / 10	8 / 10	7.8 ± 1.8	6.3 ± 1.5
Happiness	10 / 10	8 / 8	9.9 ± 0.1	8.0 ± 0.0
Sadness	8 / 10	8 / 8	8.6 ± 1.7	7.2 ± 1.0
Surprise	8 / 10	8 / 8	8.5 ± 1.3	6.8 ± 1.1
Vocal expression				
	3. Non-verbal sounds	4. Emotional prosody	3. Non-verbal sounds	4. Emotional prosody
Anger	18 / 20	7 / 10	17.8 ± 2.3	8.5 ± 1.5
Disgust	3 / 20*** (28.05)	4 / 10** (2.57)	19.7 ± 0.6	7.9 ± 1.5
Fear	14 / 20	8 / 10	15.9 ± 2.7	7.9 ± 1.6
Happiness	14 / 20	9 / 10	15.8 ± 2.4	8.2 ± 1.6
Sadness	18 / 20	7 / 10	17.1 ± 2.5	8.4 ± 1.4
Surprise	15 / 20* (2.06)	—	18.6 ± 1.7	—

Controls were matched to NK for age and education. For Ekman and Friesen<sup>8</sup> faces, 32 male, 26 female, mean age, 27.3 ± 5.6; for JACFEE<sup>9</sup> faces, 12 male, 13 female, mean age, 30.4 ± 9.9; for non-verbal emotional sounds, 9 male, 9 female, mean age, 26.3 ± 8.2; for emotional prosody, 9 male, 7 female, mean age, 28.0 ± 7.4. \* $p < 0.05$  versus control; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$ ; Z scores in parentheses.



**Lesione NK**



**Zone attivate durante  
l'esperienza di  
disgusto**



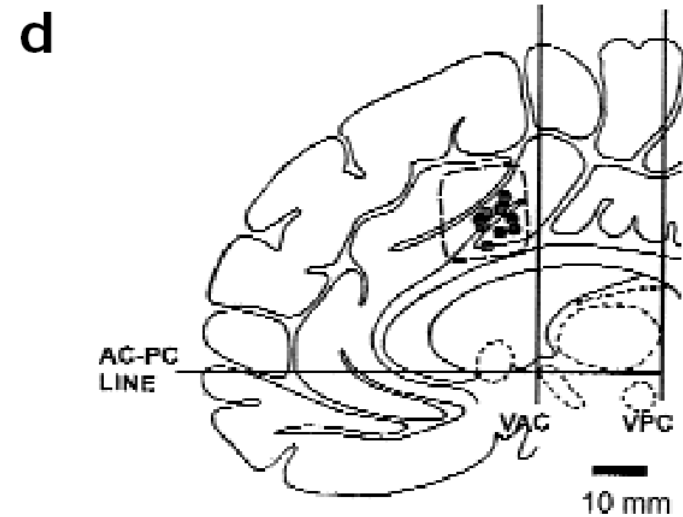
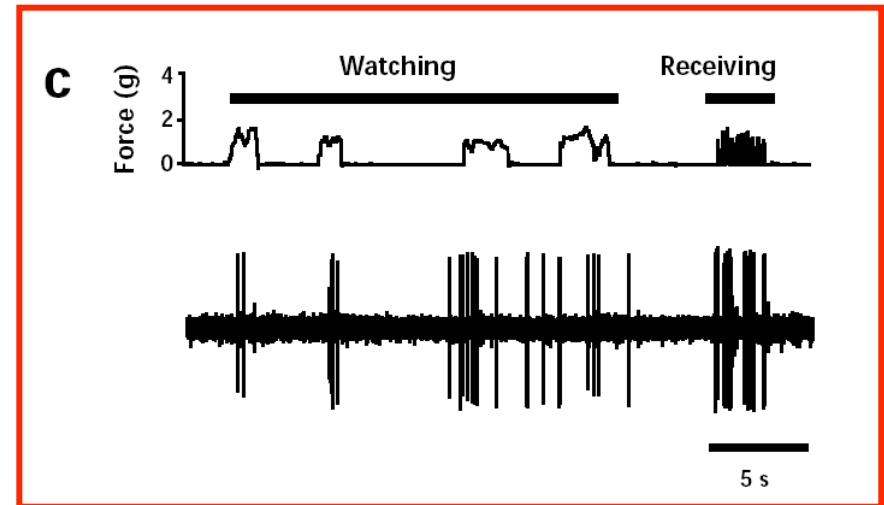
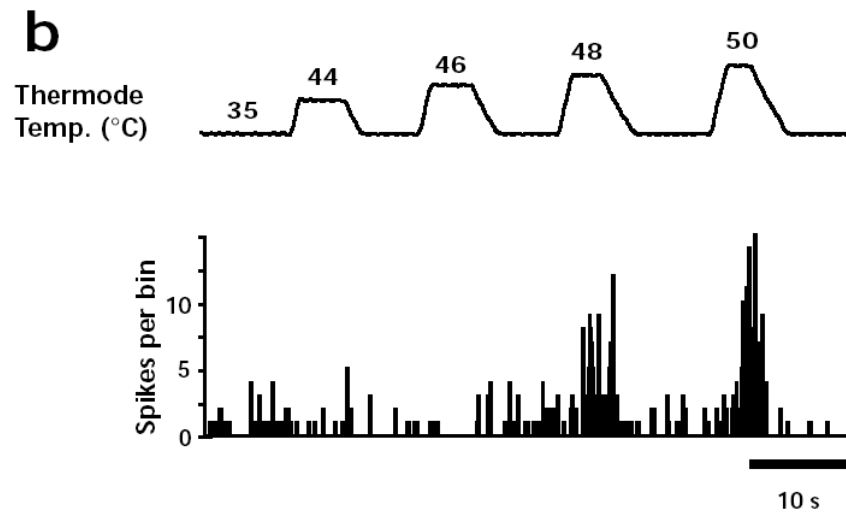
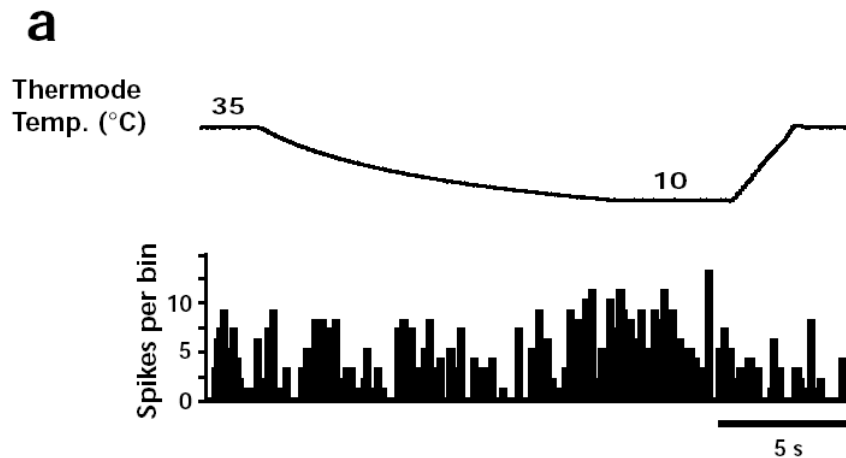
**Zone attivate durante  
l'esperienza e  
l'osservazione del  
disgusto**

○ **Posizione di elettrodi di  
stimolazione che inducono  
esperienze di disgusto (bocca/gola)**

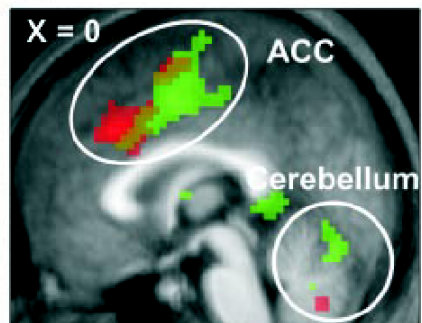
● **Posizione di elettrodi di registrazione  
durante l'osservazione di espressioni  
di disgusto**



# Empatia per il dolore. Neuroni mirror nel giro cingolare anteriore



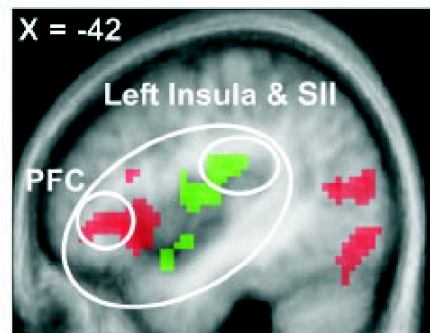
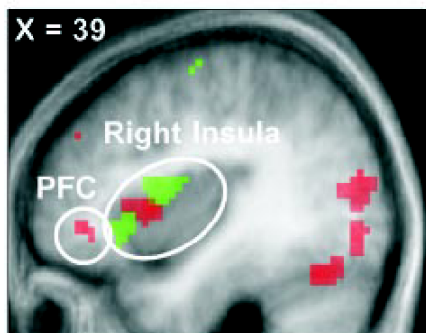
**A**



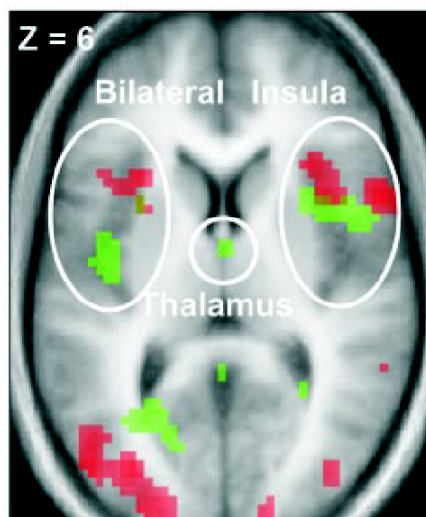
**Matrice del dolore.**  
**Regioni del SNC attivate da stimoli dolorosi**

**Regioni SNC attivate durante  
 l'osservazione della stimolazione dolorosa**

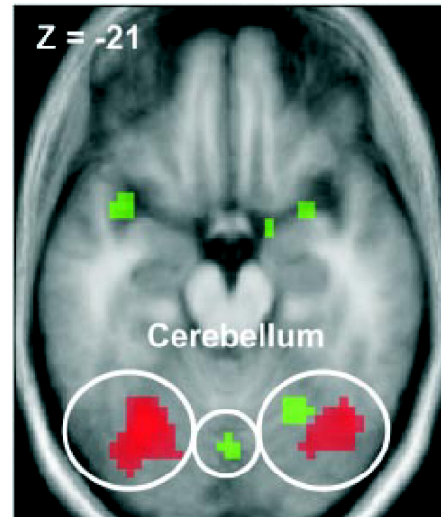
**B**



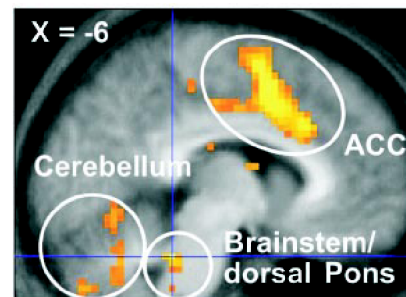
**C**



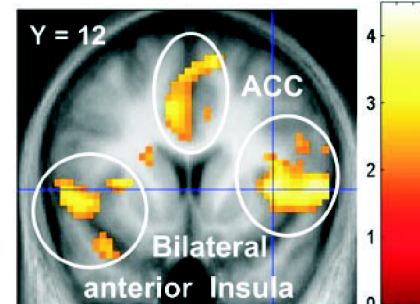
**D**



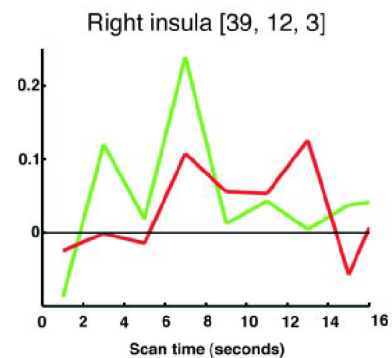
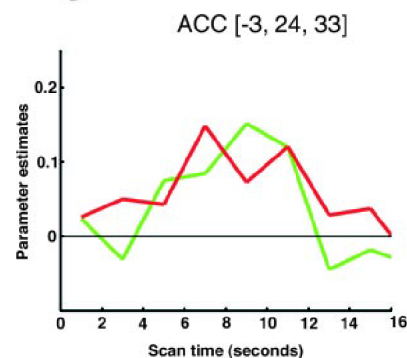
**A**

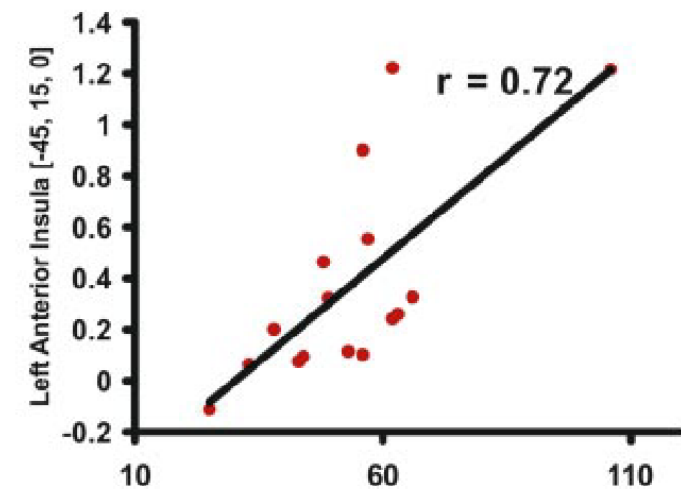
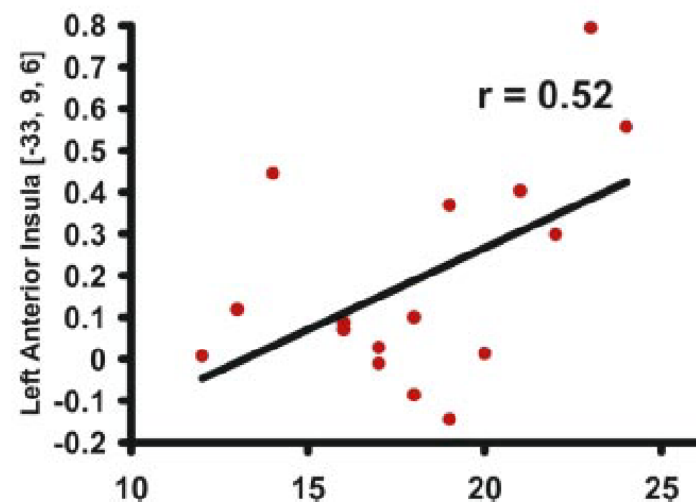
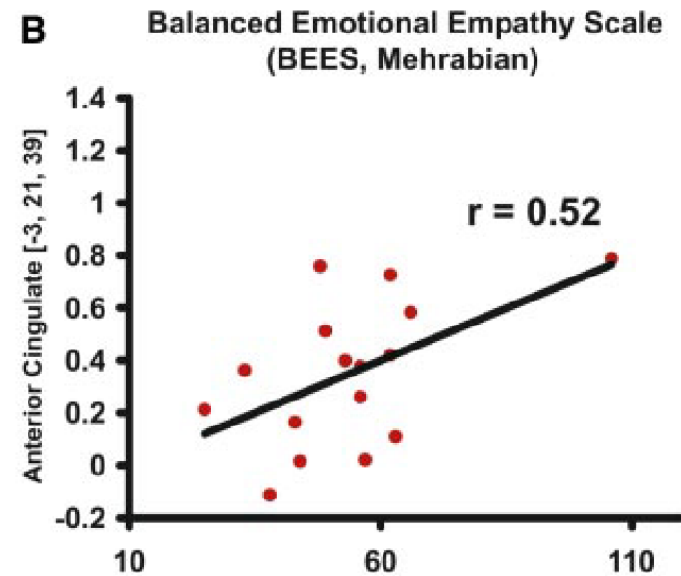
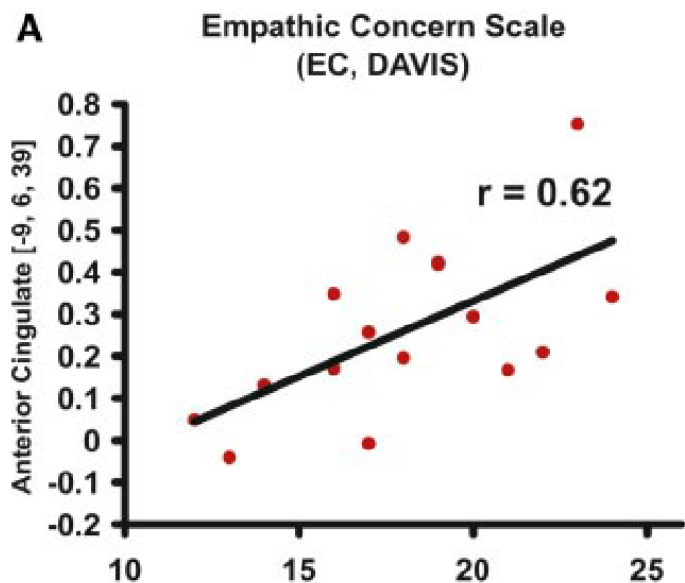


**B**



**C**





**Correlazione fra empatia ed attivazione dell' Insula e della corteccia cingolare**

L'empatia per il dolore altrui non porta all'attivazione dell'intero circuito del dolore, ma soprattutto di quelle regioni corticali che sono associate con gli **aspetti soggettivi ed affettivi** del dolore.

Questa rappresentazione svolge **due funzioni**

Crea una rappresentazione soggettiva della situazione che ci permette di predire gli effetti che avrebbe lo stimolo su noi stessi (**rappresentazione protettiva**)

Determina la nostra capacità di comprendere l'effetto emozionale che un certo stimolo provoca su un altro individuo e di predirne le conseguenze (**rappresentazione empatica**).

