



***La scoperta dei neuroni
specchio e la nuova
concezione del Sistema
Motorio***

***Dott. Attilio Rossi
Parma, 19 febbraio 2012***











WRONG SOUND, WRONG IMAGE.

ZTRACKZ
SOUND DESIGN. AS IT'S MEANT TO BE.



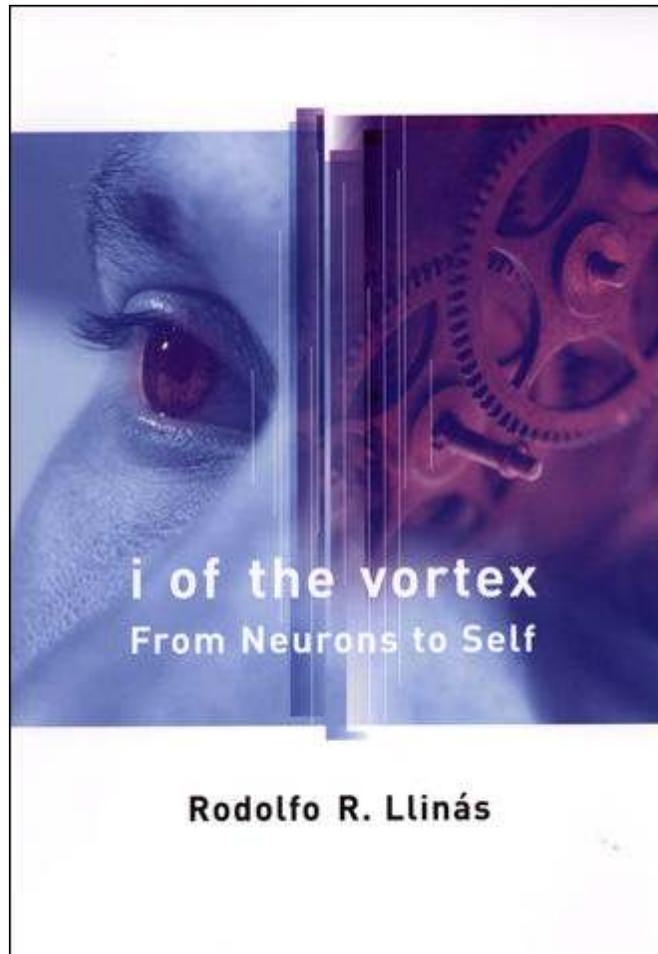


A che cosa serve il cervello?

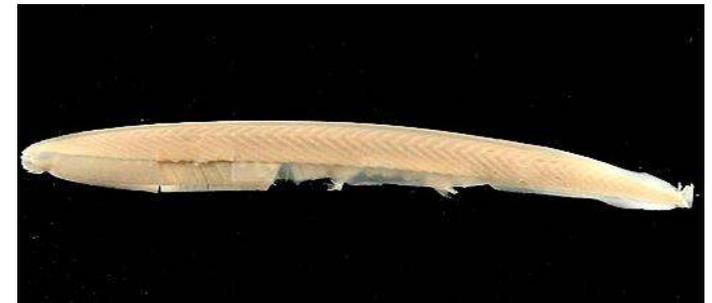
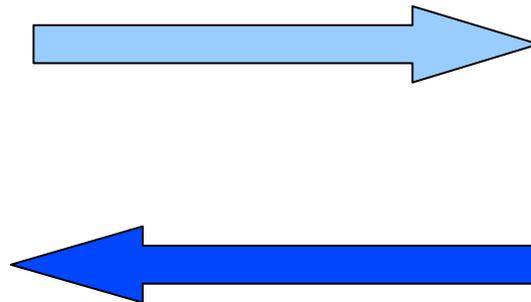


(o meglio.....a che cosa serve avere un sistema nervoso?)

**Una possibile spiegazione viene enunciata in
I OF THE VORTEX di Rodolfo R. Llinas,
importante fisiologo colombiano.**



Le ascidie (Asciaceae Nielsen, 1995) sono una classe del subphylum dei Tunicati, animali marini dal corpo a forma di otre che si nutrono per filtrazione. Nella loro forma adulta aderiscono ad una parete solida, costituita a volte anche dal dorso di altri animali, mentre nella fase riproduttiva assumono per qualche ora una forma pelagica adatta a spostarsi al fine di raggiungere un nuovo sito in cui aderire e crescere



Nel momento in cui sviluppa la forma pelagica, in questo animaletto si manifesta anche un semplice sistema nervoso composto all'incirca di 300 cellule, in cui distingue bene anche la notocorda (una primitiva colonna vertebrale).

Una volta trovato il nuovo sito stabile in cui crescere, l'ascidia fagocita la sua coda, ma soprattutto fagocita il suo semplice sistema nervoso





Rodolfo R. Llinas

“La parte più affascinante della storia è che non appena l’ascidia cessa di muoversi, inizia ad ingerire il proprio cervello: senza movimento non c’è alcuna necessità di un cervello” .

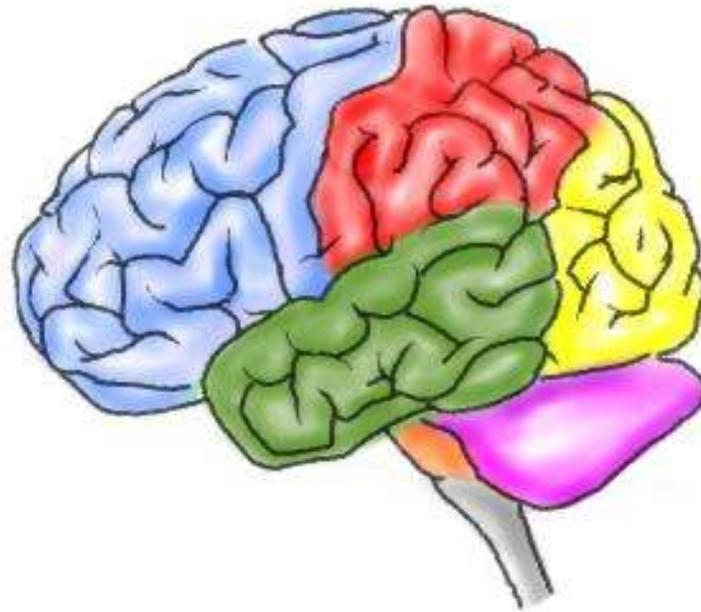
La conclusione del Prof. Llinas è che il sistema nervoso serve per il

MOVIMENTO

Una nuova concezione del sistema motorio

I dati sperimentali degli ultimi vent'anni hanno profondamente cambiato la concezione del sistema motorio che a lungo ha dominato nella fisiologia e nelle neuroscienze (Rizzolatti & Arbib., 1998; Rizzolatti & Fadiga, 1998; Rizzolatti & Sinigaglia, 2006). Tale sistema non è più considerato come il mero effettore delle informazioni cerebrali in uscita, ma piuttosto come un sistema di integrazione basato su una stretta interconnessione di circuiti parieto-frontali che, in parallelo, elaborano le informazioni sensoriali prima di inviarle ai diversi effettori motori.





Lobo Frontale



Lobo Parietale



Lobo Temporale



Lobo Occipitale



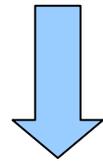
Cervelletto



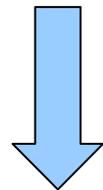
Tronco encefalico

La visione tradizionale dell'attività del cervello si può riassumere in un semplice schema cognitivo

PERCEZIONE

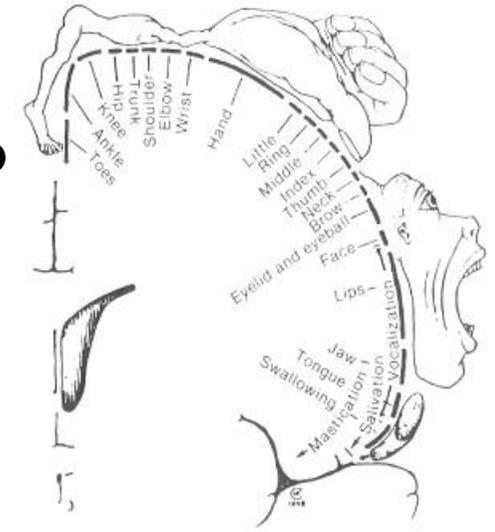


**ELABORAZIONE
DELLE
INFORMAZIONI**

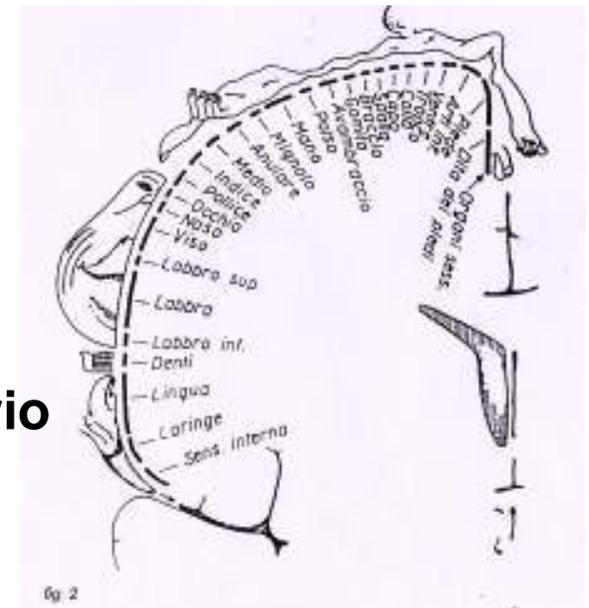


AZIONE

Attraverso gli organi di senso

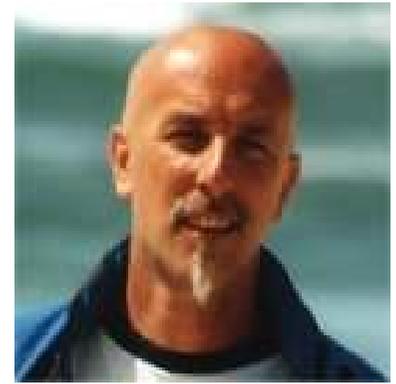
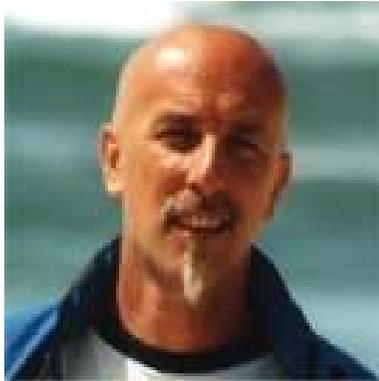


**Processo inesplorabile.
A carico delle cosiddette “aree
associative”**

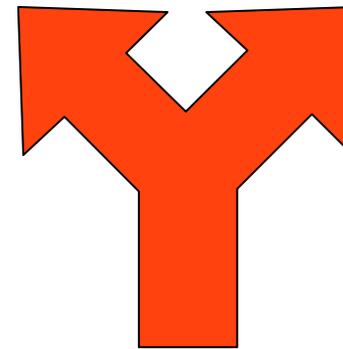


Attraverso il sistema motorio

Metodo comparato



↑
NO!
↓



Antenato comune

Non esiste nessun "anello mancante"....

- La psicologia comparata parte dallo studio delle caratteristiche psicologico-comportamentali delle due specie considerate, per determinare quali sono ereditate dall'antenato comune e quali sono adattamenti propri di ogni specie.

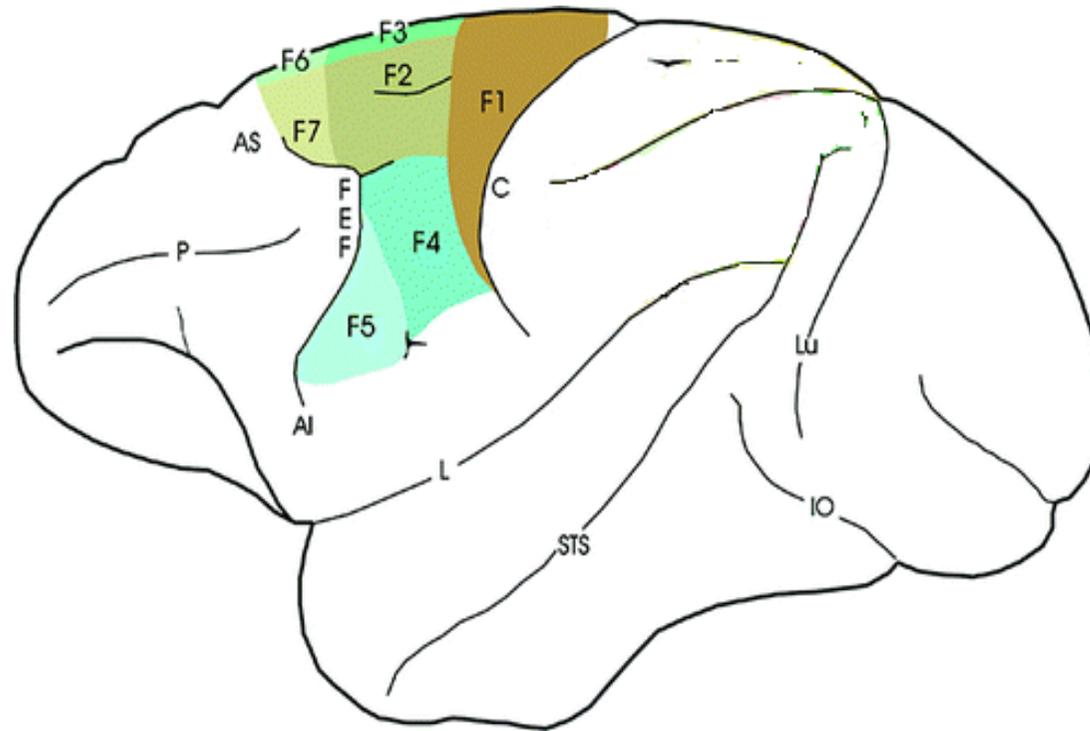
- La ricerca nell'uomo è molto più difficile perché si basa su metodi NON INVASIVI (PET, fMRI, TMS, ecc...), mentre quella sulla scimmia può avvalersi sulla registrazione intracranica che permette di registrare l'attività di un SINGOLO NEURONE.

- Le ricerche qui presentate partono tutte dallo studio della fisiologia del sistema nervoso della scimmia, per poi verificarne l'esistenza anche nell'uomo.

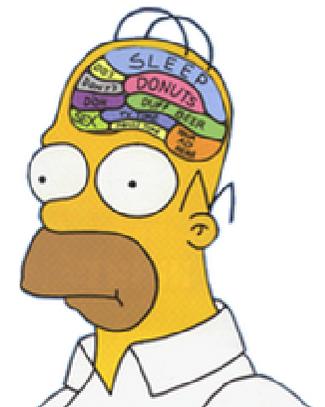


Torniamo alle aree motorie.....

Gli ultimi vent'anni di ricerca neurofisiologica hanno invece mostrato come il sistema motorio sia estremamente più complesso e che le aree che decodificano il movimento sono molto più parcellizzate e specializzate.



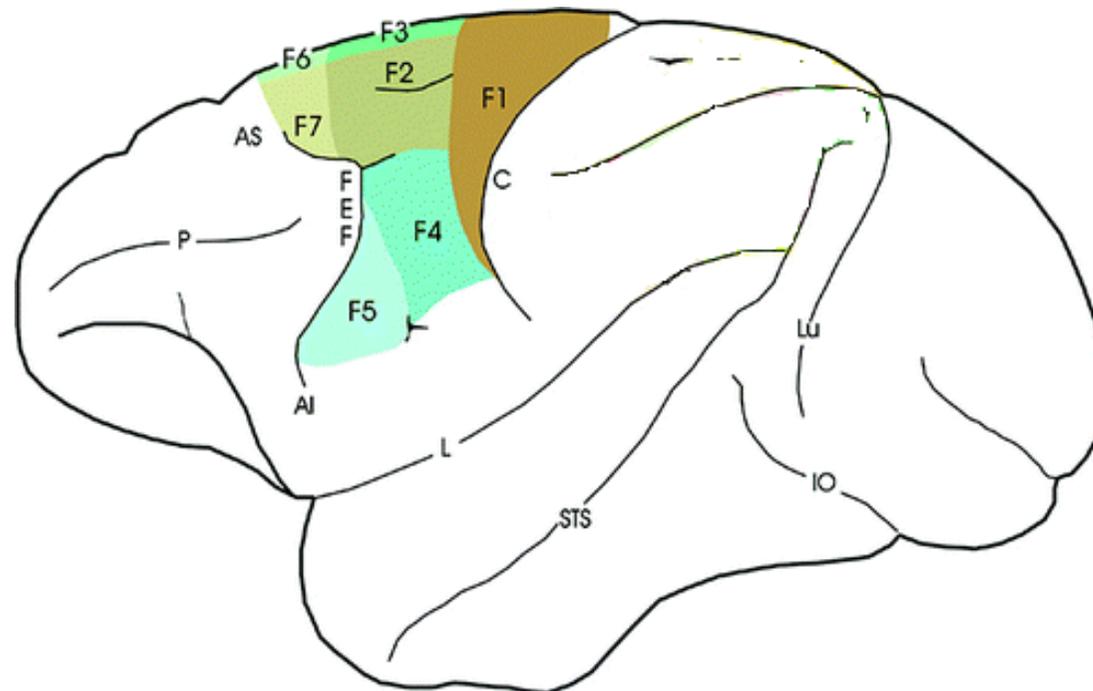
Cervello di Macaca mulatta



Ognuna di queste aree presenta particolari caratteristiche (citoarchitettoniche, afferenze ed efferenze, soglie di eccitabilità, tipologia di movimenti e parti anatomiche in esse codificate). Da notare come: l'unica area che proietta sui motoneuroni spinali nella regione intermedia e nella lamina sia **F1, mentre **F2**, **F3**, **F4** e **F5** solo nella parte intermedia del midollo.**

F1 ---> **Controllo dei movimenti fini**

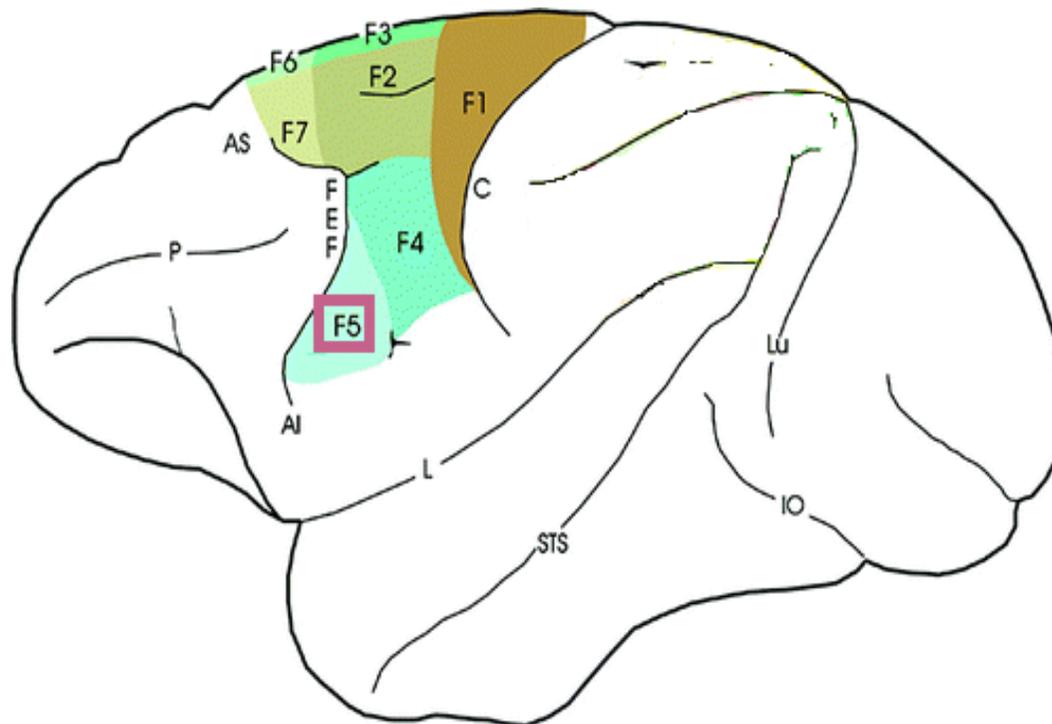
F2 F3 F4 F5 ----> **Circuiti spinali preformati**



F5 contiene rappresentazioni motorie sia della mano che della bocca.
I neuroni di quest'area scaricano solo durante alcuni tipi di movimenti
e ciò non dipende dal movimento in sé, ma dalla

**FINALITA' DEL MOVIMENTO
(Atto motorio finalizzato)**

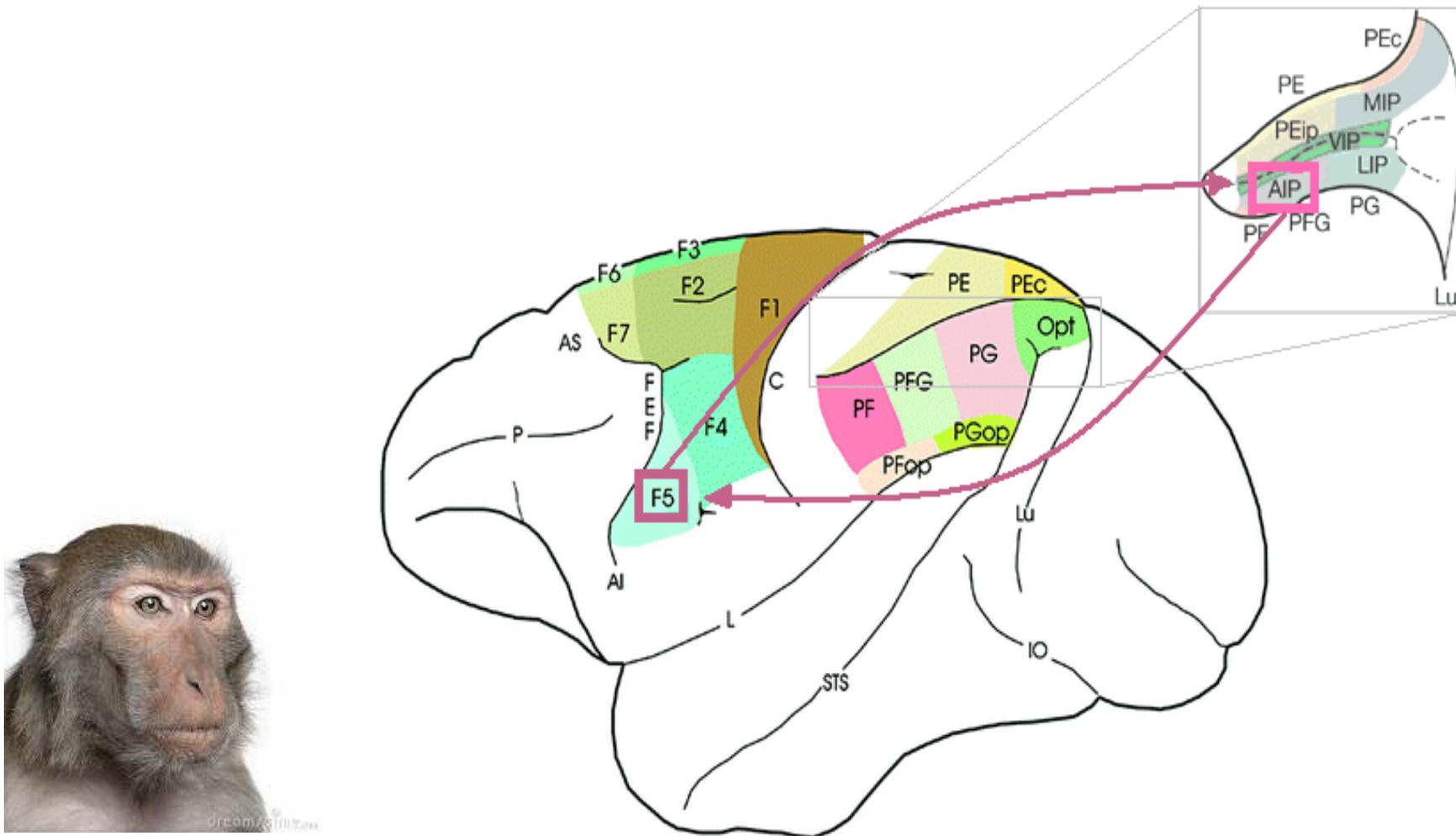
Es. "Afferrare", "strappare", "tenere", "grattare"



F5 forma un circuito piuttosto evidente con l'area **AIP** (zona intraparietale anteriore).

AIP, tre tipologie di neuroni: a dominanza visiva, a dominanza motoria, neuroni visuomotori.

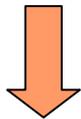
Circuito **AIP – F5**: trasformazione **VISUO - MOTORIA**



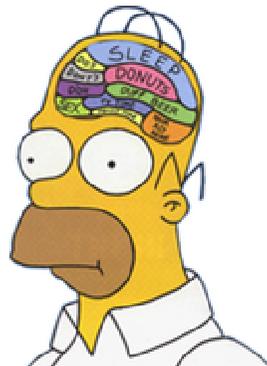
Le Affordances

Proprietà fisiche di un oggetto, che incarnano potenziali *opportunità di interazione* da parte dell'organismo.
(J. J. Gibson, 1975)

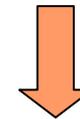
AIP: avviene la prima trasformazione del segnale visivo proveniente dalla corteccia visiva primaria (lobo occipitale), selezionando le opportunità di interazione



ESEMPIO??



F5: Il segnale in arrivo da AIP si traduce in pattern motori (atti motori finalizzati)



ESEMPIO??

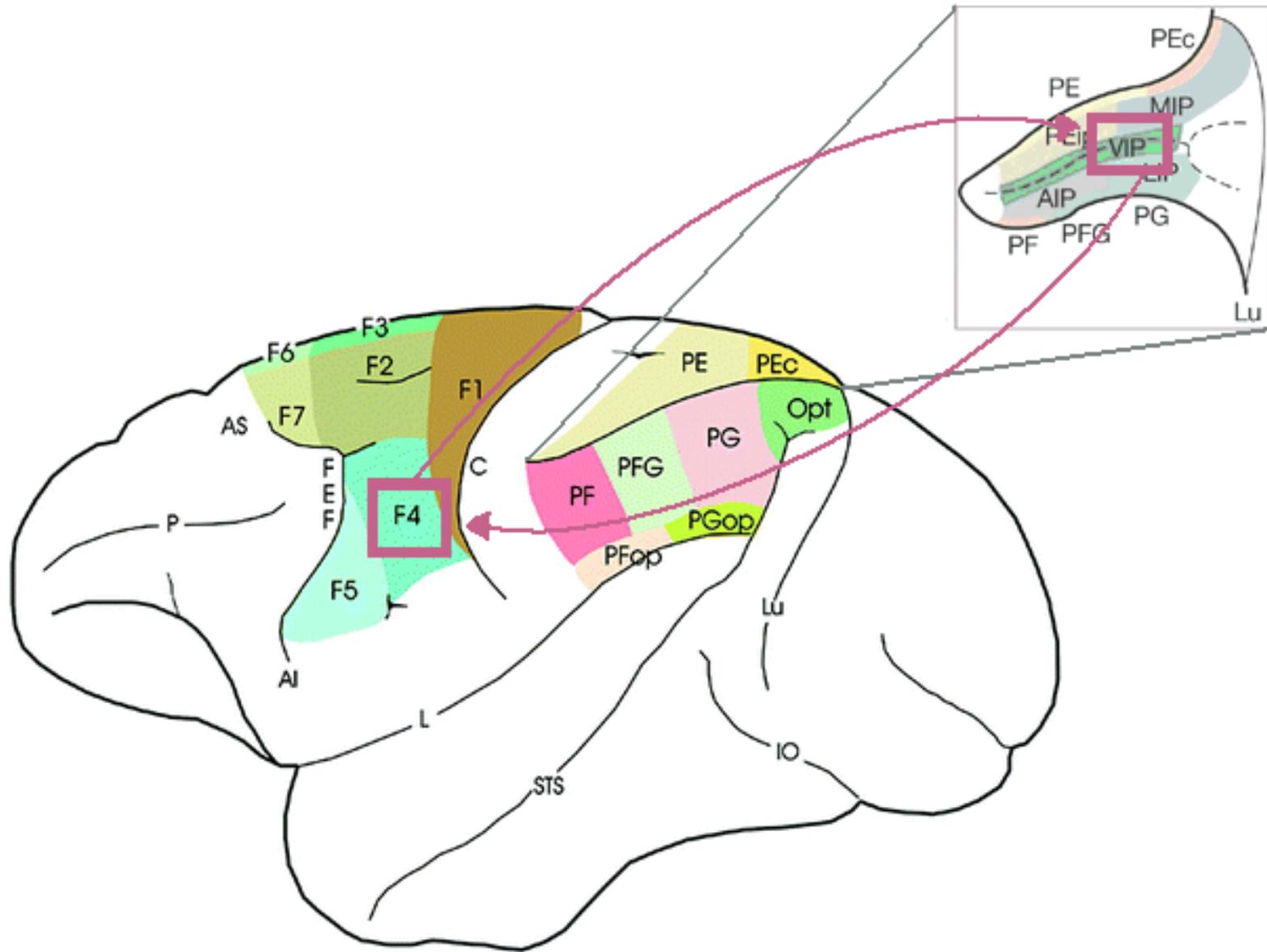
Le Affordances

“Non esistono dati sperimentali che ci permettano di descrivere come le risposte motorie adeguate a prensioni, manipolazioni, ecc. efficienti siano venute progressivamente ad accordarsi agli aspetti visivi degli oggetti. Tuttavia è probabile che sin dalle prime fasi di vita ciascuno di noi associ le affordances degli oggetti agli atti motori maggiormente efficaci per interagire con loro. Le informazioni visive che arrivano a F5 potranno, pertanto, all'inizio essere alquanto disparate; ma col tempo, mediante circuiti di feedback, resteranno solo quelle che ci consentono di avere comportamenti motori adeguati. Una volta acquisita la capacità di coniugare le affordances con le relative tipologie d'atto, il nostro sistema motorio sarà in grado di compiere tutte quelle trasformazioni che sono indispensabili per la realizzazione di qualsiasi atto”.

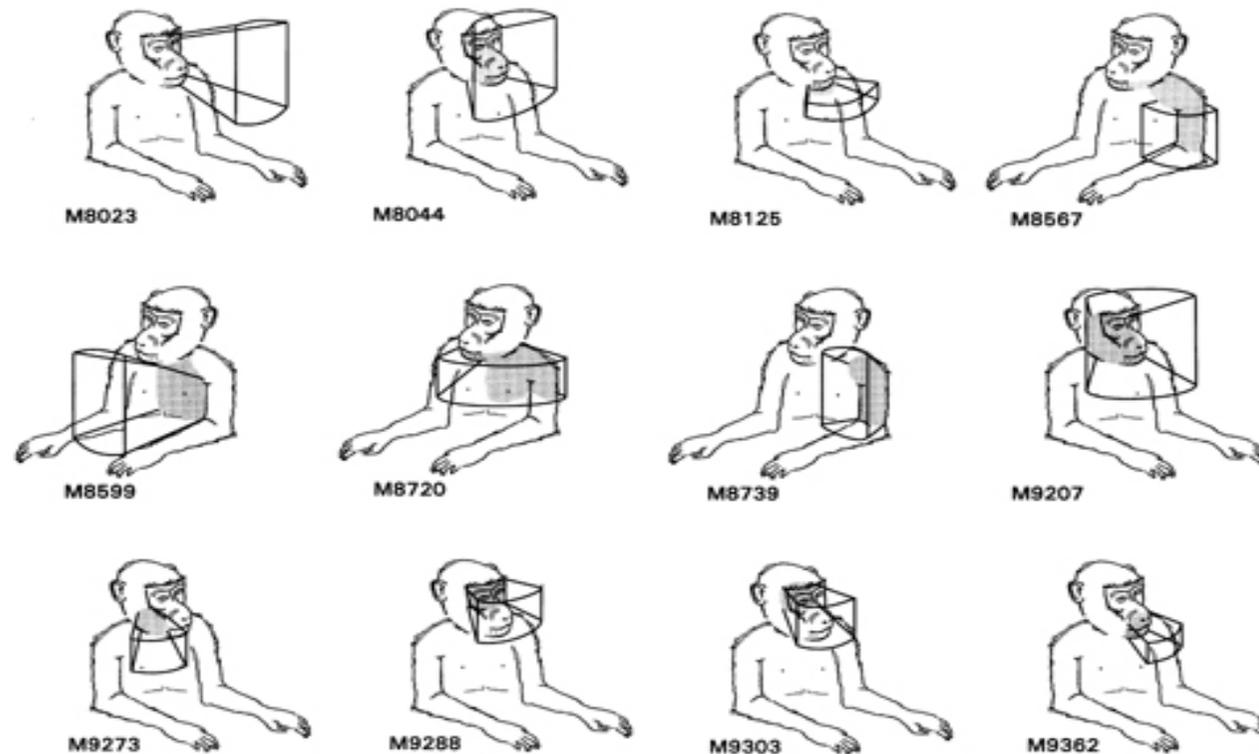
(Rizzolatti, Sinigaglia; 2006)



F4 - VIP

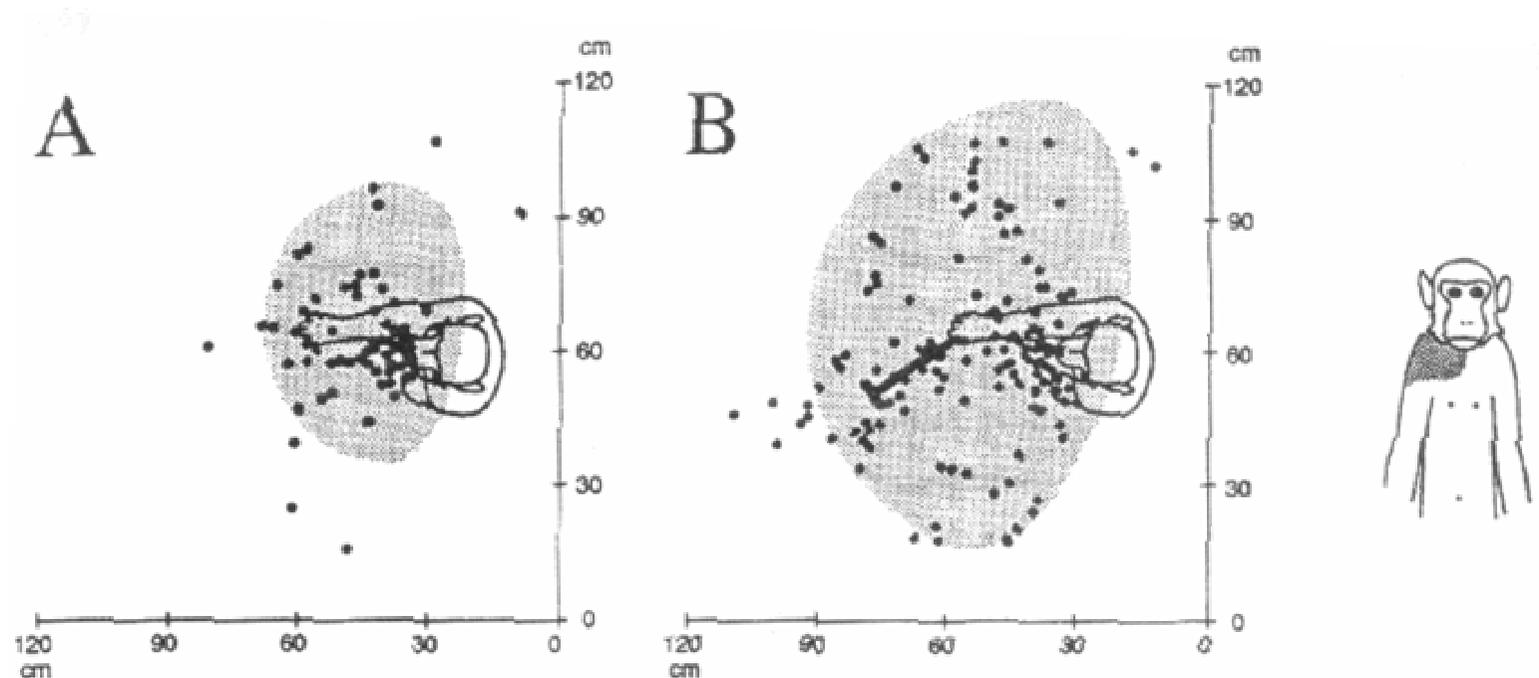


La maggioranza dei neuroni di *F4* e di *VIP* presentano proprietà simili. Si registrano campi recettivi cutanei e “peripersonali”. Scaricano quando la parte di cute interessata viene toccata o quando un oggetto (in alcuni casi stazionario, ma più spesso in movimento) occupa la regione di spazio relativa allo stesso porzione di cute.



- si delinea una differenza tra ciò che è VICINO e ciò che è LONTANO**
- la velocità di movimento di un oggetto nello spazio modifica la profondità del campo recettivo**

Nelle scimmie, l'utilizzo di uno strumento *PUO' MODIFICARE IL CAMPO RECETTIVO* registrato nei singoli neuroni.
(Iriki et al., 1996)



Risultati simili (anche se su studi comportamentali) si registrano anche nell'uomo. Studi su pazienti con negligenza spaziale unilaterale.
(Berti, Frassinetti; 2000)

Bateson in “Verso un'ecologia della mente” (1970), nel capitolo Intitolato “Forma sostanza e differenza” si chiede:

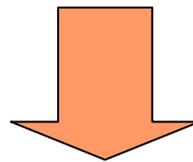
“ Supponiamo che io sia cieco e che usi un bastone e vada tentoni. In quale punto comincio io? Il mio sistema mentale finisce all'impugnatura del bastone? O finisce con la mia epidermide? Comincia a metà del bastone? O alla punta del bastone?”

Possiamo rispondere, anche se Bateson se lo chiedeva per altri motivi e fondamentalmente non cercava una risposta, che lo strumento viene INCORPORATO nella rappresentazione del nostro corpo, ampliando le normali possibilità di azione

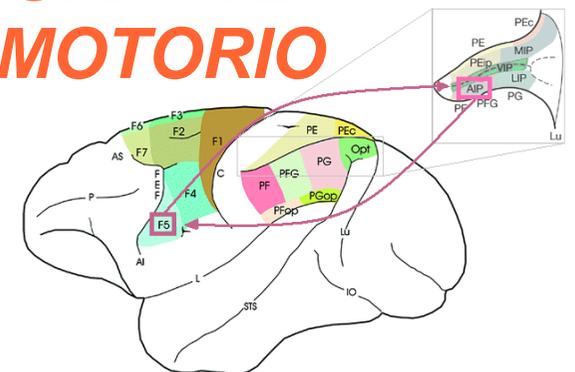


Torniamo a **F5** e **AIP**.....

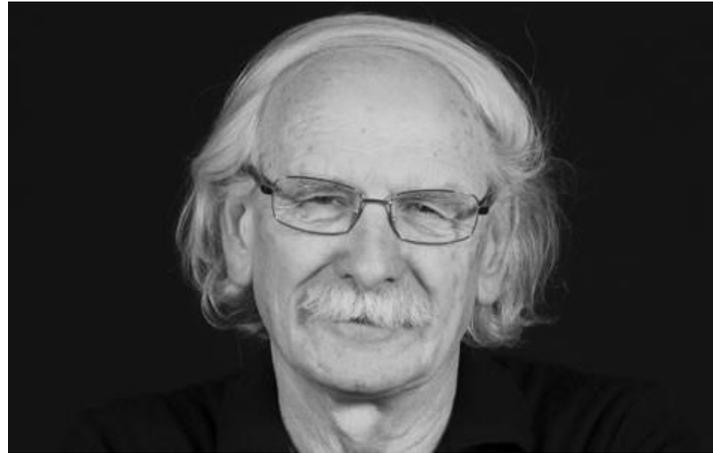
- 1) Come in **AIP** alcuni neuroni rispondono a stimoli motori, allo stesso modo in **F5** alcuni neuroni rispondono a stimoli visivi e neuroni che rispondono ad entrambi gli stimoli (visuo-motori)
- 2) Vi sono rappresentati molteplici tipi di atti motori, che costituiscono quindi una sorta di “vocabolario d'atti”
- 3) Estrema selettività della risposta: lo stesso movimento eseguito in un contesto diverso o senza oggetto bersaglio non provocherà alcuna risposta del neurone



**GLI STESSI NEURONI DEL CIRCUITO SI ATTIVANO
SIA DURANTE L'OSSERVAZIONE SIA DURANTE
L'ESECUZIONE DEL MEDESIMO ATTO MOTORIO
FINALIZZATO**



I Neuroni Specchio



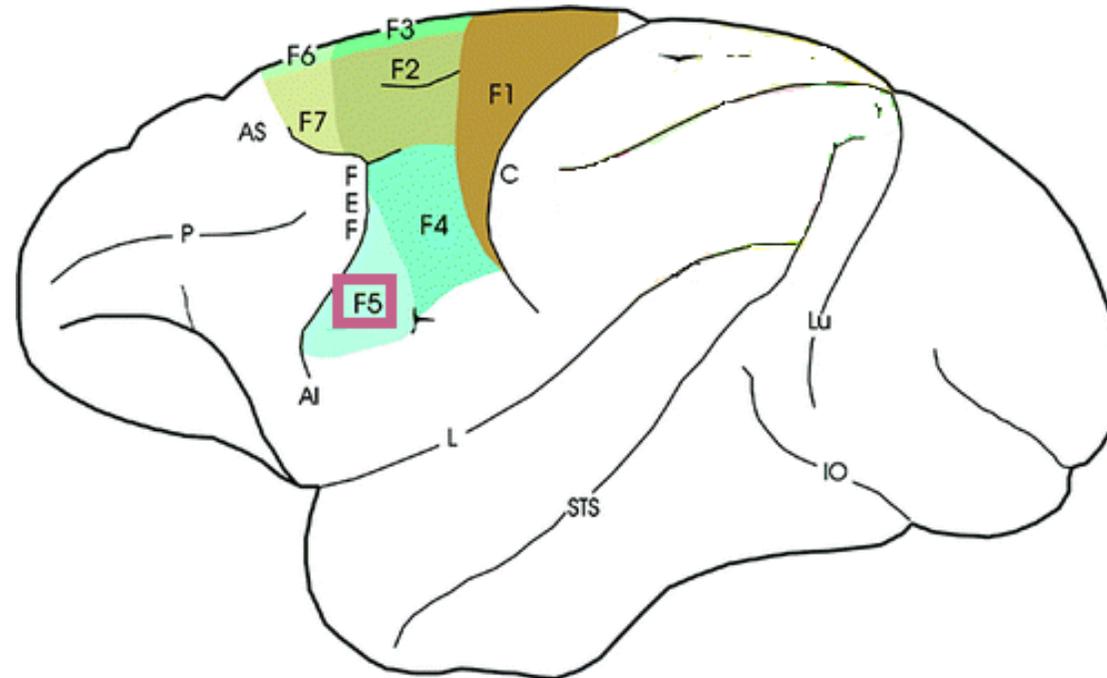
Quindi.....

- **Non neuroni, ma un sistema **MIRROR**, di rispecchiamento**
- **Interpretazione dei fatti sociali**
- **Il sistema mirror è presente non solo nelle scimmie e nell'uomo, ma anche in altri animali**
- **Differenza di attivazione tra l'osservazione di atti motori effettivamente conosciuti nella propria esperienza e atti motori di cui si evince soltanto il significato**
- **Neuroni con le caratteristiche mirror sono stati trovati non solo nel sistema motorio, ma anche nella regione dell'insula, implicata nei processi viscerali dovuti a forti sensazioni di DISGUSTO, aprendo la strada alle speculazioni sulla “lettura delle emozioni altrui”, ovvero la capacità denominata **EMPATIA**.**
- **Ma soprattutto, il funzionamento MIRROR rivoluziona la visione scientifica del nostro cervello. Non esiste più un sistema per FARE e uno per OSSERVARE/COMPRENDERE ma ora abbiamo un sistema INTEGRATO ed ECONOMICO**

Torniamo nuovamente a **F5**....

Come detto in precedenza, in **F5** abbiamo rappresentato un complesso **“vocabolario di atti motori”**, ognuno dei quali codificato da un gruppo di neuroni che rispondono sia durante l'esecuzione che durante l'osservazione dell'atto motorio stesso, es. **“afferrare”**.

Sono rappresentati atti motori di **mano** e **bocca**



- In **F5** è stato trovato un'ulteriore gruppo di neuroni, con caratteristiche **MIRROR**: **i neuroni specchio audio-visivi**

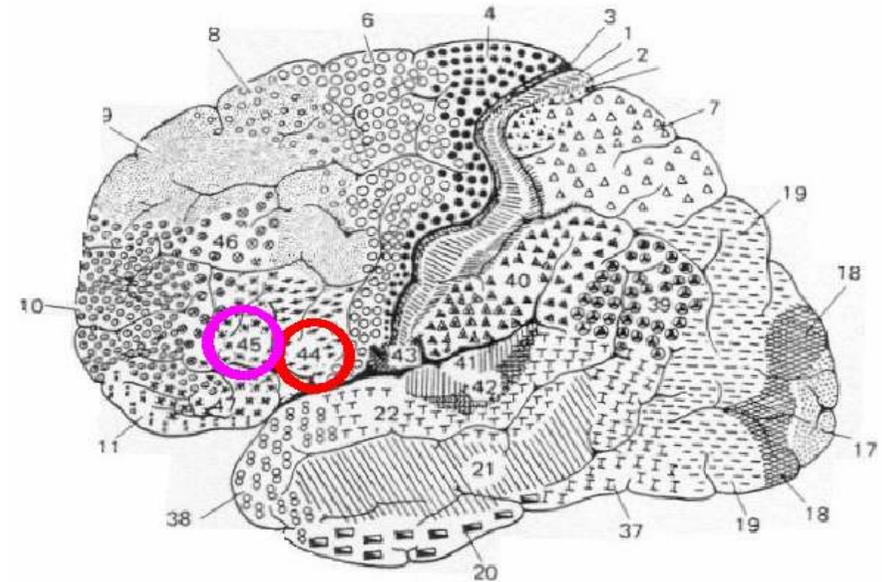
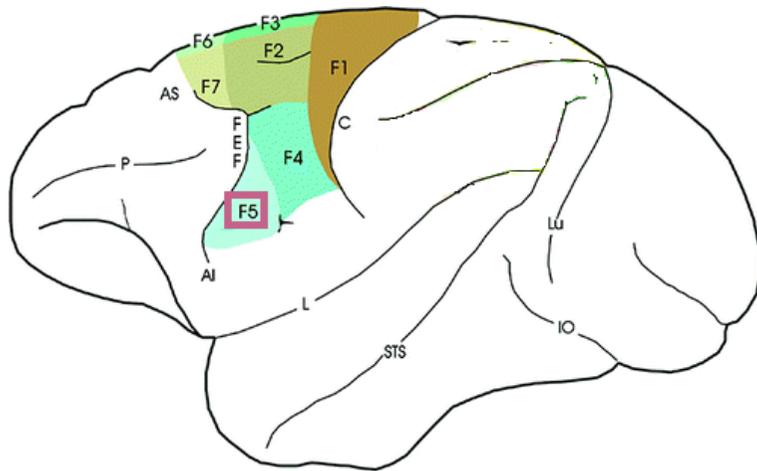
Neuroni specchio audio-visivi

Questo gruppo di neuroni risponde non solo quando la scimmia osserva un'azione, bensì anche *quando può solo sentirla*. Lo stesso neurone presenta pattern di attivazione solamente per determinati tipi di azione, sia essa ascoltata (come una nocciolina che viene mangiata), sia osservata (osservazione diretta di una nocciolina che viene mangiata) o entrambe, mentre non risponde al suono o alla visione di altre azioni o suoni non precisi (Kohler et al. 2002). Il fatto che determinati neuroni nella corteccia motoria rispondano anche a segnali acustici induce a pensare che lo stimolo acustico permetta al soggetto ricevente di attivare la rappresentazione dell'atto motorio finalizzato codificata in questa stessa area (Ferrari & Fogassi, 2004).



Torniamo nuovamente a **F5**....

A che area corrisponde F5 nell'uomo???

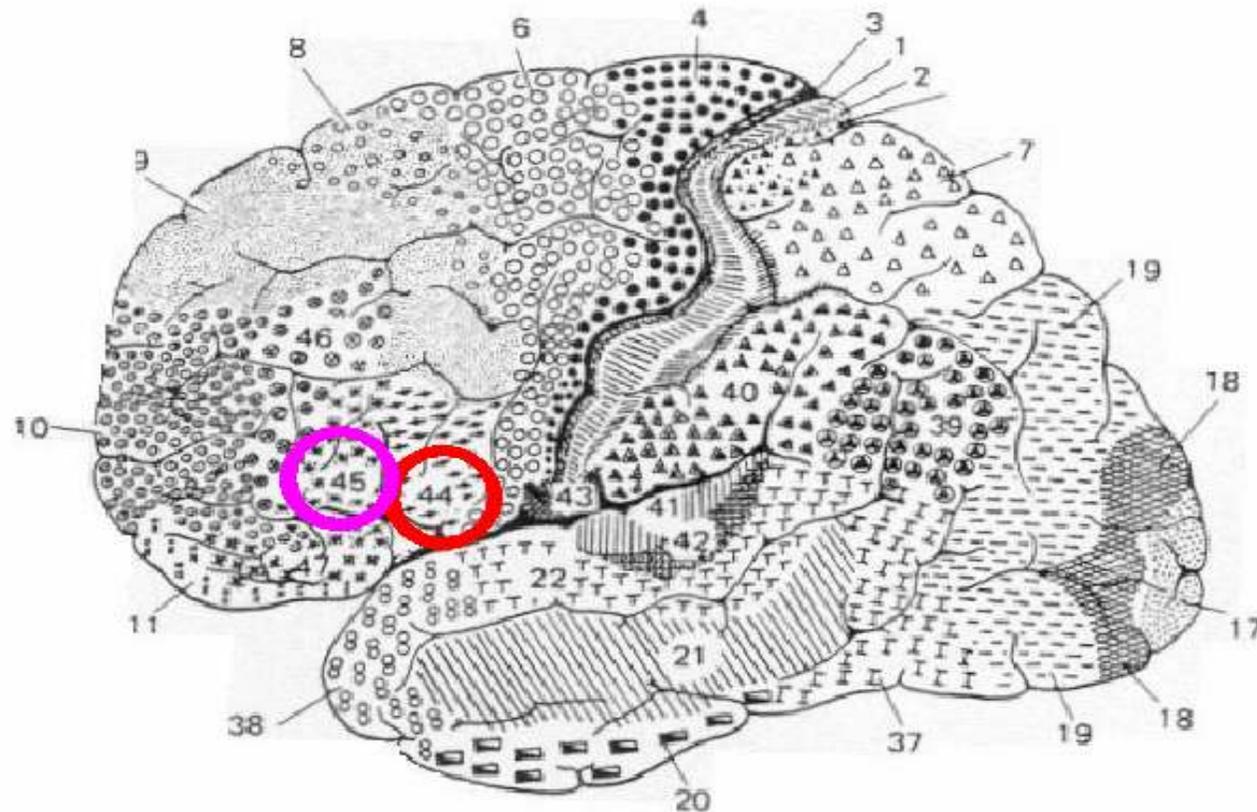


Corrisponde all'area 44 di Brodmann, che insieme all'area 45 formano la famosa area di **Broca.....**



**L'area di Broca (area frontale dorso-laterale) è considerata
fondamentale nei processi del**

LINGUAGGIO



IL LINGUAGGIO

- **Ogni atto linguistico è prima di tutto un complesso gesto articolatorio, composto di pattern di movimento molto complicati e che investono tutta la muscolatura oro-facciale**
- **Nell'area di *Broca*, al pari di *F4* e *F5*, sono rappresentati movimenti complessi di MANO e BOCCA**
- **Anche nel linguaggio, esiste una forte connessione tra mano e bocca**
- **Ogni atto linguistico è un ATTO COMUNICATIVO, cioè portatore di significato, esattamente come gli ATTI MOTORI FINALIZZATI**
- **Complessità semantica e sintattica del linguaggio dei SEGNI**



IL LINGUAGGIO

Se definiamo la comunicazione gestuale come la capacità di emettere e riconoscere azioni significative (Ferrari & Fogassi , 2004), appare plausibile come il sistema dei neuroni specchio possa fungere da base neuronale per le abilità comunicative (Ferrari & Fogassi, 2004; Gentilucci & Corballis 2006; Rizzolatti & Sinigaglia, 2006). In uno scambio comunicativo, composto quindi di produzione e ricezione del segnale, si presuppone che ci sia una sorta di vocabolario condiviso tra gli attori della comunicazione, il “requisito di parità” (Arbib, 2005; Rizzolatti & Sinigaglia, 2006) a cui attingere per comprendere i significati. Se produzione e comprensione condividono lo stesso vocabolario, è probabile che queste due capacità siano intimamente connesse (Lieberman & Mattingly, 1985) e, l’ipotesi che entrambe facciano capo al medesimo substrato corticale risulta vantaggiosa sia in termini economici (risorse cerebrali adibite a tale funzione) sia in termini di tempo impiegato nel processo di comprensione/decodifica del segnale da parte del ricevente.

