

Cognizione, corpo e cultura 2018-2019

Anna Borghi

anna.borghi@uniroma1.it

Sito web: <http://laral.istc.cnr.it/borghi>

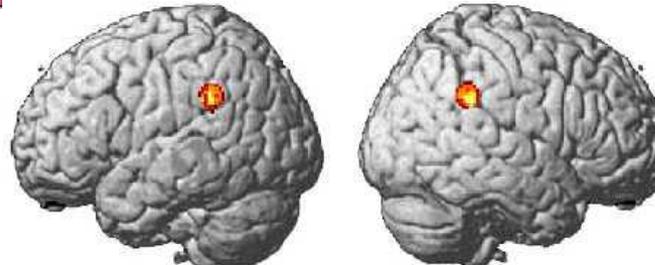
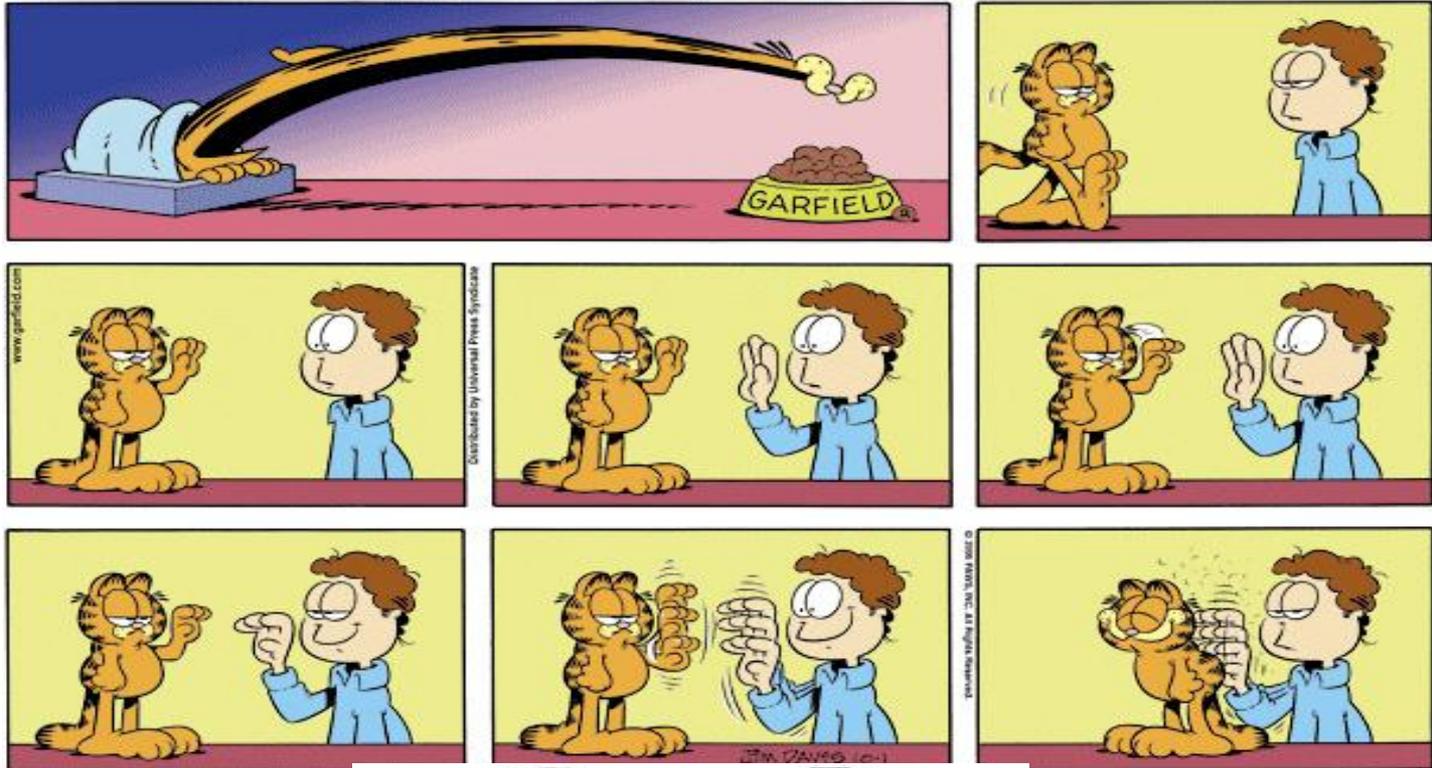


Indice: imitazione e risonanza motoria

- Contagio, emulazione, imitazione
- Teorie dell'imitazione
- Imitazione innata o appresa?
- Imitazione e apprendimento: cenni ai neuroni mirror
- Imitazione implicita: a che serve?
- Imitazione automatica e risonanza motoria
- Risonanza e complementarità



Imitazione, risonanza motoria e complementarietà



LEFT
IMITATING

RIGHT
BEING IMITATED

Imitazione: una definizione



Imitazione = casi in cui un individuo, avendo osservato un movimento corporeo, deliberatamente realizza un movimento corporeo topograficamente simile (Cecilia Heyes, 2011)

Meccanismi di apprendimento sociale

- ❁ **Mimicking / contagio**: chi apprende copia le azioni senza comprendere gli scopi sottostanti: es. sbadiglio
- ❁ **Emulazione**: chi apprende ottiene gli stessi risultati e scopi usando le sue azioni: es. tronco
- ❁ **Apprendimento imitativo**: chi apprende copia le azioni del dimostratore per raggiungere gli stessi scopi

(Tomasello, 1990; Whiten & Ham, 1992)



Imitazione e apprendimento: esempi tra gli altri animali



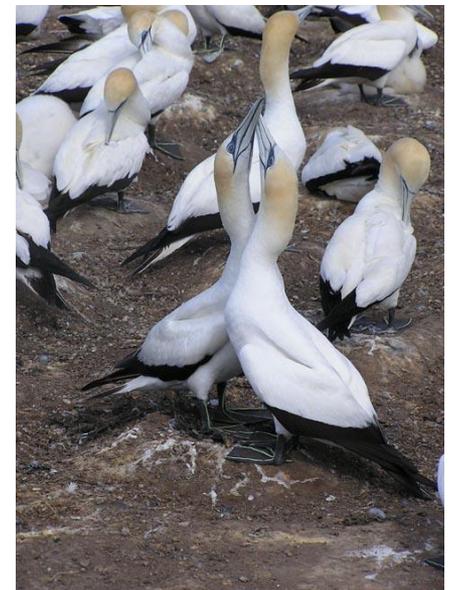
Imitazione /
mimicking nei
delfini:
flessibilita' e
adattabilita' a
nuovi
contesti

•Herman, *Imitation in Animals & Artifacts*, MIT Press, 2002

Imitazione e contagio

✿CONTAGIO. Comportamento specie-specifico, in cui più organismi mostrano un comportamento simile: es. corteggiamento, volare in stormi.

Esempi di contagio negli umani, non negli altri animali: **sbadiglio**, **risata**.



Imitazione ed emulazione

- ✿ **Emulazione:** gli individui **apprendono proprietà ambientali** grazie all'osservazione di azioni, senza necessariamente apprendere le azioni stesse. Piuttosto, si apprendono le affordance degli oggetti.



–Ad esempio, se vediamo qualcuno rompere una noce con una pietra per mangiarla possiamo capire che l'interno della noce può essere mangiato; questo non significa che impariamo il metodo con cui aprire la noce.

–Ad esempio, la madre fa rotolare un tronco e mangia gli insetti sotto ad esso. Il/la figlia lo rifà non perché imita la madre, ma perché intuisce dal suo gesto che sotto al tronco ci sono degli insetti.

- ✿ **Imitazione:** si intende **l'apprendimento delle azioni**, copiare le azioni di agenti, acquisire il metodo relativo a come svolgerle. **(Tomasello, 1996).**



Imitazione ed emulazione



Esempi di emulazione. Il fatto che gli scimpanzè imparino ad usare utensili tramite emulazione e non imitazione ne limita grandemente flessibilità e capacità di apprendimento.

Imitazione ed emulazione

Atto di imitazione

- ✿ si osserva qualcuno,
- ✿ si compie un piano per agire
- ✿ e si esegue un atto motorio.

L'imitazione coinvolge dunque

- ✿ la **visione**,
- ✿ la **pianificazione**
- ✿ e il **controllo motorio**.



Imitazione: teorie

- ✿ **Teorie specifiche:** meccanismi neurali e funzionali **specifici** per il controllo dell'imitazione
- ✿ **Teorie generaliste:** meccanismi **generali** di apprendimento associativo e controllo motorio alla base dell'azione
- ✿ Supporto per le teorie generaliste – es. **Neuroni mirror:** le scimmie hanno i neuroni specchio ma non imitano. Consistente con le teorie generaliste.



Brass & Heyes, TICS, 2005

Imitazione: teorie



Teorie specialiste:

1. Teoria del mapping diretto: traduzione diretta percezione – produzione: l'informazione **visiva viene tradotta immediatamente in pattern motori**. Evidenze: Butterworth, 1990; Fadiga et al., 1995.

2. Teorie AIM (active intermodal mapping): variazione di 1: non vi è mapping diretto percezione-azione ma il **sistema percettivo e di azione sono commensurabili** in quanto condividono una struttura spaziotemporale (ad es. tra parti del corpo). Meltzoff e Moore, 1977; Meltzoff, 1993.

Quando si osserva un movimento con l'intenzione di imitarlo, si converte la rappresentazione del movimento in una **rappresentazione sovramodale che contiene informazioni sulle relazioni tra effettori**.



Imitazione: teorie



Teorie generaliste:

1. Teorie ideomotorie / goal directed: quando osserviamo un'azione attiviamo una simulazione perchè quello che osserviamo è simile al contenuto della nostra rappresentazione motoria.

Variazione: quando imitiamo un'azione estraiamo gli effetti percepibili dell'azione, i “goal”, poi attiviamo il **programma motorio più legato a questi goal**. Bekkering et al., 2000; 2002.

2. ASL Associative Sequence Learning movement: imitazione è prodotto della nostra capacità generale di apprendere tramite associazioni.



Imitazione: teorie

Predizioni: Quando si osserva un gesto da imitare:

1, 2: Teorie specifiche (mapping diretto e AIM): viene attivato un **effettore**

3: Teorie generaliste - ideomotorie/ goal directed: vengono attivati **programmi motori con conseguenze simili sul piano percettivo**



Imitazione: innata o appresa?



I neonati a 42 minuti possono imitare espressioni facciali (Meltzoff & Moore, 1989; 1997): Lingua e labbra protruse, bocca aperta

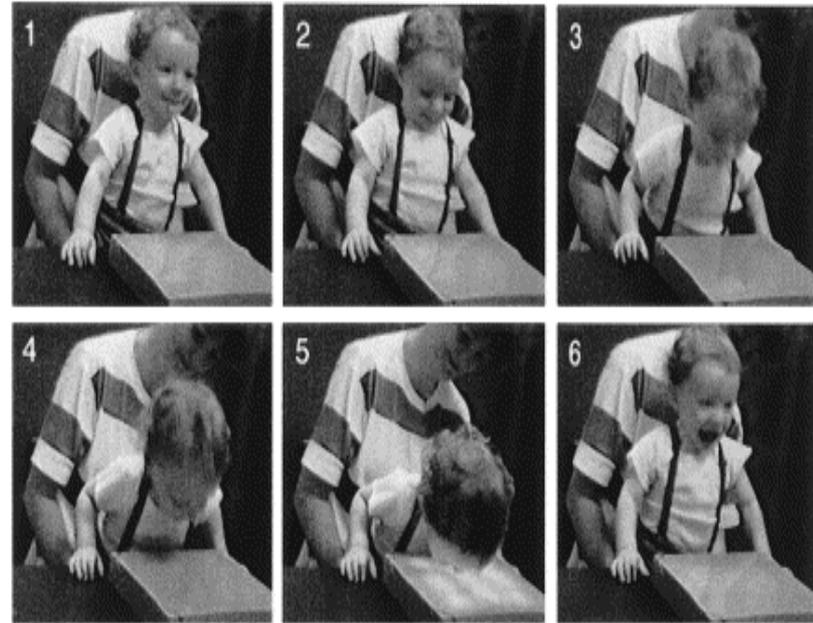
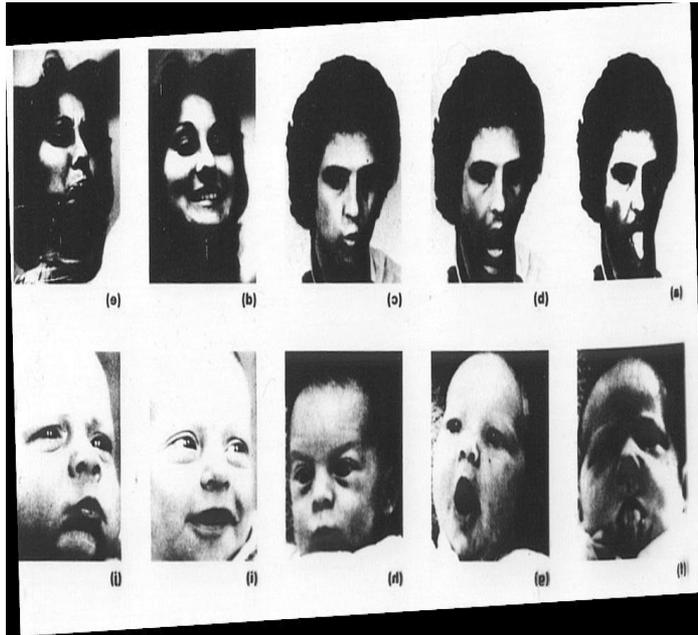
Imitazione: innata o appresa?



• **Imitazione differita** – fino a 3 mesi imitazione differita **fino a 24 ore**

• 9-12 mesi (Meltzoff, 1995): 67% dei neonati riproducono un nuovo comportamento che hanno osservato **una settimana dopo**, mentre non lo riproduce nessuno dei controlli

Imitazione: teoria AIM



Spiegazione in base alla teoria **AIM, Active Intermodal Mapping** (Meltzoff & Moore, 1989; 1997): Mapping diretto da parte dei neonati tra quello che vedono / quello che sentono.

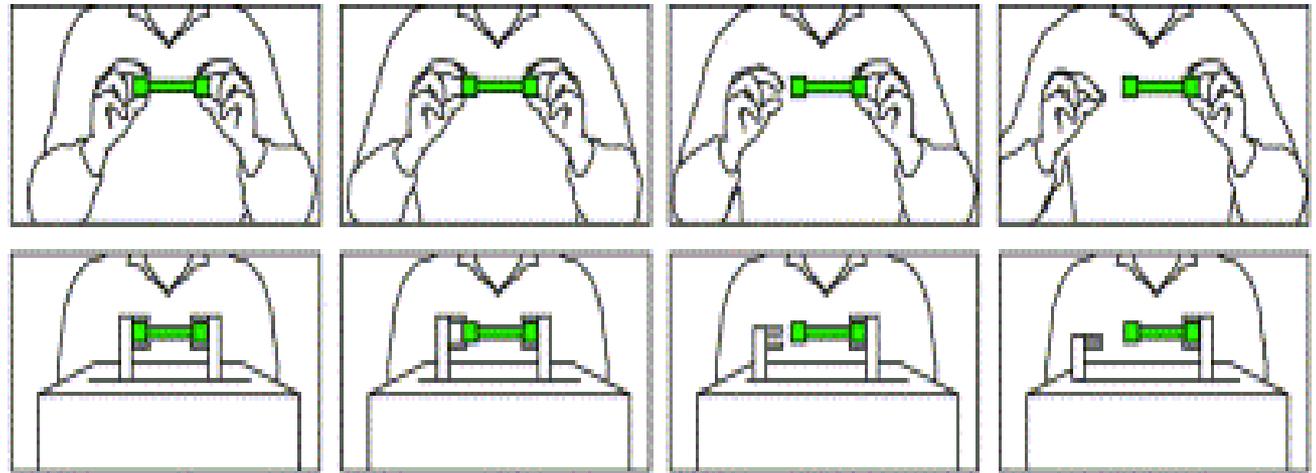
Meltzoff (2005): questo meccanismo mi aiuta a pensare che gli stati mentali degli altri siano come i miei.

Altri che sono COME ME hanno stati interni COME ME.

Imitazione nei bambini

I bambini a 18 mesi distinguono tra imitazione degli esseri **umani** e delle **macchine**.

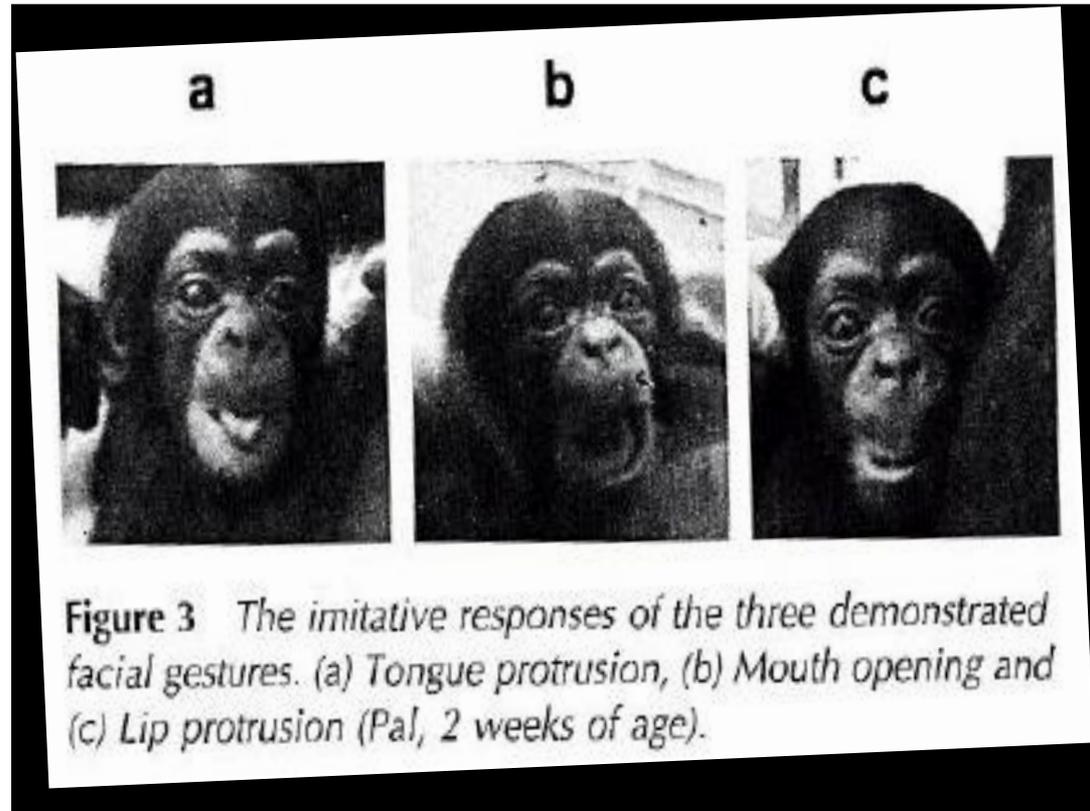
Solo ai primi attribuiscono intenzioni



TRENDS in Cognitive Sciences

Imitazione: problemi della teoria AIM

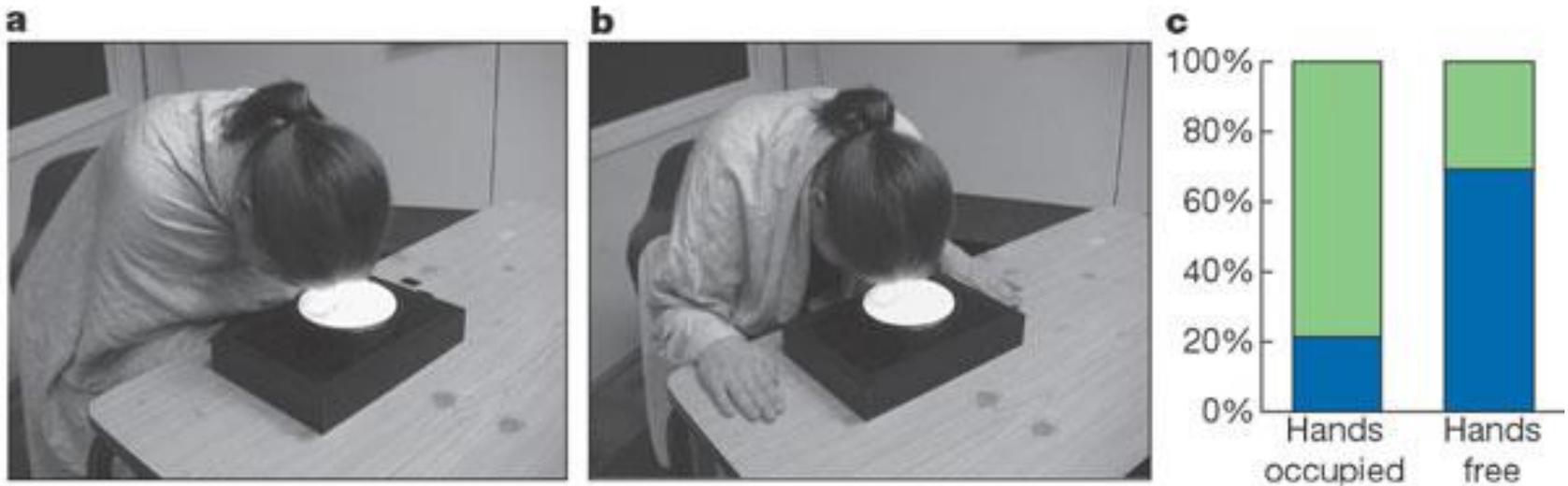
- Solo il 50% dei neonati imitano
- Le dimostrazioni più chiare riguardano la protrusione della lingua
- Si hanno risposte simili a stimoli non sociali (luce, musica) (Jones, 2006)
- Non lo fanno solo i neonati: scimmie e teorie della mente?



Myowa-Yamakoshi, Tomonaga, Tanaka, & Matsuzawa (2004)

Imitazione nei bambini: teoria goal directed

- Bambini di 14 mesi: osservano degli adulti accendere una lampada con la testa in 2 condizioni: con le mani occupate vs. libere.
- Viene riprodotto il comportamento solo quando farlo e' razionale.
- Quindi: l'imitazione e' un processo re-interpretativo e orientato da scopi (GOAL DIRECTED), non semplice riproduzione.

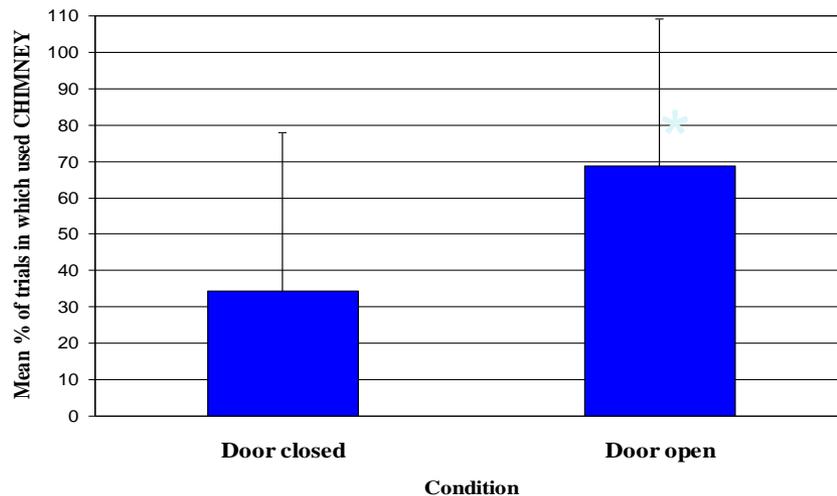


•Gergely, Bekkering, Kiraly, *Nature* **415**, 755, 2002

Imitazione nei bambini: teoria goal directed

✿ Porta chiusa: l'agente deve usare mezzi insoliti (camino)

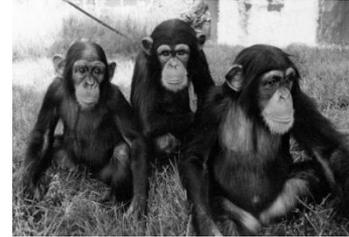
✿ Porta aperta: l'agente SCEGLIE di usare mezzi insoliti.



✿ I neonati non distinguono. A **12 mesi** imitano l'azione insolita più spesso quando scelta che quando necessaria.

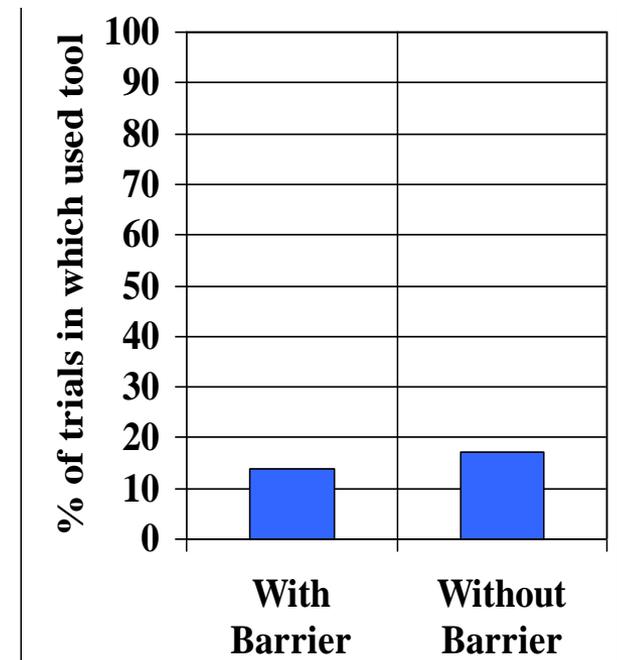
Imitazione nei bambini: teoria goal directed

- Gli scimpanzè guardano un individuo che tira una grata usando uno strumento, o:
 - **Con una barriera** (deve usare lo strumento per forza) o
 - **Senza barriera** (sceglie di usare lo strumento).



• Gli scimpanzè usano lo strumento con la stessa frequenza nelle 2 condizioni, i neonati più spesso in caso di scelta.

• Quindi: I bambini fanno più che copiare le azioni, usano gli **scopi altrui per capire quali azioni copiare.**



Tomasello & Carpenter (2005)

Imitazione negli adulti

✿ Apertura e chiusura della mano, **azioni intransitive** (senza oggetto) e **antagoniste** (non realizzabili al contempo).

- **Procedura:** I partecipanti vedono **una mano sullo schermo**; quando inizia a muoversi o subito dopo la mano **cambia colore**, e loro devono riprodurre il movimento (es. apertura con stimolo blu, chiusura rosso e vs.).
- Facilitazione in caso di **compatibilità**; Effetto presente sia con **video** che con **mano statica** (fase finale del movimento)
- Quindi: osservare il movimento facilita l'azione corrispondente



Stürmer, Aschersleben, Prinz, 2000

Imitazione negli adulti

• Compito: **sollevare vs. fare tapping** con il dito indice appena vedono il movimento del dito.

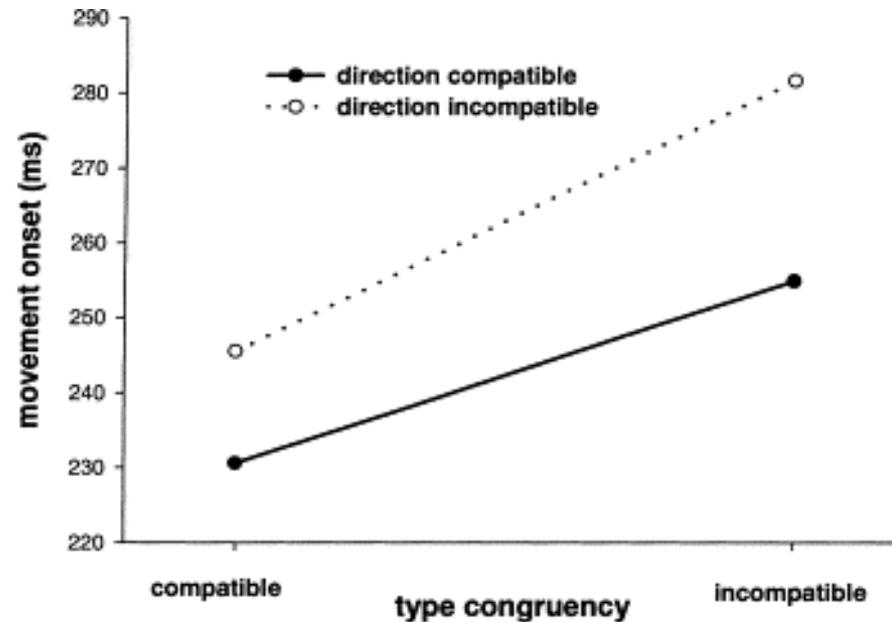
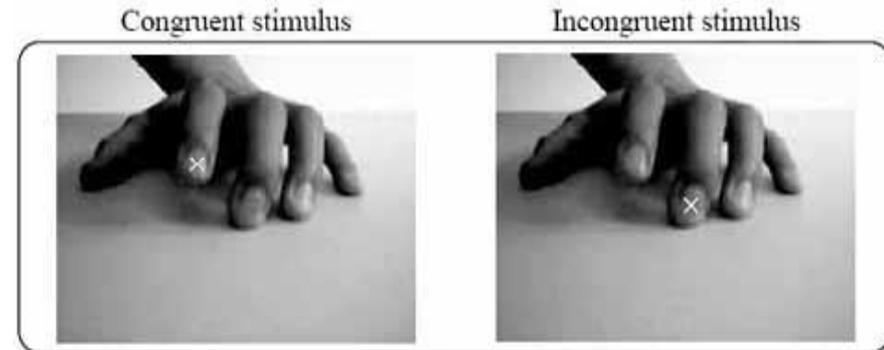
Teoria ideomotoria:

a) facilitazione quando si risponde ad un movimento osservato.

b) **Facilitazione** maggiore in caso di **somiglianza tra il movimento che si osserva e che si compie** (movimenti compatibili dal punto di vista ideomotorio).

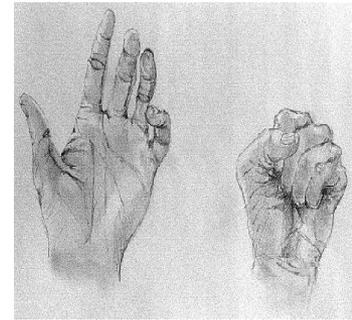
Variabili:

- Compatibilità di direzione (su, giù)
- Congruenza croce-dito



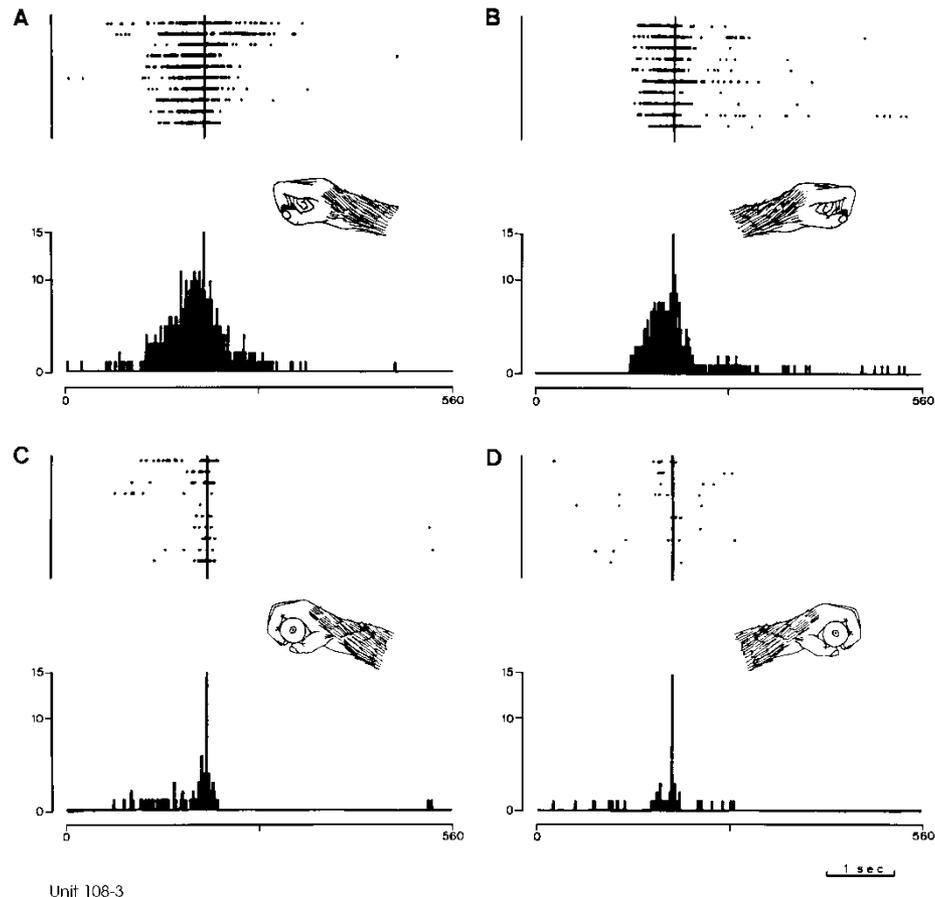
Imitazione: innata o appresa?

- ✿ **Heyes et al., 2004.** Imitazione non innata ma acquisita.
- ✿ Trovano che i movimenti sono facilitati se i soggetti vedono eseguire **movimenti congruenti** con quello che stanno eseguendo, mentre sono resi più difficili se eseguono movimenti incongruenti.
- ✿ Prima dell'esperimento training: i partecipanti imparano a aprire la mano quando vedono una mano chiudersi e vs.
- ✿ Introducendo il training **l'effetto dell'imitazione automatica scompare.**
- ✿ Dunque: secondo questi autori il comportamento imitativo si forma attraverso le connessioni neurali visuomotorie che si costruiscono **combinando esperienza diretta e osservazione.**



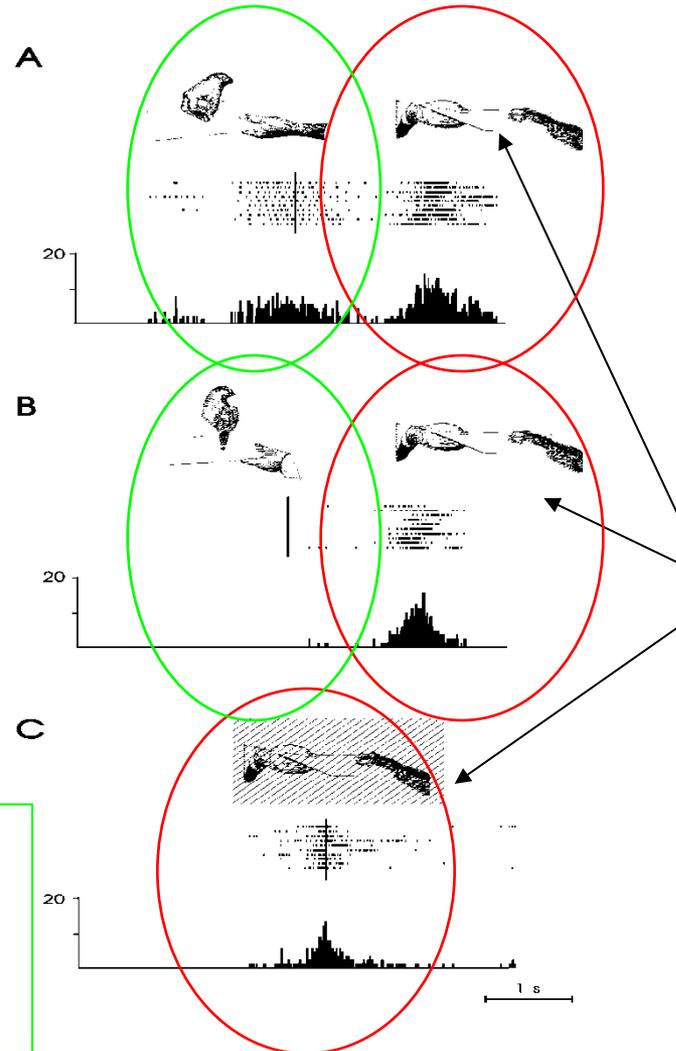
Imitazione e apprendimento: i neuroni canonici dell'area F5

- Neurone dell'area premotoria F5 nelle scimmie:
 - è attivo durante un particolare tipo di afferramento (presa di precisione e non a mano piena).
 - è legato all'obiettivo piuttosto che all'effettore (mano ds/sn).
 - scarica durante una specifica fase di azione (aprire, chiudere, tenere)



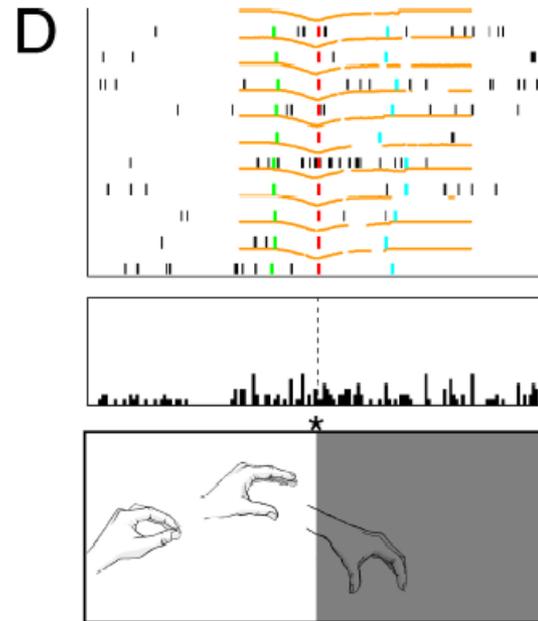
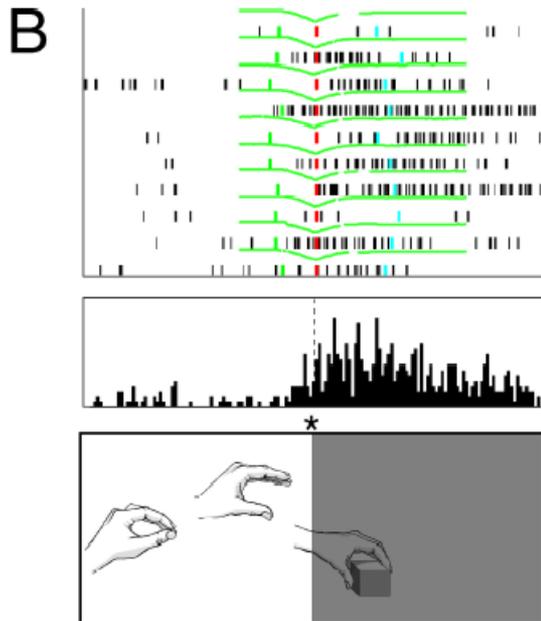
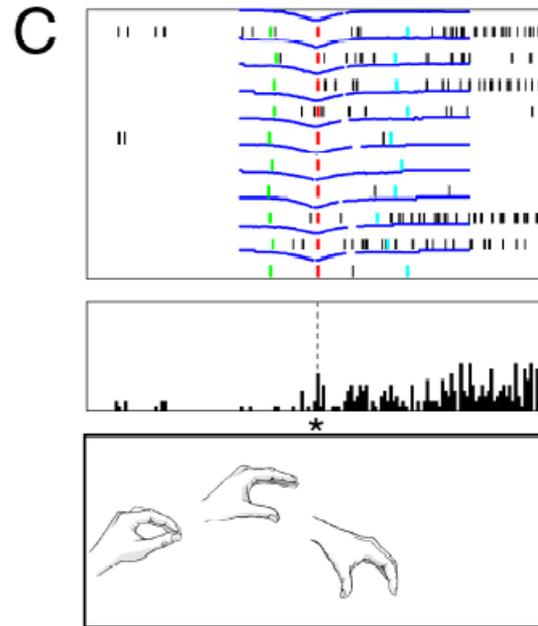
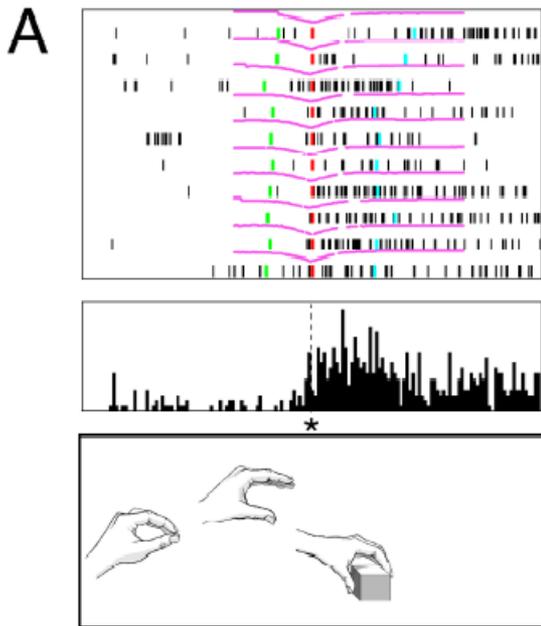
Imitazione e apprendimento: i neuroni mirror

• Neurone mirror tipico (F5): scarica solo quando la scimmia osserva un'azione diretta ad un obiettivo eseguita da un effettore biologico (conspecifico, essere umano)



La scimmia guarda

La scimmia afferra



A (Afferrare con visione piena)

B (Afferrare di nascosto)

C (Mimare)

D (Mimare di nascosto)

I neuroni mirror riconoscono l'obiettivo

Un subset di neuroni mirror rispondono anche con afferramento di nascosto

Umiltà et al., 2001

Imitazione e apprendimento: i neuroni mirror

☀ Cosa succede quando gli esseri umani **osservano il movimento di un conspecifico**? Imitazione:

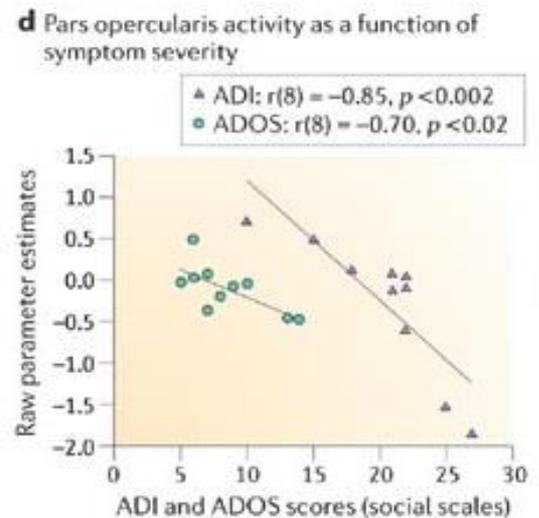
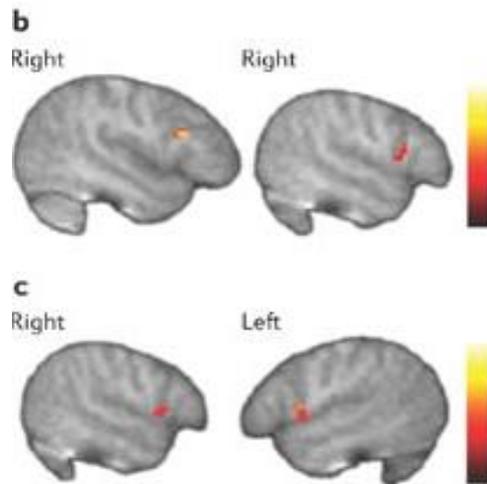
- ◆ **Esplicita** - attivazione intenzionale del comportamento motorio (imitazione)
- ◆ **Implicita** - attivazione non intenzionale del comportamento motorio. Ad esempio, osservare qualcuno che afferra comporta l'attivazione delle stesse aree attive durante l'afferramento: **meccanismo mirror**.



Imitazione nei bambini: l'autismo

• Comprensione di emozioni - fMRI

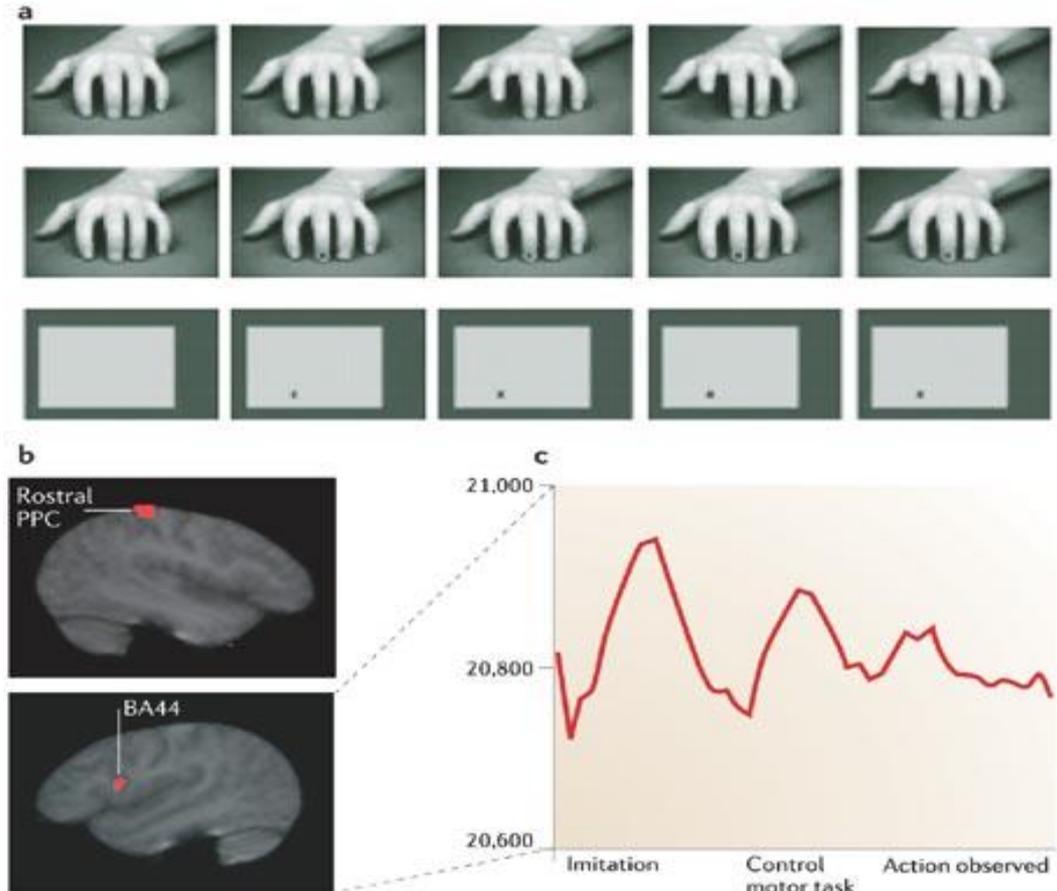
• Bambini autistici (circa 12 anni): **minore attività del sistema dei neuroni specchio** (Inferior Frontal Gyrus, right pars opercularis) durante l'osservazione e imitazione di volti altrui.



Copyright © 2006 Nature Publishing Group
Nature Reviews | Neuroscience

Imitazione negli adulti

- I partecipanti osservano sollevare un dito indice o medio.
- Controllo: osservano una croce sul dito di una mano ferma o sulla parte destra o sinistra di un rettangolo.
- 3 Condizioni: **osservazione, imitazione, movimento** (sollevano il dito indice o medio quando appare la croce.)
- Si attivano i neuroni mirror (area di Broadmann B44, corteccia frontale inferiore; corteccia parietale posteriore PPC). Attivazione sia durante imitazione esplicita (più pronunciata) che implicita



Copyright © 2006 Nature Publishing Group
Nature Reviews | Neuroscience

Imitazione negli adulti

- I neuroni mirror aiutano a **prevedere le intenzioni altrui**.
- 3 condizioni: senza contesto, sparecchiare, bere.
- Diverso tipo di grip
- Si attivano le stesse aree durante **l'osservazione e l'esecuzione** del movimento.
- L'attività aumenta quando il **contesto** rivela **l'intenzione alla base dell'azione**.

whole hand prehension
in drinking context



precision grip
in drinking context



drinking context
only



whole hand prehension
in cleaning context



precision grip
in cleaning context



cleaning context
only



whole hand prehension
only



precision grip
only



Imitazione negli adulti

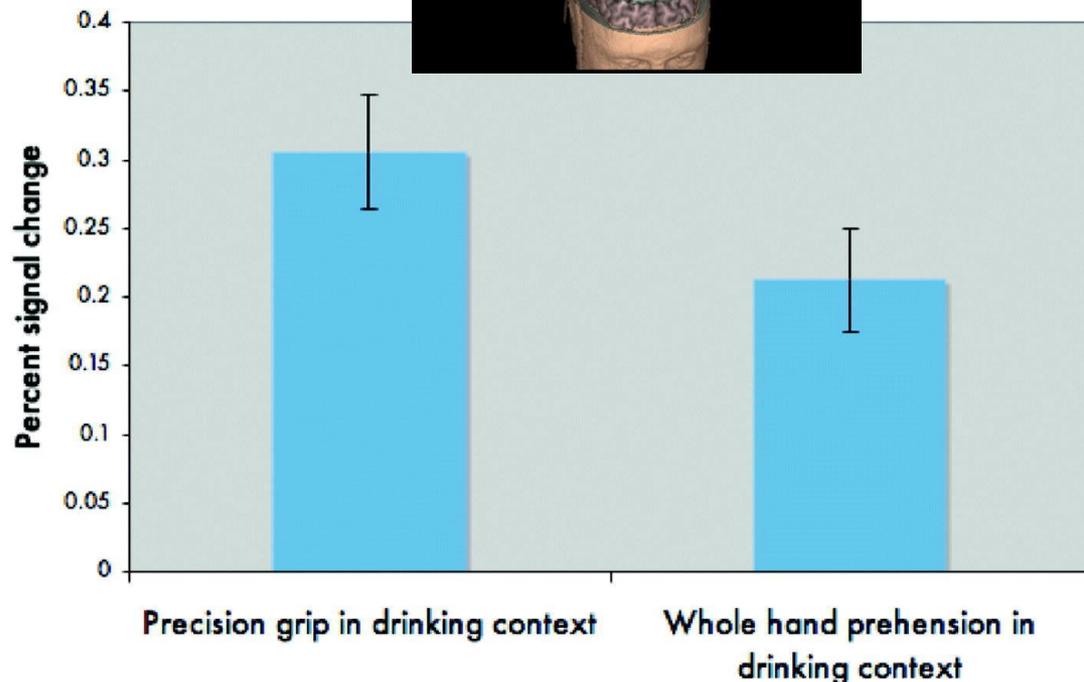
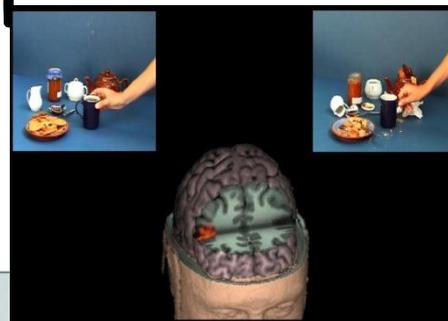
• I neuroni mirror usano sia **informazione contestuale** che sul **tipo di azione** (es. Grasp) per **prevedere le intenzioni altrui**.

• attività dei neuroni mirror molto legata alle **competenze sociali**

• Si attivano le stesse aree durante **l'osservazione e l'esecuzione** del movimento.

• L'attività aumenta quando il **contesto** rivela **l'intenzione alla base dell'azione**.

• **Correlazione** tra cambiamento del segnale e alti punteggi sottoscala Empathic Concern di **IRI**
Interpersonal Reactivity Index



Percent signal change, right inferior frontal gyrus

Kaplan & Iacoboni, 2007

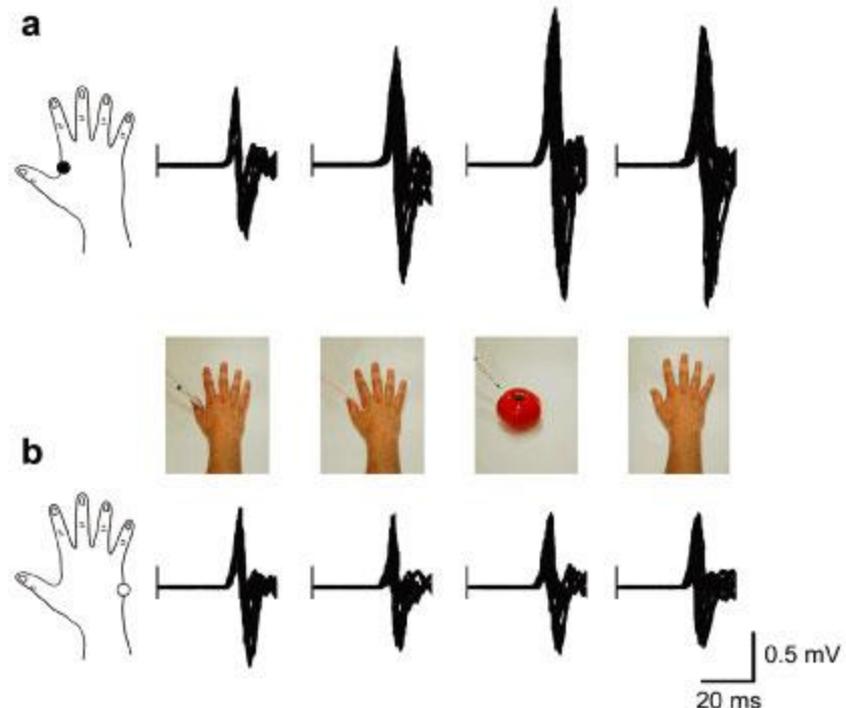
Imitazione ed empatia

- I neuroni mirror non codificano solo il tipo di azione (es. Grasp) ma sono alla base dell'empatia nei confronti dei conspecifici.

- TMS: cambiamenti corticospinali dei muscoli della mano

- Riduzione dell'attività dei MEPs (Motor Evoked Potentials) dei muscoli rilevanti

Supplementary Figure 1 Examples of raw MEP amplitudes for each observation condition in a representative subject of experiment 1.



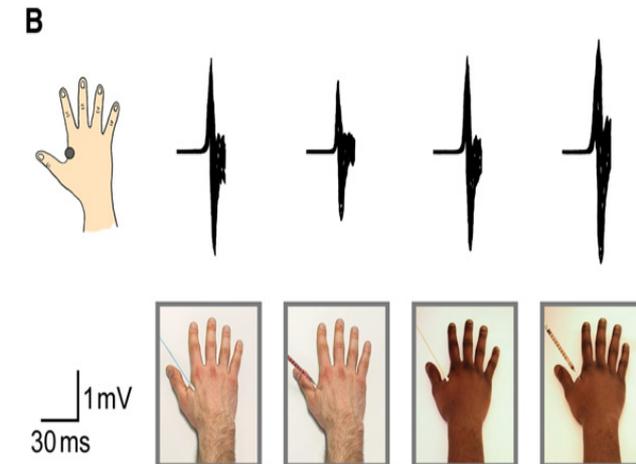
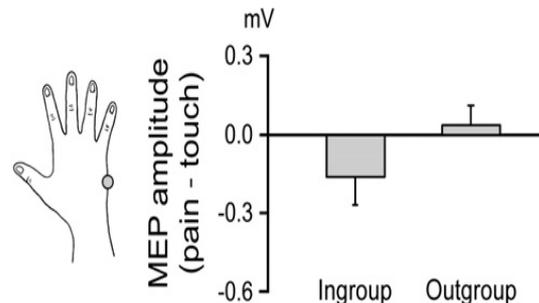
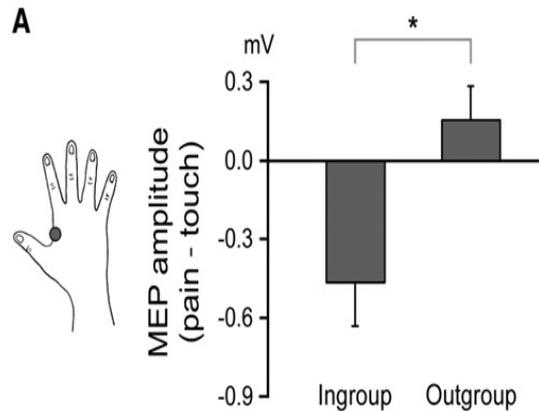
(a) MEPs recorded from FDI. (b) MEPs recorded from ADM. For the baseline condition, 36 overlying traces are shown. For each of the dynamic observation conditions 18 overlying traces are presented.

Imitazione ed empatia

• I neuroni mirror non codificano solo il tipo di azione (es. Grasp) ma sono alla base dell'empatia nei confronti dei conspecifici.

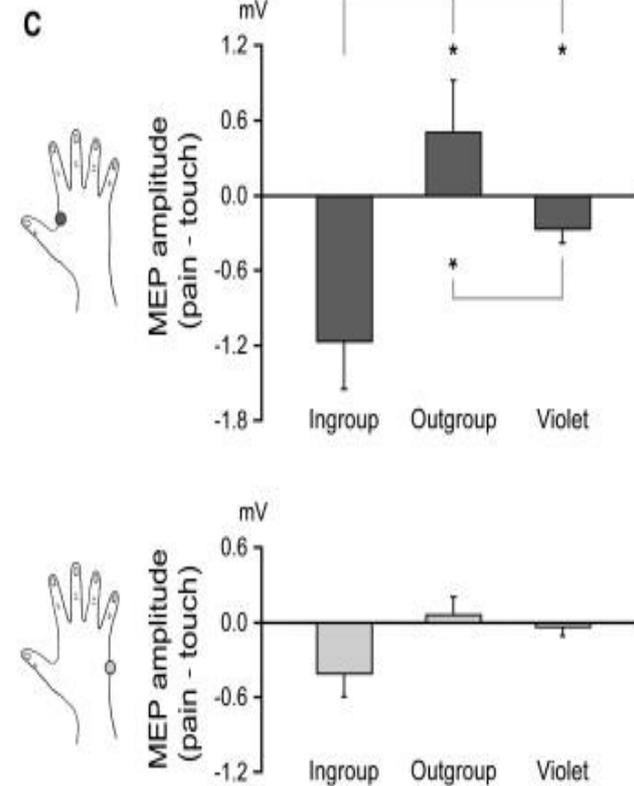
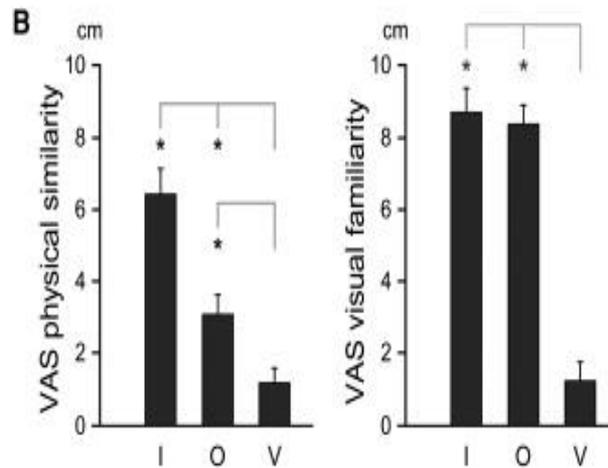
• Differenza in funzione dell'appartenenza etnica. In-Group

• Effetto modulato dal pregiudizio (scala di razzismo implicito)

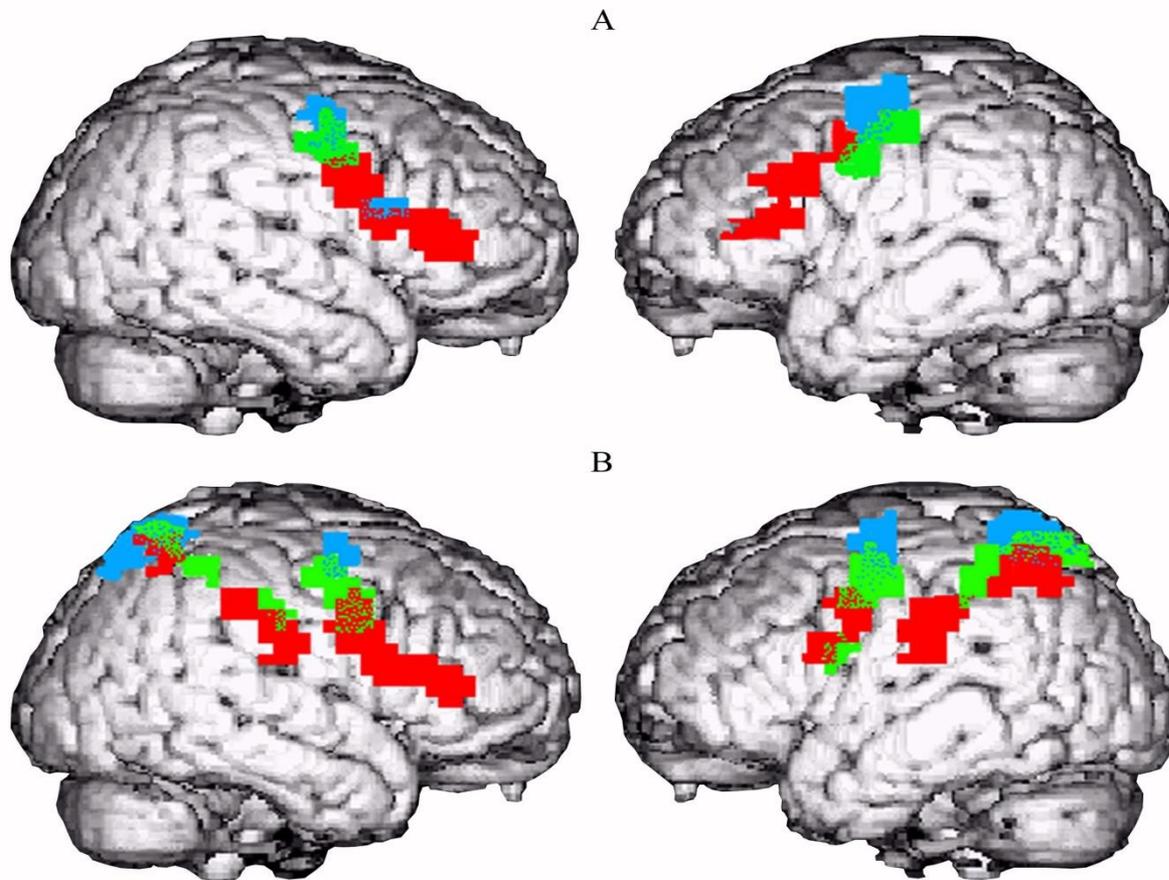


Imitazione ed empatia

- Mano violetta: giudicata meno familiare e meno simile alla propria da entrambi i gruppi.
- Contagio sensomotorio per la mano del proprio ingroup e mano violetta, non mano outgroup
- Effetto modulato dal pregiudizio (scala di razzismo implicito) – IAT (Implicit Association Test)

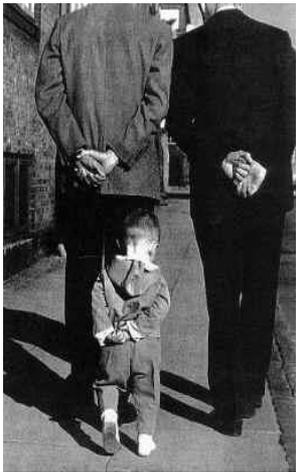


Imitazione e apprendimento: i neuroni mirror negli umani



- osservazione di una bocca che afferra vs di una bocca statica ■
- osservazione di una mano che afferra vs di una mano ferma ■
- osservazione di un piede che schiaccia vs di un piede fermo ■

A che serve l'imitazione implicita?



- **facilita forme di imitazione esplicita**, utile dal punto di vista sociale, per segnalare affiliazione e facilitare l'empatia; il sistema mirror è attivo durante l'imitazione di azioni.
- **facilita la comprensione delle azioni altrui** (quello che stanno facendo o addirittura le intenzioni/stati mentali).
- **serve allo sviluppo del linguaggio**: l'area di Broca, che ha un ruolo centrale nell'elaborazione del linguaggio, sembra sia l'omologo umano dell'area F5 della scimmia.
- **contribuisce a percepire (e predire) il comportamento dei conspecifici** (Wilson e Knoblich) : **percezione**, non comprensione delle azioni altrui. Es. pianisti esperti le aree corticali legate al movimento delle dita si attivano prima del comparire di una nota in una sequenza musicale familiare



Problema: le scimmie non imitano nè possiedono una teoria della mente. Ma **TEORIE DEL RIUSO** (Anderson, 2014)

Imitazione: più simili sono...

- Teorie ideomotorie, teorie del codice comune, teoria della codifica di eventi (Prinz, 1990; Hommel et al., 2001): Codice comune tra percezione e azione.
- **Risonanza motoria**, attivazione del sistema mirror. Più le azioni che osserviamo sono simili a quelle che sappiamo/potremmo svolgere noi, più ci mettiamo nei panni altrui, più “risuoniamo”...
- **Es. Flach et al., 2003: battito di mani.** Registrazione di persone che battono le mani. Una settimana dopo vengono loro fatte ascoltare il battito loro o di altri: riconoscono con facilità il loro battito di mani. 03.



Imitazione: più simili sono...

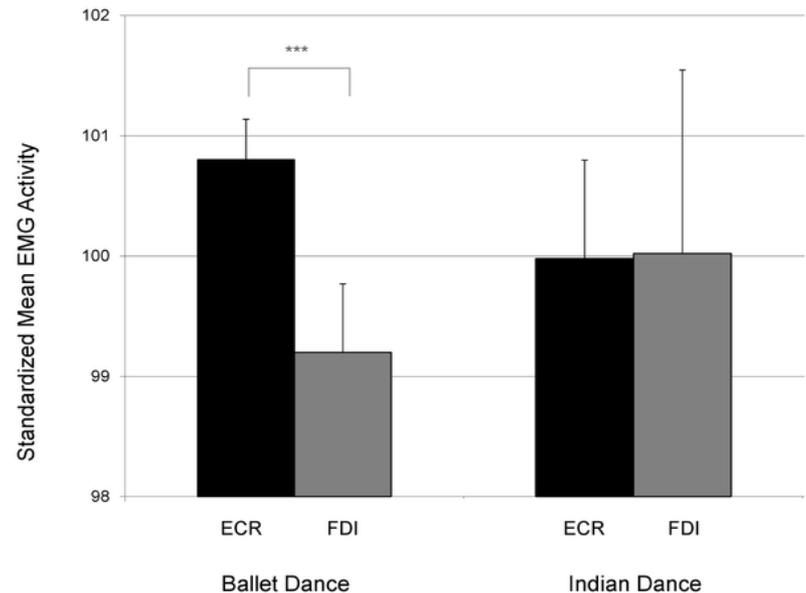
- ❁ Es. Calvo Merino et al, 2005, 2006: maggiore risonanza motoria durante l'osservazione di movimenti di danzatori dello stesso ballo (capoeira vs. danza classica) e dello stesso genere (M,F).

The screenshot shows a web browser window with the following elements:

- Browser tabs: Google Scholar, Inbox (6) - anna.borghini@gmail, doi:10.1016/j.tics.2005.08.007 - 16.p, brass bekking finger - Bing in, doi:10.1016/j.tics.2005.08.007 - 1
- Address bar: <https://screenshots.firefox.com/mwR7h5MHhTxzcGb9/s3.amazonaws.com>
- Search bar: brass imitation
- Page title: doi:10.1016/j.tics.2005.08.007 - 16.pdf
- Page content: s3.amazonaws.com adesso Scade in 14 giorni
- Buttons: Le mie immagini, Scarica
- Main content area: A composite image showing a brain scan with four numbered regions (1, 2, 3, 4) in red, a sequence of 12 frames of a dancer in a blue dress performing a sequence of movements, and two photographs of a woman in a white dress. The sequence of frames is labeled (a) and (b) and has a '3 seconds' duration indicated by a diagonal arrow.

Imitazione: più simili sono...

- ❁ **Es. Jola et al 2012:** TMS con osservazione di danza indiana, balletto, controllo. MEP di braccio (ECR) e mano (FDI): mano usata nella danza indiana, braccio nel balletto.
- ❁ Balletto: MEP più ampi per muscoli del braccio mentre guardano il balletto
- ❁ Modulazione dell'attività corticospinale anche senza attività fisica



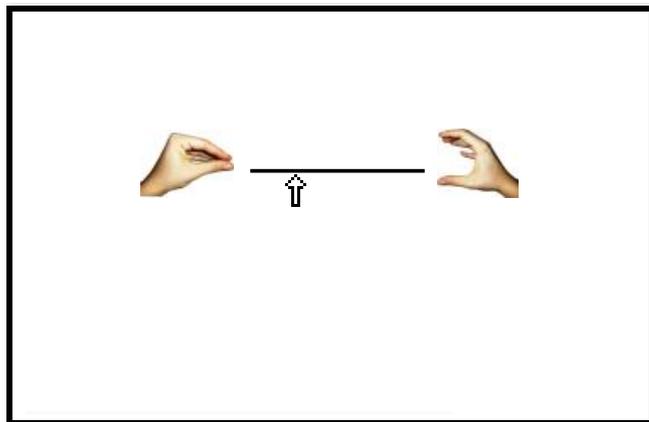
Imitazione: più simili sono...

- ✿ Prima dell'esperimento, interazione sociale. Vengono sottoposti ad un questionario sulla musica, lo sperimentatore si tocca il volto. Si osserva quanto frequentemente si toccano il volto.
- ✿ Poi osservazione di azioni di umani e robot.
- ✿ TMS. Aumento della risonanza motoria per le azioni umane **se precedente interazione sociale**.
- ✿ Nessun aumento per le azioni robotiche.
- ✿ Effetto della **mimicry: aumenta la risonanza motoria**.



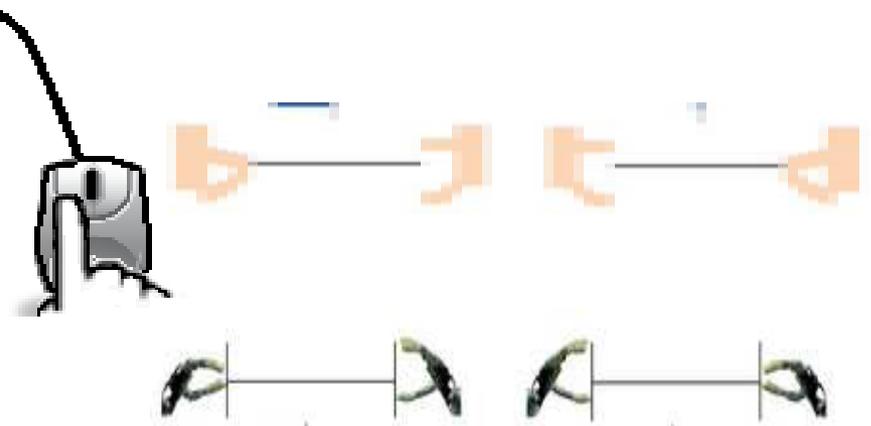
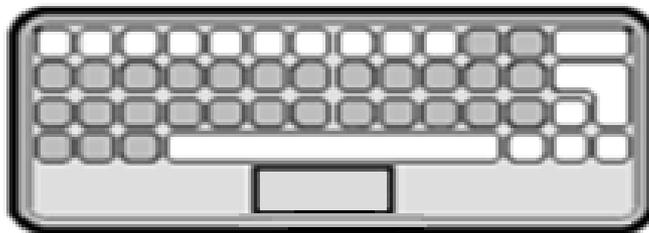
Imitazione: più simili sono...

• COMPITO: bisezione di linee; decidere il punto centrale



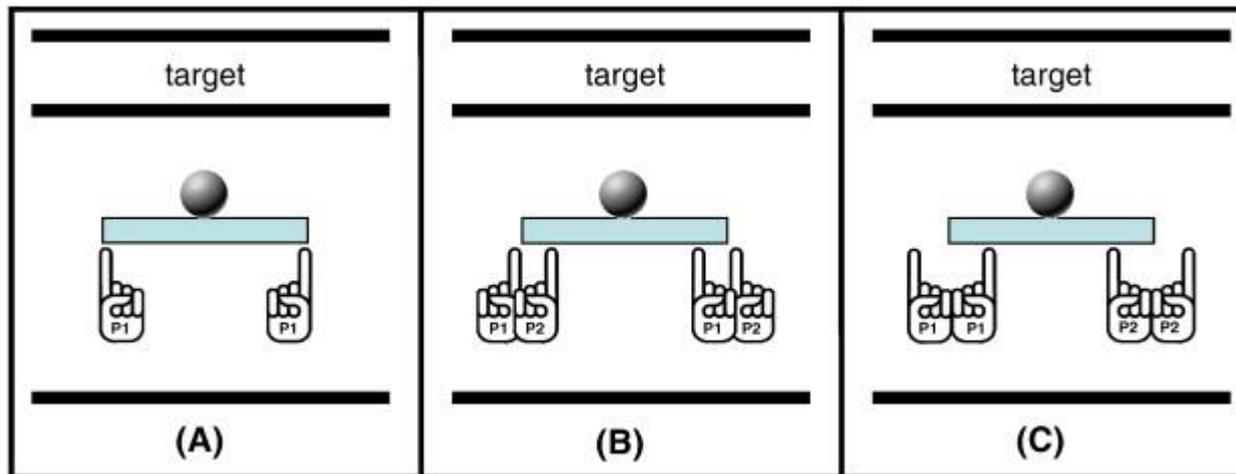
- Linea sottile o spessa
- Mano umana o di robot
- Presa di precisione / di forza

Risultato: bias a sinistra maggiore con la mano biologica (risonanza)



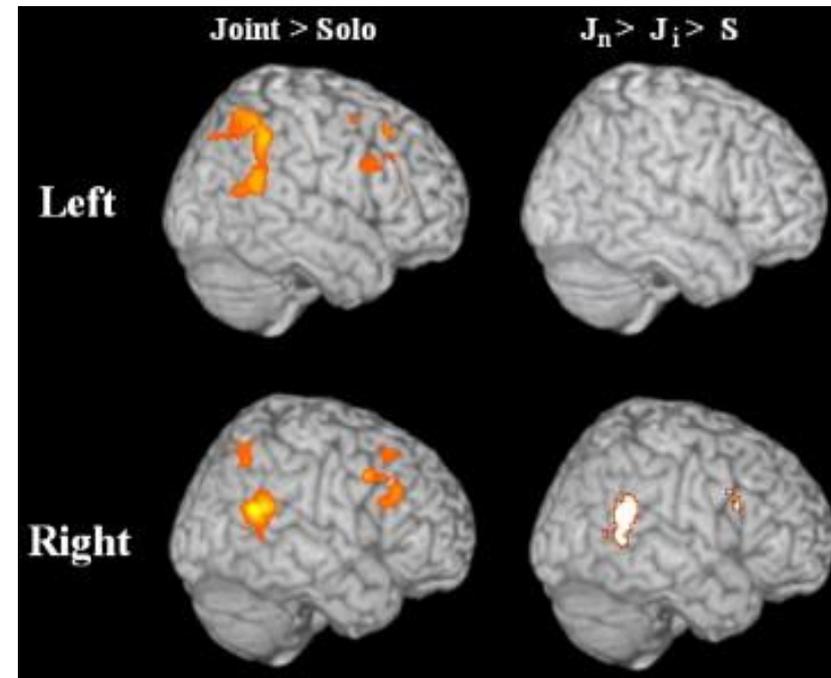
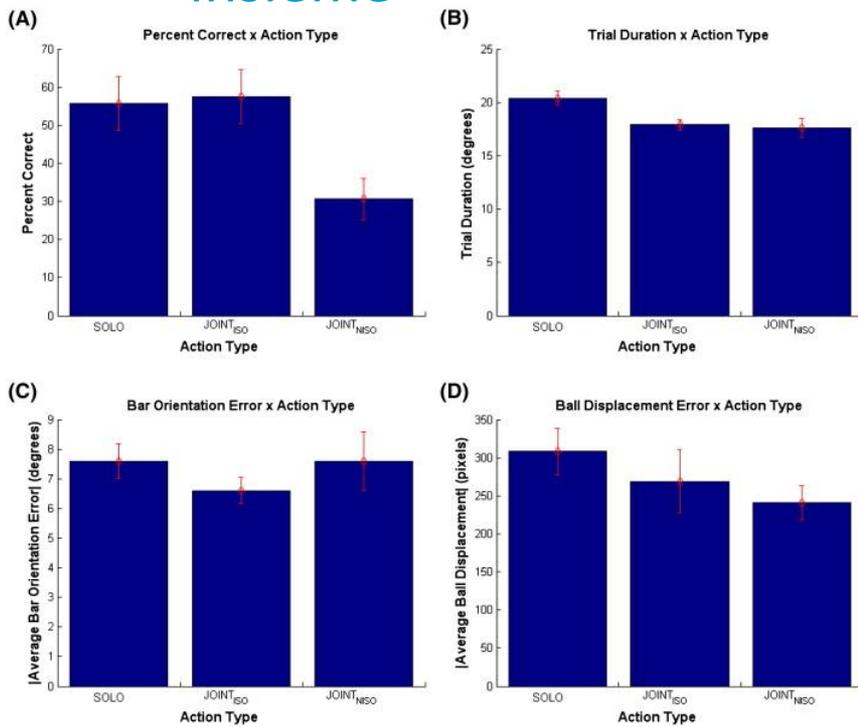
Imitazione e complementarità

- ❁ Sistema di neuroni specchio: attivo anche con **joint action**?
- ❁ Compito: sollevare una barra, da soli o insieme, bilanciando una pallina. Condizione isomorfa (B) o no C.



Imitazione e complementarità

- Nessuna differenza tra condizione da soli e joint
- fMRI: Sinistra: aree più attive nella condizione joint che da soli left inferior parietal lobule (BA 40) e bilateral inferior frontal gyrus; Destra: aree attivate per complementarità, **Mirror neuron system: Più simulazione durante il lavoro insieme**



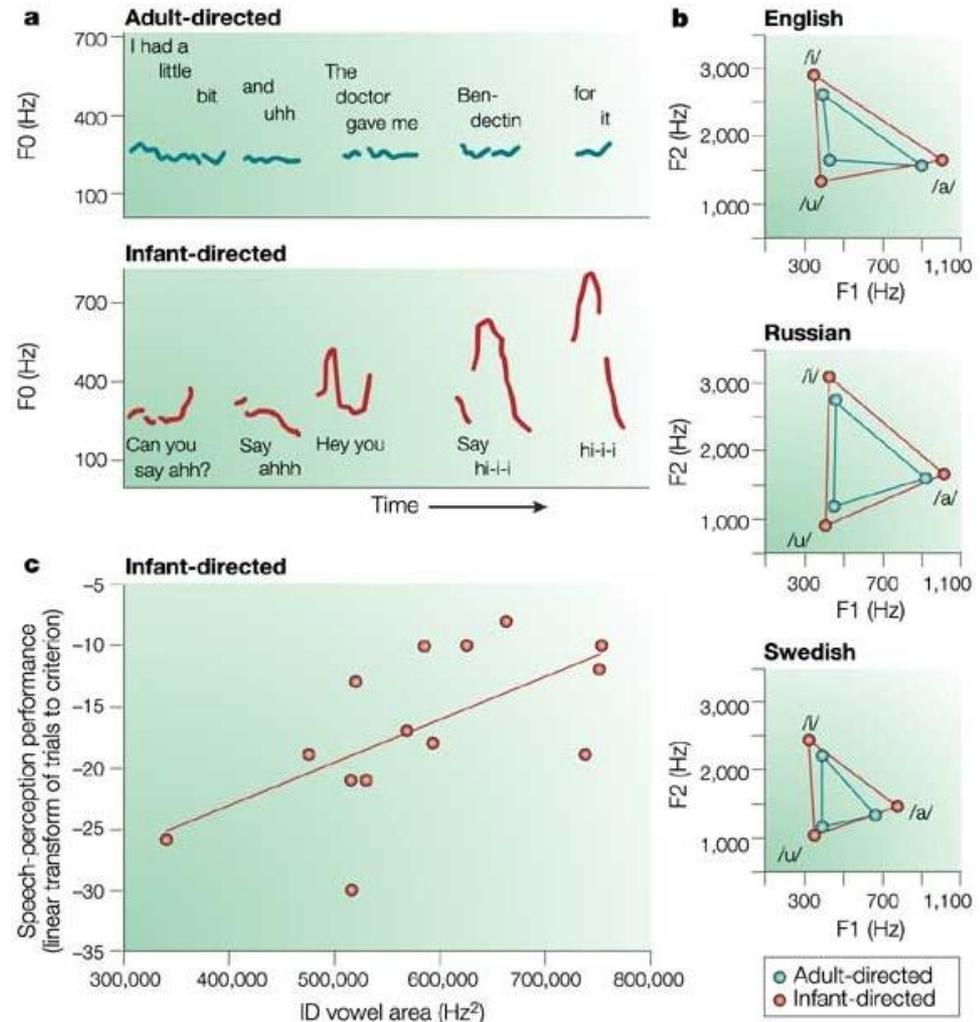
Imitazione e complementarietà

- ✿ Linguaggio con i bambini, esagerazione delle vocali (**motherese**, Kuhl et al., 1997)
- ✿ **Motionese**: azioni dirette ai bambini
- ✿ Non solo durante l'apprendimento ma quando la **comprensione è difficile** (es. over-articulation in pub rumoroso, "Lombard effect").
- ✿ Feedback: assentire (nodding), confermare etc. – differenze culturali



Effetti precoci della lingua materna

- Bambini: apprendimento della lingua materna dal “babbling” (6 mesi) a **intere frasi** (3 anni), stesso pattern evolutivo nelle diverse culture.
- Uso del cosiddetto **MOTHERESE**:
- I **suoni vocalici** di madri con madrelingua inglese, russa e svedese sono articolati più chiaramente.
- Nel motherese la parlata è **più lenta e con più variazioni**.
- v. Triangoli relativi alla differenza tra formanti in inglese, russo e svedese



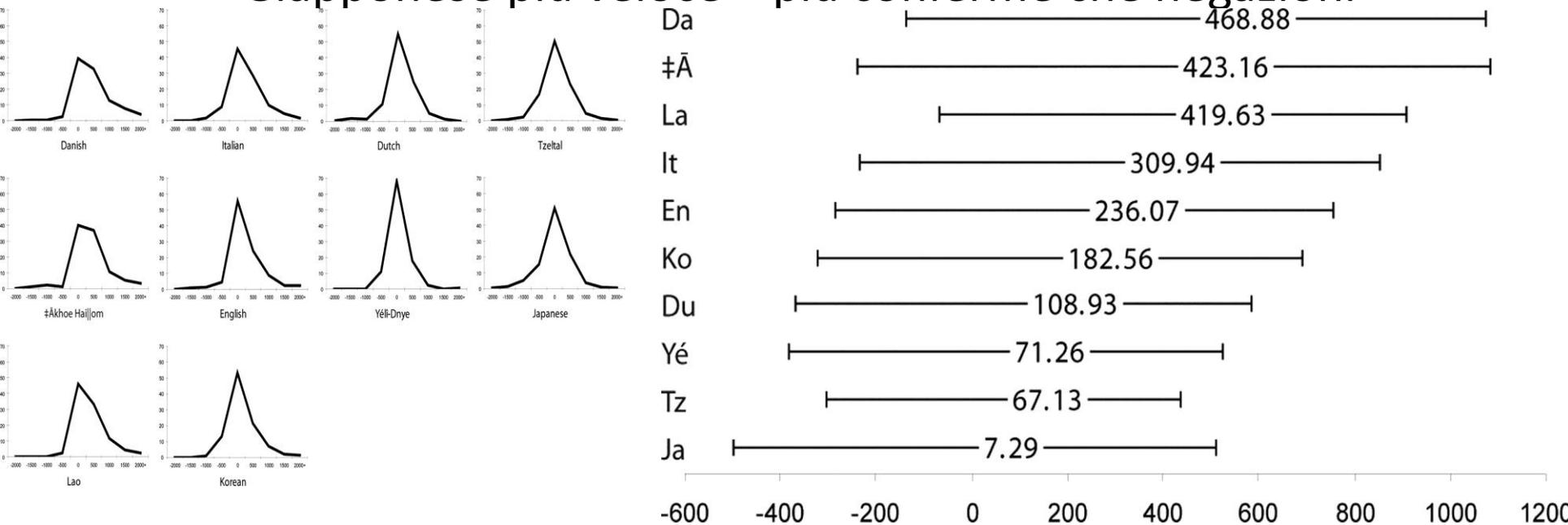
Imitazione e complementarità

- ✿ Signaling: ha un costo
- ✿ Vantaggio in termini di joint action



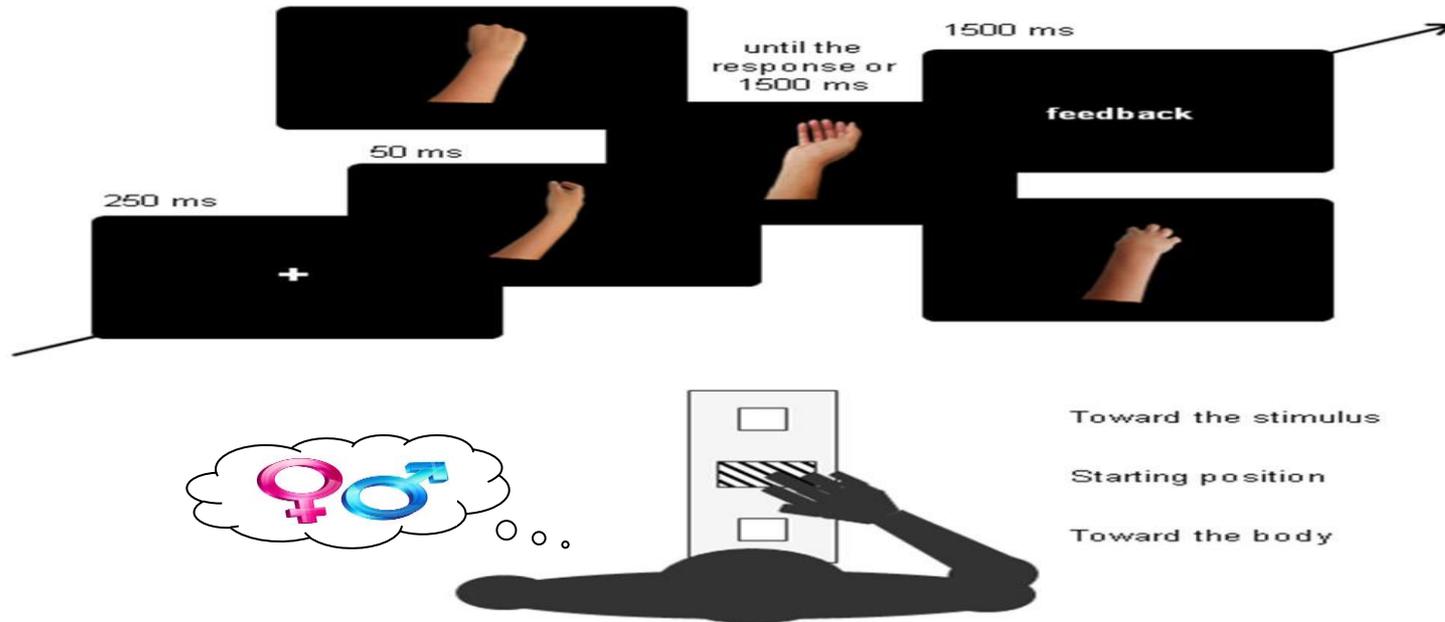
Imitazione e complementarietà: i turni

- Turn-taking: universale o dipendente dalla lingua?
- Elementi universali: evitare le sovrapposizioni, minimizzare il silenzio tra i turni. Differenze quantitative, non qualitative
- Confronto tra 10 lingue, medie in ms – Danese più lento, Giapponese più veloce – più conferme che negazioni



Imitazione implicita e complementarità: M e F

- Obiettivo: quando osserviamo mani del nostro stesso genere, imitazione automatica e complementarità?
- Compito: decidere se la mano è M o F, movimento away-toward o semplice pressione di 2 tasti. RT
- Postura: dare, afferrare, dare un pugno – Mano rosse e naturali



Imitazione implicita e complementarità: M e F

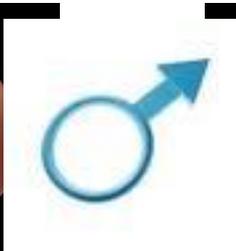
- ❁ Obiettivo: quando osserviamo mani del nostro stesso genere, imitazione automatica e complementarità?
- ❁ Compito: decidere se la mano è M o F, movimento away-toward o semplice pressione di 2 tasti. RT
- ❁ Postura: dare, afferrare, dare un pugno – Mano rosse e naturali



Lugli, Obertis, Borghi, 2017

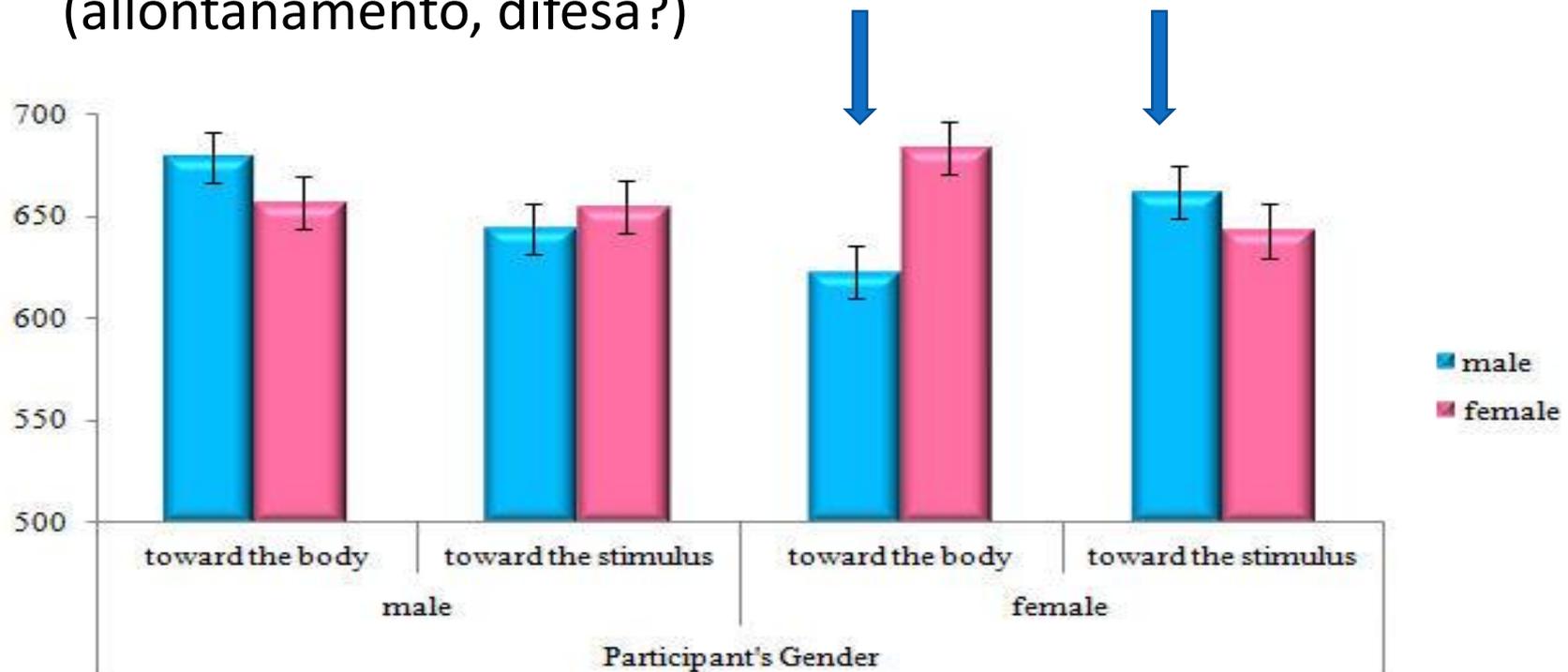
Imitazione implicita e complementarità: M e F

- Risonanza motoria: RT più veloci con le mani di colore naturale
- Postura: presa **dare** più lenta di colpire e prendere
- **Effetto di conoscenza condivisa** (Clark, 1996; Hommel, 2009; Knoblich et al. 2003; Rueschemeyer et al. 2009): azioni di colpire (pugno) più veloci se mano maschile, di dare più veloci con mano femminile



Imitazione implicita e complementarità: M e F

- Risonanza motoria: RT più veloci con le mani di colore naturale
- Complementarità: femmine: più veloci nel muoversi verso il proprio corpo quando osservano mani maschili che femminili (allontanamento, difesa?)



Quindi, sull'imitazione....

○ Differenza tra **imitazione ed emulazione**: crescente complessità dei comportamenti imitativi nelle diverse specie

○ Nei bambini:

- imitazione facciale **innata (?)**
- capacità di inferire **SCOPI**
- capacità di inferire **INTENZIONI**

Negli scimpanzè:

Non capacità di inferire INTENZIONI

○ Imitazione negli adulti: implicita ed esplicita

○ Meccanismi neurali: **neuroni mirror**

○ Relazione tra imitazione implicita, **empatia, linguaggio?**

○ **Imitazione e complementarità**

