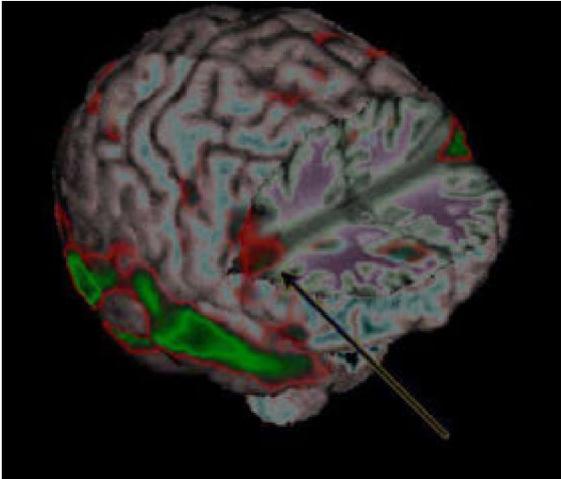


 [Associazione Wikimedia Italia](http://www.wikimedia.it) - per iscrizioni o donazioni: [www.wikimedia.it](http://www.wikimedia.it) - per l'acquisto di gadget: [shop.wikimedia.it](http://shop.wikimedia.it)

# Neuroni specchio

**Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.**



 Posizione di alcuni neuroni specchio

I **neuroni specchio** sono una classe di [neuroni](#) specifici che si attivano sia quando si compie un'azione sia quando la si osserva mentre è compiuta da altri (in particolare tra conspecifici). I neuroni dell'osservatore "rispecchiano" quindi il comportamento dell'osservato, come se stesse compiendo l'azione egli stesso. Questi neuroni sono stati individuati nei [primati](#), in alcuni [uccelli](#) e nell'[uomo](#). Nell'uomo, oltre ad essere localizzati in aree motorie e premotorie, si trovano anche nell'[area di Broca](#) e nella corteccia parietale inferiore. Alcuni scienziati considerano la scoperta dei neuroni specchio una delle più importanti delle [neuroscienze](#) degli ultimi dieci anni. Per esempio [Ramachandran](#) ha scritto un saggio<sup>[1]</sup> sulla loro importanza potenziale nello studio dell'imitazione e del linguaggio.

## Introduzione

Nella [scimmia](#) i neuroni specchio sono stati localizzati nella circonvoluzione frontale inferiore e nel lobulo parietale inferiore. Questi neuroni sono attivi quando le scimmie compiono certe azioni, ma si attivano anche quando esse vedono compiere da altri la stessa specifica azione. Utilizzando la risonanza magnetica funzionale per immagini ([fMRI](#)), la stimolazione magnetica transcranica ([TMS](#)) e la [EEG](#) i ricercatori hanno dimostrato che nel cervello umano esiste un sistema analogo (esiste cioè una sincronia fra azione e osservazione).

La funzione del sistema specchio è soggetto di molte ipotesi teoriche. Questi neuroni possono essere importanti per la comprensione delle azioni di altre persone e quindi per l'apprendimento attraverso l'imitazione. Alcuni ricercatori ritengono che il sistema specchio possa simulare le azioni osservate e perciò contribuire a una [teoria della conoscenza](#) o, come qualcuno la chiama, [teoria della mente](#)<sup>[2]</sup>. Altri pongono i neuroni specchio in relazione con le caratteristiche del [linguaggio](#)<sup>[3]</sup>. È stato anche proposto il collegamento tra il sistema specchio con le patologie della conoscenza

e della comunicazione, in particolare l'[autismo](#).<sup>[4][5]</sup> Sono in corso ricerche su varie possibilità in molte direzioni.

## La scoperta

Negli anni '80 e '90 il gruppo di ricercatori dell'Università di Parma coordinato da Giacomo Rizzolatti e composto da Luciano Fadiga, [Leonardo Fogassi](#), Vittorio Gallese e Giuseppe di Pellegrino si stava dedicando allo studio della corteccia premotoria. Avevano collocato degli elettrodi nella corteccia frontale inferiore di un [macaco](#) per studiare i [neuroni](#) specializzati nel controllo dei movimenti della mano, come il raccogliere o il maneggiare oggetti. Durante ogni esperimento era registrato il comportamento dei singoli neuroni nel cervello della scimmia mentre le si permetteva di accedere a frammenti di cibo, in modo da misurare la risposta neuronale a specifici movimenti<sup>[6][7]</sup>. Come molte altre notevoli scoperte, quella dei neuroni specchio fu dovuta al caso. L'aneddotica racconta che, mentre uno sperimentatore prendeva una banana in un cesto di frutta preparato per degli esperimenti, alcuni neuroni della scimmia che osservava la scena avevano reagito. Come poteva essere accaduto questo, se la scimmia non si era mossa? Se fino ad allora si pensava che quei neuroni si attivassero soltanto per funzioni motorie? In un primo momento gli sperimentatori pensarono si trattasse di un difetto nelle misure o un guasto nella strumentazione, ma tutto risultò a posto e le reazioni si ripeterono non appena fu ripetuta l'azione di afferrare.

Da allora questo lavoro è stato pubblicato, con l'aggiornamento sulla scoperta di neuroni specchio localizzati in entrambe la regioni parietali frontali inferiori del cervello<sup>[8]</sup> e confermato<sup>[9]</sup>.

Nel 1995, Luciano Fadiga, Leonardo Fogassi, Giovanni Pavesi e Giacomo Rizzolatti dimostrano per la prima volta l'esistenza nell'uomo di un sistema simile a quello trovato nella scimmia. Utilizzando la stimolazione magnetica transcranica trovano infatti che la corteccia motoria dell'uomo viene facilitata dall'osservazione di azioni e movimenti altrui. Più recentemente, altre prove ottenute tramite fMRI, TMS, EEG e test comportamentali hanno confermato che nel cervello umano esistono sistemi simili e molto sviluppati. Sono state identificate con precisione le regioni che rispondono all'azione/osservazione. Data l'analogia genetica fra primati (compreso l'uomo), non è affatto sorprendente che queste regioni cerebrali siano strettamente analoghe in essi<sup>[10]</sup>.

## Neuroni specchio nelle scimmie

Il primo animale in cui i neuroni specchio sono stati individuati e specificamente studiati è il macaco. In questa scimmia i neuroni specchio sono stati localizzati nella circonvoluzione frontale inferiore (chiamata regione F5) e nel lobo parietale inferiore<sup>[11]</sup>. Gli esperimenti hanno provato che i neuroni specchio fanno da mediatori per la comprensione del comportamento altrui. Ad esempio, un neurone specchio che si attiva quando la scimmia strappa un pezzo di carta, si attiva anche quando la stessa scimmia ne vede un'altra (o un altro primate) fare lo stesso gesto o anche se solo sente il rumore della carta strappata, senza informazione visuale. Queste proprietà hanno indotto i ricercatori a pensare che i neuroni specchio codifichino concetti astratti per azioni del tipo suddetto ("strappare carta") sia quando l'azione è compiuta direttamente, *sia quando giunge l'informazione che è compiuta da altri*.<sup>[12]</sup> La funzione dei neuroni specchio nei macachi non è ben compresa, dato che gli individui adulti non sembrano in grado di imparare per imitazione. Esperimenti recenti mostrano che cuccioli di macaco possono imitare i movimenti facciali degli umani solo quando

sono neonati e solo durante una finestra temporale limitata <sup>[13]</sup>. Comunque, non si sa ancora se i neuroni specchio sono collegati a tipi di comportamento "fine" come questo. Si sa per certo però, che nelle scimmie adulte i neuroni specchio permettono loro di capire ciò che un'altra scimmia sta facendo, di riconoscerne l'azione specifica <sup>[14]</sup>.

## Il sistema neuronale specchio nell'uomo

L'osservazione *diretta* dei neuroni specchio è più difficile nell'uomo che non nelle scimmie. Mentre in queste ultime si possono osservare i singoli neuroni, nell'uomo si possono osservare le attivazioni solo attraverso variazioni nel flusso sanguigno dovute ad esse. I primi esperimenti con esseri umani, condotti con immagini di azioni (afferrare, ecc.) prodotte graficamente al computer, diedero risultati deludenti. La ripetizione degli stessi esperimenti con azioni eseguite e osservate fra persone in carne e ossa diede invece risultati più concreti. Affinando le tecniche di indagine (fMRI) e di [brain imaging](#) è stata eseguita una localizzazione precisa dei neuroni specchio umani. Le aree contemporaneamente attive durante l'osservazione degli atti altrui sono risultate: 1) la porzione rostrale anteriore del lobo parietale inferiore; 2) il settore inferiore del giro pre-centrale; 3) il settore posteriore del giro frontale inferiore; in alcuni esperimenti si osservano attività anche 4) in un'area anteriore del giro frontale inferiore e 5) nella corteccia pre-motoria dorsale. Questo per quanto riguarda l'azione e l'osservazione di movimenti fondamentali, ancora slegati da comportamenti emotivi.

Esperimenti condotti da Giovanni Buccino e altri nel 2001 <sup>[15]</sup>, dimostrano che nell'uomo l'attivazione dell'[area di Broca](#) e di altre aree in presenza di azioni complesse (afferrare per mangiare, dare un calcio a un pallone, prendere oggetti per ordinare) è senz'altro collegata al linguaggio in un sistema di "risonanza" più complesso che non quello della scimmia. La differenza sostanziale è che il sistema umano dei neuroni specchio codifica atti motori transitivi e intransitivi, è cioè capace di codificare sia il tipo di azione che la sequenza dei movimenti di cui essa è composta. Nell'uomo non è necessaria una effettiva interazione con gli oggetti: i suoi neuroni-specchio si attivano anche quando l'azione è semplicemente mimata. Anche se il loro ruolo primario rimane quello di *comprendere le azioni altrui*, il contesto umano è evidentemente più complesso.

## Il significato profondo di "sistema specchio"

Il grande fisico, matematico ed epistemologo [Henri Poincaré](#) sosteneva (1913) che le coordinate spaziali intorno al nostro corpo e quindi il nostro rapporto con gli oggetti e le persone che ci circondano coinvolgevano le parti fondamentali del nostro sistema nervoso, per cui il coordinamento con il nostro "esterno" non sarebbe una conquista dell'individuo ma della specie <sup>[16]</sup>.

Da quando i neuroni specchio sono stati scoperti, un grande e giustificato clamore s'è fatto sulla loro importanza (cfr. i citati Ramachandran e Rizzolatti). In particolare vi sono state molte ricerche sulla loro evoluzione e sui loro rapporti con l'[evoluzione del linguaggio](#), proprio perché nell'uomo i neuroni specchio sono stati localizzati vicino all'[area di Broca](#). Ciò ha comportato la convinzione (per alcuni la prova) che il linguaggio umano si sia evoluto tramite l'informazione trasmessa con le prestazioni gestuali e che infine il sistema specchio sia stato capace di comprendere e codificare/decodificare. Ormai è certo che tale sistema ha tutto il potenziale necessario per fornire un meccanismo di comprensione delle azioni e per l'apprendimento attraverso l'imitazione e la

simulazione del comportamento altrui. In questo senso è opportuno ribadire che il riconoscimento non avviene soltanto a livello motorio ma con il riconoscimento vero e proprio dell'azione, intesa come evento biofisico <sup>[17]</sup>.

Come per molte teorie sull'evoluzione del linguaggio, anche in questo caso vi è ancora una discussione aperta per carenza di dimostrazioni evidenti. Le ricerche collegano i neuroni specchio anche alla comprensione dei comportamenti che manifestano un'intenzione non ancora manifestata ma tesa a risultati futuri (previsione di un comportamento immediatamente a venire). Fogassi e altri <sup>[18]</sup> hanno registrato l'attività di 41 neuroni specchio nel lobo parietale inferiore (IPL) di due macachi rhesus (l'IPL è riconosciuto come parte della corteccia dedicata all'associazione e all'integrazione delle informazioni sensorie). Le scimmie guardarono uno sperimentatore sia afferrare una mela e portarla alla bocca, sia prendere un oggetto e introdurlo in una tazza; 15 neuroni specchio si attivarono vigorosamente nell'osservare l'azione "afferrare per mangiare", mentre non si registrò nessuna attività neuronale nell'osservare l'azione "prendi e introduci". Per quattro altri neuroni specchio l'inverso si dimostrò "vero": si attivarono in risposta all'azione dello sperimentatore che inseriva la mela nella tazza senza mangiarla. In questo caso l'attività dei neuroni specchio era determinata solo dal tipo d'azione e non dall'aspetto motorio del maneggiare oggetti in un modello comportamentale. Significativamente, i neuroni si "scaricarono" prima che la scimmia osservasse il modello umano mentre iniziava la seconda parte dell'atto motorio: portare l'oggetto alla bocca o inserirlo nella tazza. Perciò i neuroni IPL *"codificano lo stesso atto (afferrare) in modo diverso a seconda dello scopo finale dell'azione nella quale l'atto è contestuale"*. In altri termini essi possono fornire una base neurale per predire, in un altro individuo, le azioni susseguenti ad un comportamento dato e l'intenzione che ne sta all'origine.

L'osservazione sulla scimmia e sull'uomo comporta anche evidenti studi sulla possibile evoluzione dei rispettivi sistemi specchio. Nell'uomo, ad esempio, è presente un complesso *sistema di espressione delle emozioni* che in tutte le altre specie è assente, per cui la ricerca si allarga anche al campo della conoscenza dei meccanismi sociali, con la prova che il concetto di "individuo" è assai relativo.

## Le prospettive della ricerca

Il meccanismo della comprensione di azioni compiute dagli altri è stato estremamente utile per ampliare il campo di indagine. Gli stessi scopritori dei neuroni specchio hanno dichiarato che proprio la comprensione delle loro caratteristiche di attivazione diretta e pre-riflessiva determina intorno agli individui l'esistenza di uno spazio d'azione condiviso da altri individui, per cui si originano forme di interazione sempre più elaborate. In campo evolutivo evidentemente la formazione di questa capacità di interazione è avvenuta contemporaneamente all'interno dell'organismo biologico come al suo esterno, e questo ci aiuterebbe a capire dove indirizzare le ricerche future, dato che proprio le interazioni si basano su sistemi di neuroni specchio sempre più complessi, articolati e differenziati man mano che li si studia. La capacità di parti del cervello umano di attivarsi alla percezione delle emozioni altrui, espresse con moti del volto, gesti e suoni; la capacità di codificare istantaneamente questa percezione in termini "viscero-motori", rende ogni individuo in grado di agire in base a un meccanismo neurale per ottenere quella che gli scopritori chiamano "partecipazione empatica". Dunque un comportamento bio-sociale, ad un livello che precede la comunicazione linguistica, che caratterizza e soprattutto orienta le relazioni inter-individuali, che sono poi alla base dell'intero comportamento sociale.

Per la verità sembra che questo sia l'indirizzo preminente della "scuola" italiana degli scopritori, mentre la ricerca anglosassone - a parte alcuni esempi in nota - si dà prospettive più variegata e, in genere, tecniche.

Comunque sia, gli ultimi esperimenti hanno confermato che di fronte al comportamento dei soggetti, i neuroni specchio hanno manifestato la loro presenza in aree del cervello più ampie di quelle intraviste all'inizio. Di volta in volta hanno presentato un'architettura e un'organizzazione cellulare diverse, semplice o sofisticata a seconda dei fenomeni emotivi che provocavano la reazione neurale. Perciò, se lo studio precedente del sistema motorio aveva portato la ricerca a plafonarsi nell'analisi neurofisiologica dei movimenti più che dei comportamenti, individuando "semplicemente" i circuiti neurali preposti al nostro *rappporto con le cose*, la scoperta dei neuroni specchio e lo studio della loro natura profonda ci permette di fare un salto nella conoscenza del cervello, di gettare le basi unitarie per indagare sui processi neurali responsabili dei *rappporti fra le persone*. In pratica si sta scoprendo il complesso meccanismo biologico alla base del comportamento sociale degli uomini. La [cinematerapia](#) ha approfondito lo studio di come sia possibile che in presenza di alcune scene che coinvolgono in maniera globale i neuroni specchio si attivino come se fossimo noi stessi a vivere quelle scene.

A tal proposito è utile citare una famosa frase:

« I neuroni specchio saranno per la psicologia quello che il dna è stato per la biologia. »

([Vilayanur S. Ramachandran](#))

## Bibliografia

- Rizzolatti G., Sinigaglia C., (2006), *So quel che fai, Il cervello che agisce e i neuroni specchio*, Raffaello Cortina Editore. (nella parte finale di questo volume è presente una sterminata bibliografia sulle neuroscienze cognitive)

## Note

1. [^](#) V.S. Ramachandran, *MIRROR NEURONS and imitation learning as the driving force behind "the great leap forward" in human evolution*
2. [^](#) Michael Arbib, *The Mirror System Hypothesis. Linking Language to Theory of Mind*, 2005, retrieved 2006-02-17
3. [^](#) Hugo Théoret, Alvaro Pascual-Leone, *Language Acquisition: Do As You Hear*, Current Biology, Vol. 15, No. 3, pp. 84-85, 2002-10-29
4. [^](#) Oberman LM, Hubbard EM, McCleery JP, Altschuler EL, Ramachandran VS, Pineda JA., *EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders*, Brain Res Cogn Brain Res.; 24(2):190-8, 2005-06
5. [^](#) Mirella Dapretto, *Understanding emotions in others: mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders*, Nature Neuroscience, Vol. 9, No. 1, pp. 28-30, 2006-01
6. [^](#) di Pellegrino G, Fadiga L, Fogassi L, Gallese V, Rizzolatti G. *Understanding motor events: a neurophysiological study*, Exp. Brain Res., Vol. 91, pp. 176-180, 1992

7. [^](#) Giacomo Rizzolatti et al. (1996). *Premotor cortex and the recognition of motor actions*, Cognitive Brain Research 3 131-141
8. [^](#) Gallese et al, *Action recognition in the premotor cortex*, Brain, 1996
9. [^](#) Fogassi et al, *Parietal Lobe: From Action Organization to Intention Understanding*, Science, 2005
10. [^](#) Rizzolatti G., Craighero L., *The mirror-neuron system*, Annual Review of Neuroscience. 2004;27:169-92
11. [^](#) Rizzolatti G., Craighero L., *The mirror-neuron system*, Annual Review of Neuroscience. 2004;27:169-92
12. [^](#) Giacomo Rizzolatti and Laila Craighero Annu. Rev. Neurosci. 2004. 27:169–92
13. [^](#) Ferrari PF, Visalberghi E, Paukner A, Fogassi L, Ruggiero A, et al. (2006) Neonatal Imitation in Rhesus Macaques. PLoS Biol 4(9): e302
14. [^](#) Giacomo Rizzolatti and Michael A. Arbib, *Language within our grasp*, Trends in neurosciences, Vol. 21, No. 5, 1998
15. [^](#) Buccino Giovanni et al, *Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study*. In *European Journal of Neurosciences*, 13, pp. 400-404
16. [^](#) Poincaré Henri, *Pensieri ultimi*, in *Opere epistemologiche*, a cura di G. Boniolo, Piovan, 1989, pag. 88
17. [^](#) Skoyles, John R., *Gesture, Language Origins, and Right Handedness*, Psychology: 11,#24, 2000
18. [^](#) Fogassi, Leonardo, Pier Francesco Ferrari, Benno Gesierich, Stefano Rozzi, Fabian Chersi, Giacomo Rizzolatti. 2005. Parietal lobe: from action organization to intention understanding. *Science* 308: 662-667.

## Collegamenti esterni

- [\(EN\) On Mirror Neurons or Why It Is Okay to be a Couch Potato](#)
- [\(EN\) NOVA scienceNOW: Mirror Neurons](#) (including a 14 minute broadcast segment)
- [\(IT\) I neuroni specchio \(Video in italiano 9 minuti\)](#)
- [\(EN\) Neuroscience And Bio Behavioural Reviews.](#)
- [\(EN\) LiveScience article on mirror neurons in mind reading](#)
- [\(EN\) A primer on mirror-neurons](#) and a critical view on their role in imitation
- [\(IT\) Luigi Giannachi - I neuroni specchio e l'arte del cinema](#)
- [\(IT\) Neuroni Specchio \(Audio intervista allo scopritore, Giacomo Rizzolatti\)](#)

Estratto da "[http://it.wikipedia.org/wiki/Neuroni\\_specchio](http://it.wikipedia.org/wiki/Neuroni_specchio)"