

# I NEURONI SPECCHIO\*

LUCA BONINI

*Dipartimento di Neuroscienze, Università di Parma*

## 1. Il cervello in azione e l'azione nel cervello

Tutti gli organismi dotati di un sistema nervoso, dai piccoli nematodi ai più grandi cetacei marini, condividono una semplice quanto cruciale caratteristica: si muovono. L'evoluzione di un sistema nervoso appare, infatti, una proprietà esclusiva di creature capaci di muoversi attivamente. Ma che relazione c'è tra il cervello e il movimento?

Intorno al 1870, il neurologo inglese Hughling Jackson intuì, sulla base dei suoi studi su pazienti epilettici, che zone diverse della corteccia cerebrale erano responsabili del controllo dei movimenti del corpo. Si trattava soltanto di un'ipotesi, ma formulata in un tempo in cui la concezione dominante riteneva che il midollo spinale fosse il centro di controllo del movimento mentre la corteccia era considerata "l'organo della mente", dedicato alla generazione delle idee [6]. Un'ipotesi, dunque, ma decisamente rivoluzionaria. Tuttavia, solo pochi anni più tardi, fu dimostrato sperimentalmente che la corteccia del lobo frontale aveva effettivamente funzioni motorie: attraverso la stimolazione elettrica della superficie corticale di un emisfero, infatti, era possibile provocare movimenti nel lato opposto del corpo.

Lo sviluppo e la diffusione delle ricerche elettrofisiologiche portò ben presto a scoprire che oltre alle aree corticali con funzioni motorie ne esistevano altre con funzioni percettive (visive, uditive, tattili) e altre ancora con funzioni cosiddette *associative*, cioè responsabili dell'integrazione di informazioni per assolvere funzioni più complesse. Ne derivò un modello per spiegare la relazione tra cervello e comportamento improntato su uno schema essenzialmente seriale, in base al quale le informazioni sensoriali sarebbero utilizzate per i processi cognitivi che, a loro volta, informerebbero i sistemi motori: percezione, cognizione, e infine azione. «La vista di un serpente, disgustoso e pericoloso, induce una risposta motoria di fuga o di retrazione»: un *cervello che sa*, identificato nelle regioni posteriori con funzioni percettive, fornirebbe le informazioni cruciali per la programmazione e l'esecuzione del movimento al *cervello che fa*, identificato con le regioni anteriori, motorie. Questo modello relegava quindi *percezione* e *azione* entro domini separati, ciascuno dei quali riconducibile a regioni cerebrali anatomicamente e funzionalmente distinte.

---

\* Lezione tenuta a Pontassieve (FI) il 5 novembre 2009, presso l'Auditorium dell'Istituto Scolastico Superiore E. Balducci, nell'ambito dell'edizione 2009 di *Pianeta Galileo*.

Questa visione iniziò a essere messa in crisi a partire dagli anni Ottanta del secolo scorso, quando studi elettrofisiologici sulla scimmia evidenziarono che i neuroni della corteccia premotoria, in particolare nell'area F5, non erano attivi soltanto durante semplici movimenti, ma mostravano proprietà più complesse e presentavano anche un'ampia varietà di risposte a stimoli sensoriali: tattili, propriocettivi, visivi e persino uditivi [8].

La maggior parte di questi neuroni rispondeva durante specifici atti motori (come raggiungere, afferrare, tenere) indipendentemente dall'effettore utilizzato per compierli. Per esempio, molti neuroni che codificavano l'atto di afferrare rispondevano ugualmente bene quando la scimmia afferrava un oggetto con la mano destra, la sinistra, o persino con la bocca, mentre non si attivavano quando usava in modo simile la mano per grattarsi. Ciò dimostra che queste cellule non rappresentano semplicemente movimenti come estendere o flettere le dita, bensì lo scopo (in questo caso afferrare) dell'atto motorio in senso lato. Oltre a codificare lo scopo di specifici atti, come afferrare, questi neuroni premotori potevano anche rispondere in modo diverso in relazione al tipo di prensione eseguita dall'animale. Ad esempio, si attivavano quando la scimmia afferrava un oggetto piccolo utilizzando pollice e indice (presa di precisione), ma non quando ne afferrava uno grande con una presa di forza, utilizzando dita e palmo della mano in opposizione (presa palmare). Nel complesso, i neuroni premotori sembravano formare un *vocabolario di atti motori* nel quale ciascun neurone rappresentava una 'parola' che designava uno specifico tipo di prensione.

Una delle scoperte più interessanti riguardava però il fatto che alcuni di questi neuroni potevano attivarsi anche quando la scimmia semplicemente osservava un determinato oggetto, senza compiere o prepararsi a compiere alcun movimento diretto ad esso. Queste risposte erano evocate dalla presentazione dello stesso oggetto che produceva la risposta del neurone quando la scimmia lo afferrava attivamente, e furono denominati *neuroni canonici*. La supposta dicotomia anatomo-funzionale tra percezione, da un lato, e azione, dall'altro, risultava evidentemente inconciliabile con questi nuovi dati. Ma come si poteva spiegare la presenza, in un'area motoria, di risposte a stimoli sensoriali da parte di neuroni con funzioni motorie?

Lo psicologo americano James Gibson aveva fornito pochi anni prima un'articolata e pionieristica teoria della percezione che permetteva di rispondere elegantemente a questa domanda. L'organismo abita attivamente «uno spazio ecologico che consiste di luoghi, localizzazioni o posizioni», in cui conosce e riconosce oggetti estraendo attivamente informazioni il cui significato è dato soltanto in relazione al corpo e alle possibilità d'azione del corpo [3]. O, come molti anni prima aveva già sostenuto il celebre filosofo e matematico Jules-Henri Poincaré, «è in rapporto al nostro corpo che situiamo gli oggetti esterni, e le uniche relazioni di questi oggetti che ci possiamo rappresentare sono le relazioni con il nostro corpo» [7]. Secondo questi autori quindi, percepire un oggetto non significa soltanto *avere in mente* l'immagine pittografica o *rappresentazione* di come esso ci appare fenomenicamente, ma anche un'automatica e immedia-

ta traduzione delle sue caratteristiche fisiche nelle possibilità d'azione e d'interazione con quell'oggetto che il nostro corpo ci offre, e che Gibson definisce «*affordances*». La risposta visiva dei neuroni canonici rappresenta quindi l'attivazione della «*affordance*» evocata dalla presentazione dell'oggetto. La percezione delle caratteristiche fisiche e pittografiche degli oggetti, associata all'attività delle aree visive della corteccia cerebrale, si accompagna quindi ad un'automatica descrizione degli stessi oggetti in termini motori, per mezzo dell'attivazione di quegli stessi neuroni che consentirebbero di manipolarli ed interagire con essi.

## 2. Dall'azione alla percezione: i neuroni specchio

Vedere un oggetto, come per esempio una mela, non comporta dunque solo l'attivazione di neuroni delle aree visive, che ne forniscono una descrizione pittografica in termini di caratteristiche fisiche quali forma, colore e tessitura di superficie, ma implica anche l'attivazione di neuroni motori che generano una descrizione pragmatica dell'oggetto nei termini dei possibili tipi di prensione adatti a interagire con esso. Ma che cosa succede se anziché un semplice oggetto osserviamo un'azione?

L'ambiente ecologico è popolato non solo dagli oggetti inanimati del mondo fisico che possono essere spinti e spostati da forze esterne, ma anche dagli oggetti animati del mondo sociale, che possono muoversi attivamente sotto l'influenza di forze interne. «E gli animali sono senz'altro gli oggetti di percezione più complessi che l'ambiente possa presentare ad un osservatore» [3]. All'inizio degli anni Novanta, durante studi di registrazione dell'attività di neuroni premotori della scimmia nei laboratori di fisiologia dell'Università di Parma, fu notato che alcuni neuroni dell'area F5, fino ad allora considerati puramente motori, si attivavano anche quando la scimmia, perfettamente immobile, semplicemente osservava lo sperimentatore afferrare o manipolare oggetti. L'azione osservata non evocava quindi soltanto una risposta da parte delle aree visive, ma si rifletteva anche nell'attività di neuroni motori nel cervello dell'osservatore: proprio questa sorprendente peculiarità suggerì di denominare queste cellule *neuroni specchio* [8].

Già i primi esperimenti dimostrarono che, analogamente ai neuroni puramente motori, anche i neuroni specchio erano capaci di rappresentare atti motori, effettuati con la mano o la bocca, e dotati di scopi diversi come afferrare, manipolare o tenere. Alcuni di questi erano anche specifici rispetto al modo in cui l'atto codificato doveva essere eseguito (per esempio prendere con una presa di precisione oppure palmare). Ma le proprietà più interessanti emergevano quando si considerava la loro risposta visiva in rapporto con quella motoria.

A questo proposito occorre però una precisazione. Un neurone non è che una cellula capace di esprimere un'attività elettrica in grado di modificare l'attività elettrica di altri neuroni, anatomicamente connessi con esso. L'attività elettrica è il codice attraverso cui le cellule del nostro cervello trasmettono ad altre il frutto dell'elaborazione delle informazioni di cui sono capaci: il loro messaggio. E per ciascun neurone, il messaggio

trasmesso dalla sua attivazione non può che essere unico, e sempre lo stesso: o il neurone scarica, oppure non scarica. E quando scarica, 'dice' sempre la stessa cosa. È quindi evidentemente una semplificazione pragmatica parlare di *risposta motoria* e *risposta visiva* di un neurone specchio: il movimento attivo e l'osservazione del movimento di un'altra persona sono solo le *condizioni* in grado di generare questo messaggio. Ma qual è allora il significato della scarica di un neurone specchio?

I neuroni specchio rispondevano quando la scimmia osservava atti motori eseguiti da un altro agente purché fossero diretti ad un obiettivo specifico, come un oggetto o un pezzo di cibo: se si 'mimava' l'atto in assenza dell'oggetto o se, al contrario, veniva presentato l'oggetto senza che alcuna azione fosse diretta ad esso, i neuroni specchio non rispondevano. Come i neuroni puramente motori e quelli canonici, quindi, anche i neuroni specchio sembravano codificare lo scopo degli atti motori, sia quando la scimmia compiva attivamente tali atti, sia quando semplicemente li osservava compiuti da altri. La loro risposta sembrava correlata al 'riconoscimento' da parte della scimmia dello scopo delle azioni, sia proprie che altrui. Come verificare questa ipotesi?

### **3. Comprendere e comunicare: dalla percezione all'interazione sociale**

Immaginiamo di trovarci di fronte a un palcoscenico sul quale un prestigiatore ci mostra l'interno di un grosso cappello a cilindro nero e vuoto. Con una mano, vi introduce un coniglio bianco e poi mostra a tutti il cilindro che ora contiene il coniglio bianco. A questo punto, senza mostrarne agli spettatori l'interno, infila la mano nel cilindro come per afferrare il coniglio ma... estrae la mano: vuota. Un istante dopo, mostra l'interno del cilindro: anch'esso, vuoto. Nessuno tra il pubblico poteva vedere la mano del prestigiatore dentro il cilindro, ma chiunque si sarebbe aspettato che stesse afferrando il coniglio che un attimo prima era lì. E proprio la violazione di questa automatica aspettativa ci rende stupiti di fronte all'illusione. Come si comportano i neuroni specchio in una simile situazione? Se davvero riconoscessero lo scopo delle azioni, dovrebbero rispondere vigorosamente anche senza vedere direttamente la mano che afferra, ricostruendo internamente lo scopo previsto dell'azione osservata.

In un ingegnoso esperimento elettrofisiologico la risposta visiva dei neuroni specchio della scimmia è stata studiata in una situazione analoga, mediante due diverse condizioni. Nella prima, l'animale osservava un'azione interamente visibile nella quale la mano di uno sperimentatore raggiungeva e afferrava un oggetto. Nella seconda condizione, la scimmia osservava la stessa azione, ma l'ultima fase – l'interazione della mano con l'oggetto afferrato – avveniva dietro uno schermo scuro ed era perciò invisibile. I risultati hanno dimostrato che molti neuroni specchio potevano rispondere ugualmente bene a prescindere dal fatto che la parte finale dell'azione fosse direttamente visibile o no. Ancor più interessante è il fatto che quando alla scimmia veniva mostrata un'azione mimata, ossia permettendole di vedere sin dall'inizio che non c'era nessun oggetto dietro lo schermo, la risposta era assente. D'altra parte, chi mai immaginerebbe una mano che afferra un coniglio in un cilindro vuoto? I neuroni specchio possono

quindi codificare lo scopo dell'azione utilizzando l'informazione sensoriale disponibile, seppure parziale, per ricostruire *internamente* lo scopo dell'azione dell'altro in quanto *riflesso* nella conoscenza motoria dell'osservatore.

In un altro studio, è stato addirittura dimostrato che i neuroni specchio possono attivarsi anche in totale assenza di informazione visiva. Infatti, alcuni neuroni specchio rispondono sia quando la scimmia esegue azioni rumorose, come rompere una nocciolina o strappare un foglio di carta, sia quando osserva uno sperimentatore compierle. Ma l'aspetto più interessante è che molti di questi neuroni rispondono anche quando la scimmia sente soltanto il suono prodotto dall'azione, senza vedere assolutamente nulla. Il suono evoca l'idea motoria corrispondente all'azione che l'ha prodotto, che è rappresentata dall'attivazione di questa peculiare classe di neuroni specchio audio-visivi. Ciò permette di capire quale azione sia stata compiuta anche senza averla osservata direttamente.

Le proprietà sin qui evidenziate corroborano fortemente l'idea che i neuroni specchio possano costituire il fondamento della nostra capacità di riconoscere e comprendere automaticamente le azioni manuali. Ma sin dai primi studi sulla corteccia premotoria ventrale erano stati descritti anche neuroni specchio che si attivavano selettivamente quando la scimmia compiva e osservava azioni oro-facciali di tipo ingestivo, come mordere, succhiare o leccare. In una serie di esperimenti più recenti è stato dimostrato che alcuni di questi neuroni, oltre a mostrare risposte motorie quando la scimmia compiva movimenti con la bocca, si attivavano anche quando essa osservava azioni dotate di una valenza comunicativa, come per esempio schioccare le labbra, che assume per i macachi un significato affiliativo. Sebbene sia sperimentalmente molto difficile avere la possibilità di studiare risposte neuronali mentre la scimmia emette spontaneamente gesti comunicativi oro-facciali, nei pochi casi in cui ciò è stato possibile la selettività visiva e motoria dei neuroni specchio registrati risultava la stessa. Questo dato corrobora l'idea secondo la quale anche la comprensione dei gesti comunicativi, come quella delle azioni dirette agli oggetti, è associata all'attivazione degli stessi substrati neuronali che sono coinvolti nella loro produzione motoria. Inoltre, il fatto che i neuroni specchio comunicativi presentino spesso risposte motorie di tipo ingestivo, suggerisce che la capacità di decodificare il significato dei gesti possa essersi evoluta, nel corso della filogenesi, dalla ritualizzazione di una più antica capacità di controllare e riconoscere azioni legate alla manipolazione ed ingestione del cibo.

Studi più recenti hanno esplorato anche la possibilità che i neuroni specchio possano fornire informazioni che vanno ben al di là del riconoscimento e della comprensione di atti motori o gesti semplici. Nelle condizioni ecologiche in cui vivono molti animali e tutti i primati, incluso l'uomo, non è sufficiente poter eseguire e comprendere singoli atti motori finalizzati. Infatti, la maggior parte delle azioni più comuni della vita quotidiana è costituita da intere sequenze di atti motori, coordinati in base ai loro singoli scopi immediati (come *raggiungere, prendere, portare, ecc.*) a formare *azioni* più complesse (*prendere una mela*), a loro volta contraddistinte da uno scopo finale sovra-

ordinato (*mangiare la mela*). Questo scopo finale identifica il *perché* un'azione venga compiuta, ossia per quale fine i singoli atti siano coordinati tra loro. In questo senso, lo scopo finale di un'azione coincide con l'intenzione motoria dell'individuo che la compie.

Nelle corteccie parietale e premotoria della scimmia sono stati identificati neuroni motori che, sebbene codificassero tutti l'atto di afferramento (come prendere un pezzetto di cibo), si attivavano diversamente in relazione all'intenzione motoria della scimmia: alcuni rispondevano quando la scimmia afferrava un pezzo di cibo per portarlo alla bocca e mangiarlo (neuroni "prendere-per-mangiare"), altri erano più attivi durante l'afferramento dello stesso pezzo di cibo quando la scimmia lo piazzava poi in un contenitore (neuroni "prendere-per-piazzare"). Molti di questi neuroni avevano proprietà specchio, attivandosi quindi anche quando la scimmia osservava uno sperimentatore compiere azioni analoghe. E la maggior parte di essi mostrava una selettività visiva congruente con quella motoria: i neuroni prendere-per-mangiare erano maggiormente attivi in questa condizione rispetto a quando la scimmia osservava lo sperimentatore prendere un oggetto per poi piazzarlo, mentre quelli prendere-per-piazzare mostravano la selettività opposta. Questa proprietà della risposta visiva è particolarmente interessante poiché se durante il compito motorio la scimmia sa cosa fare ben prima di iniziare il movimento, come può 'sapere' cosa intenda fare l'agente osservato *prima* che la sua azione sia conclusa? Elementi contestuali, come il tipo di oggetto afferrato (un pezzo di cibo o un oggetto metallico) o la presenza/assenza del contenitore in cui piazzare, sono certamente determinanti per suggerire quale azione verrà eseguita. Ma la risposta differenziale di questi neuroni motori, che si presenta ben prima del conseguimento dello scopo ultimo (mangiare o piazzare), costituisce la prova dell'esistenza di una rappresentazione motoria interna predittiva dello scopo dell'azione dell'individuo osservato. In altri termini, questi neuroni contribuiscono non solo a organizzare azioni intenzionali quando è la scimmia a compierle attivamente, ma consentono anche di predire l'intenzione motoria degli altri quando la scimmia osserva qualcuno compiere azioni analoghe in un contesto familiare [8].

Un meccanismo così complesso e articolato, capace di coordinare e comprendere scopi motori immediati e intenzioni, potrebbe giocare un ruolo cruciale nella decodifica del comportamento altrui finalizzata a guidare l'interazione sociale. E ciò è tanto più importante se si considera l'enorme complessità della struttura gerarchica e dei rapporti sociali che esistono nei gruppi di molte specie di primati.

Un recentissimo studio, condotto in Germania, ha valutato la risposta visiva di neuroni specchio premotori in due diverse condizioni di base: nella prima, la scimmia vedeva afferrare un oggetto collocato all'interno dello spazio vicino al suo corpo, il cosiddetto spazio "peripersonale"; nella seconda, l'oggetto afferrato era collocato a maggior distanza dalla scimmia, nel cosiddetto "spazio extrapersonale". La metà dei neuroni registrati si attivavano in modo diverso a seconda dello spazio in cui veniva eseguita l'azione osservata dalla scimmia: alcuni erano più attivi quando l'azione veniva

compiuta nello spazio peripersonale, altri quando veniva compiuta nello spazio extrapersonale. Ma come mai una simile differenza? Le informazioni relative allo spazio sono perfettamente inutili per capire lo scopo di azioni o atti motori. Tuttavia, sono cruciali se si tratta di definire le possibili interazioni con l'individuo osservato: se quest'ultimo agisce nello spazio peripersonale, è immediatamente possibile interagire con esso, mentre se agisce nello spazio extrapersonale, possono essere necessari diversi passaggi intermedi prima di poter interagire con lui, come avvicinarsi o rimuovere un ostacolo. Per verificare la possibilità che queste differenze di scarica codificassero *uno spazio per l'interazione*, e non semplicemente uno *spazio metrico* in sé e per sé, i ricercatori hanno studiato la risposta neuronale quando una barriera separava la scimmia dallo spazio vicino circostante. Grazie alla barriera, anche lo spazio peripersonale diventava *motoricamente lontano*, perché diveniva impossibile raggiungere gli oggetti in esso collocati e quindi interagire con chi operava in questo spazio. Come se, di fatto, fosse vicino ma irraggiungibile. In queste condizioni, i neuroni che in assenza di barriera rispondevano selettivamente ad azioni compiute nello spazio extrapersonale, iniziavano a scaricare anche in quello peripersonale reso irraggiungibile dalla barriera; viceversa, i neuroni che rispondevano all'osservazione di azioni nello spazio peripersonale, cessavano di scaricare, confermando che la loro scarica rappresenta l'azione dell'altro in relazione allo spazio d'interazione dell'animale. Questo risultato estende il ruolo dei neuroni specchio dalla comprensione di scopi motori, gesti comunicativi e intenzioni, alla selezione di possibili risposte comportamentali alle azioni degli altri [1].

#### **4. Cosa 'rispecchia' il cervello umano?**

I risultati ottenuti sulla scimmia suggerirono sin da subito che un meccanismo analogo potesse esistere anche nel cervello umano. Ma, evidentemente, non era possibile condurre sull'uomo quegli studi invasivi che avevano portato alla scoperta dei neuroni specchio. Tuttavia, esistono oggi tecnologie capaci di evidenziare l'attività del cervello *in vivo* e in modo assolutamente non invasivo, così da poter essere applicate anche su soggetti umani. Nessuna di queste tecniche è però tanto potente e precisa da consentire di registrare l'attività di singoli neuroni, il che rende ancora imprescindibile ricorrere ai modelli animali per capire il funzionamento dei meccanismi di base del sistema nervoso.

I risultati degli esperimenti condotti sull'uomo con tecniche di neuroimmagine, se considerati alla luce delle conoscenze acquisite sulla scimmia, forniscono comunque dati che, per quanto indiretti, consentono di affermare con una certa sicurezza che meccanismi di tipo specchio esistono anche nel cervello umano. Infatti, diverse regioni della corteccia con funzioni motorie come le cortecce motoria e premotoria ed il lobulo parietale inferiore, lungi dall'essere esclusivamente motorie, si attivano anche quando i soggetti osservano azioni di mano compiute da un altro individuo [8]. Queste regioni occupano porzioni della corteccia frontale e parietale che corrispondono piuttosto precisamente a quelle regioni in cui, nella scimmia, si trovano i neuroni specchio. Regioni

distinte del sistema motorio corticale sono attivate durante l'osservazione di azioni eseguite con effettori diversi, come mano, bocca e persino piede, dimostrando che anche nel cervello umano le aree motorie sono coinvolte nella rappresentazione di aspetti dell'informazione visiva che possono contribuire al riconoscimento e comprensione automatica delle azioni osservate.

Che cosa succede, allora, se lo scopo dell'azione osservata è riconoscibile ma ad eseguire l'azione è un animale appartenente ad una specie diversa dalla nostra? Il riconoscimento dell'azione avviene nello stesso modo? E come si comportano le regioni del sistema specchio umano? In uno studio di risonanza magnetica funzionale è stata valutata l'attivazione cerebrale di soggetti umani che osservavano un uomo, una scimmia o un cane che compivano un gesto ingestivo (mordere) oppure comunicativo (rispettivamente parlare, schioccare le labbra, abbaiare). Sebbene gli stimoli fossero tutti visivamente molto diversi – basti pensare alle differenze fisiognomiche tra le tre specie – vedere un uomo, una scimmia o un cane mordere attivava in modo molto simile le aree del sistema specchio umano. Al contrario, vedere un gesto comunicativo espresso dalle stesse specie, produceva attivazioni del cervello umano molto diverse: le aree del sistema specchio, soprattutto nell'emisfero sinistro, erano molto più attive durante l'osservazione di un uomo che parla rispetto ad una scimmia che schiocca le labbra, e risultavano praticamente silenti all'osservazione di un cane che abbaia. Ciò dimostra che la comprensione "immediata" o "esperienziale", fondata sull'attivazione della propria conoscenza motoria, è possibile soltanto quando l'azione osservata è effettivamente parte del repertorio motorio dell'osservatore, a prescindere dall'identità o dalla specie di appartenenza di chi la esibisce. Con ciò non si vuole ovviamente contraddire l'idea che si possa avere una chiara 'comprensione' di stimoli visivi come un cane che abbaia o una scimmia che schiocca le labbra: altre aree con funzione visiva sono fortemente attivate anche durante l'osservazione di questi stimoli, garantendone il pieno riconoscimento a livello percettivo. Ma la forma di comprensione mediata dai sistemi specchio assume una forma qualitativamente diversa, esperienziale, e non si limita ai gesti e alle azioni motorie.

Negli ultimi anni, una crescente attenzione è stata posta sulle basi neurali soggiacenti il riconoscimento e la comprensione delle emozioni e delle sensazioni provate dalle altre persone. Queste abilità formano un costrutto teorico complesso e articolato comunemente noto come *empatia*, ossia la capacità di "sentire dentro" ciò che un'altra persona sta provando o sentendo. Studi di risonanza magnetica funzionale hanno dimostrato che molte aree cerebrali come la corteccia cingolata, l'amigdala e l'insula, sono implicate nella regolazione e nel controllo di emozioni quali la paura, la rabbia o il disgusto, ma sono anche fortemente attivate quando i soggetti osservano le espressioni di altre persone che stanno provando le stesse emozioni. Questi risultati estendono il concetto di sistema specchio fino ad includere aree con funzioni emozionali, mostrando quindi che questi meccanismi possono consentirci di sfruttare la nostra conoscenza in prima persona per decodificare e comprendere in modo esperienziale il mondo sog-

gettivo degli altri. Queste capacità sono cruciali per consentire una flessibile ed efficace interazione con gli altri, poiché garantiscono un'immediata e spontanea decodifica degli aspetti più complessi che caratterizzano la realtà sociale [8].

In linea con questi risultati, una messe crescente di studi ha evidenziato che soggetti con patologie dello sviluppo come l'autismo – caratterizzati da difficoltà nell'interazione sociale reciproca, nel linguaggio, nella comunicazione e nel riconoscimento di emozioni ed intenzioni delle altre persone – presentano alterazioni nel funzionamento del sistema specchio. Per esempio, quando osservano volti che esprimono particolari emozioni, questi soggetti mostrano una ridotta attivazione rispetto ai controlli a sviluppo tipico delle aree cardine del sistema specchio. Studiando la relazione tra la gravità della sintomatologia con appositi test e la riduzione di attività delle regioni del sistema specchio, è stato inoltre possibile mettere in relazione la gravità del disturbo con l'ipoattivazione cerebrale: quanto più grave era la sintomatologia, tanto minore risultava l'attivazione rispetto ai controlli [4].

Il coinvolgimento di strutture simili quando si compie un'azione o si prova un'emozione, e quando si osservano la stessa azione o emozione esibite da un'altra persona, suggerisce che i comportamenti e gli stati emotivi degli altri possano essere decodificati grazie all'attivazione delle stesse strutture del nostro cervello che ci permettono di compiere quelle azioni o provare personalmente quelle emozioni. Dopotutto, c'è forse qualcosa che conosciamo meglio dei nostri movimenti, delle nostre emozioni e dei nostri stati interni? Mediante un processo di *simulazione interna*, i meccanismi specchio ci permettono di comprendere il comportamento e le emozioni degli altri *come se* fossimo noi stessi ad eseguire quelle azioni o provare quelle emozioni, in prima persona [2].

Senza un meccanismo di risonanza di tipo specchio comprenderemmo ugualmente le emozioni degli altri ma, per dirlo con il celebre filosofo e psicologo americano William James (1890), non sarebbe altro che «una percezione soltanto cognitiva, pallida, fredda, e destituita di qualsiasi colore emotivo» [5].

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Caggiano, V., Fogassi, L., Rizzolatti, G., Thier, P., Casile, A., Mirror neurons differentially encode the peripersonal and extrapersonal space of monkeys, *Science*, 324 (5925), 2009, pp. 403-406.
- [2] Gallese, V., Before and below 'theory of mind': Embodied simulation and the neural correlates of social cognition, *Philosophical transaction of the Royal Society of London – Biological sciences*, 362 (1480), 2007, pp. 659-669.
- [3] Gibson, J., *Un approccio ecologico alla percezione visiva*, trad. it. di R. Luccio, Il Mulino, Bologna 1999 (ed. originale *The ecologist approach to visual perception*, Houghton Mifflin, Boston 1979).
- [4] Iacoboni, M., Dapretto, M., The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction, *Nature review neuroscience*, 7 (12), 2006, pp. 942-951.
- [5] James, W., *Principi di psicologia*, trad. it. di G. Preti, Principato, Milano 1965 (ed. originale *The Principles of psychology*, 1890).
- [6] Morabito, C., *Modelli della mente, modelli del cervello*, in *Aspetti della psicologia fisiologica anglosassone dell'Ottocento*, Franco Angeli, Milano 2002.
- [7] Poincaré, J. H., *Scienza e metodo*, trad. it. di C. Bartocci, Einaudi, Torino 1997 (ed. originale *Science et méthode*, Flammarion, Paris 1908).
- [8] Rizzolatti, G., Sinigaglia, C., *So quel che fai. Il cervello che agisce e i neuroni specchio*, Cortina, Milano 2006.