

Neuroni specchio e autismo

Mirror neurons and autism

R. Keller¹, S. Bugiani², P. Fantin², E. Pirfo²

¹ Ambulatorio disturbi pervasivi dello sviluppo per l'età adulta, ² Dipartimento di salute mentale "G. Maccacaro", ASL TO 2

Summary

Objectives

Dysfunctions affecting social interaction typical of autism still play a large research topic. In recent years was developed a theory that explains autism in new terms compared to previous theories based on theory of mind. This new theory is called the "broken mirror theory".

Methods

According to this view, autism-related disorders might be caused by a hypoactivity of mirror neurons, a neuronal system that is activated when an action is performed by a person, and when the subject observes the same action done by a conspecific. These neurons are one of the key mechanisms for what concerns social interactions, as it allows an individual to embody in himself the mental states of those who have faced as they were their own. According to the "broken mirror theory", autistic patients would not be able to embody in themselves others' mental states (intentions, beliefs, expectations, etc.) and this would be due to a dysfunction related to mirror neurons. Even if much evidence supports this theory, however, there is also a large number of studies demonstrating that the hypoactivity of the mirror system would be found only in certain circumstances and not in other.

Results

There are many implications of these findings. It has been shown that in imitation tasks which do not require an explicit imitative behavior, there was a hypoactivity of the autistic mirror system. However, this does not occur when the subject is explicitly asked to imitate an observed movement. These patients also have difficulties for certain types of actions (e.g., actions without a goal), but show a normal behavior with others (e.g., direct action directed to a goal). Moreover, the deficits associated with the mirror system does not stop at simple task imitation. Autistic subjects, in fact, prove to have great difficulty in understanding the others' intentions. Indeed, they seem to have no impairment regarding the goal of the action, or rather the "what" of the action. What they could not understand is the general intention of the model, or rather "why" this action is performed.

Conclusions

Autistic subjects, for those problems of embodiment of the mental states of others, which are possible only thanks to mirror neurons, have many difficulties in reading the emotional states of others.

Key words

Autism • Mirror neurons

Riassunto

Obiettivi

Tra le basi psiconeurobiologiche relative alle interazioni sociali tipiche del disturbo autistico si è sviluppata negli ultimi anni la "teoria degli specchi infranti" che offre nuove prospettive nella lettura del disturbo, rispetto a precedenti visioni come la teoria della mente.

Metodi

Secondo questo punto di vista, i disturbi legati all'autismo sarebbero causati da una ipoattivazione dei neuroni specchio, ovvero quel gruppo di neuroni che si attivano sia quando viene compiuta un'azione, sia quando si osserva la stessa azione compiuta da un conspecifico. Questi neuroni rappresentano uno dei meccanismi fondamentali che sottostanno le interazioni sociali, in quanto permette a un individuo di rivivere in se stesso gli stati mentali di chi ha di fronte come se fossero suoi. Secondo la teoria degli specchi infranti, i pazienti autistici, per

una disfunzione legata ai neuroni specchio non sarebbero infatti in grado di rivivere in loro stessi gli stati mentali altrui (intenzioni, credenze, aspettative, ecc.). Le posizioni scientifiche a questo riguardo sono peraltro non univoche e vengono pertanto discusse.

Risultati

È stato dimostrato come in compiti imitativi che non richiedono un comportamento imitativo esplicito, si evidenzia una ipoattivazione del sistema specchio dei pazienti autistici. Tuttavia, ciò non vale quando viene richiesto esplicitamente di imitare un movimento osservato. Questi pazienti hanno difficoltà per alcuni tipi di azioni (per esempio azioni senza scopo), ma mostrano un comportamento normale con altre (per esempio azioni dirette verso una meta). Inoltre, i deficit legati al sistema specchio non si fermano ai semplici compiti imitativi. I soggetti autistici, infatti, risultano avere grosse difficoltà nel comprendere le intenzioni altrui. Sembrano non avere grosse compromissioni per quel che riguarda lo scopo dell'azione, ovvero verso "cosa"

Corrispondenza

Roberto Keller, Ambulatorio Disturbi Pervasivi dello Sviluppo per l'Età Adulta, corso Lecce 43/E, 10145 Torino, Italia • Tel. +39 011 746467 • Fax +39 011 740092 • E-mail: rokel2003@libero.it

questa è diretta, mentre quello che non riescono a comprendere è il motivo, ovvero il “perché” questa azione viene compiuta.

Conclusioni

I soggetti autistici, sempre per i problemi legati all'introiezione degli stati mentali altrui, possibile solo grazie ai neuroni spec-

chio, mostrano grandi difficoltà nella lettura degli stati emozionali altrui.

Parole chiave

Autismo • Neuroni specchio

Introduzione

L'autismo rientra, secondo la classificazione del DSM-IV-TR¹, nei disturbi pervasivi dello sviluppo, un insieme di disturbi caratterizzati dalla compromissione grave e generalizzata in diverse aree dello sviluppo, e più precisamente nella capacità di interazione sociale reciproca, capacità di comunicazione e presenza di comportamenti, interessi e attività stereotipate. Nel disturbo autistico l'esordio delle alterazioni funzionali relative alla interazione sociale, al linguaggio usato nella comunicazione sociale e nel gioco simbolico-immaginario avviene tipicamente prima dei tre anni.

L'interesse per la psichiatria verso questo disturbo deriva dal fatto che le alterazioni sopra evidenziate, seppur suscettibili di miglioramenti in particolare grazie all'intervento specialistico precoce, si mantengono anche nella età adulta.

Dal punto di vista epidemiologico si osserva un fenomeno peculiare: al compimento della maggiore età, con il passaggio dalla neuropsichiatria infantile alla psichiatria adulti, molte delle diagnosi di disturbo pervasivo dello sviluppo, in primis la sindrome di Asperger, spariscono o non vengono riconosciute e vengono trasformate in diagnosi di asse II, come il ritardo mentale o il disturbo schizotipico di personalità, se non anche in diagnosi di asse I come la schizofrenia.

L'intervento della psichiatria adulti viene spesso ridotto alla gestione farmacologica dei disturbi comportamentali, ma scarsa è la conoscenza media che il clinico psichiatra ha di questi disturbi, motivo per cui si vuole con questo scritto fornire delle informazioni più specifiche su un'area di frontiera e di interesse attuale: il rapporto tra neuroni mirror e autismo.

Dal punto di vista neurobiologico e neuropsicologico, l'autismo è legato a diverse ipotesi di deficit:

- deficit delle funzioni esecutive, quindi quelle funzioni mentali che permettono di controllare volontariamente i propri processi di azione, attenzione e pensiero, dalla programmazione, alla attuazione, alla modificazione in itinere di un compito;
- deficit della coerenza centrale, che consiste nella capacità di integrare informazioni diverse tenendo conto del contesto, formando unità coerenti e dotate di un significato;
- deficit nella acquisizione della teoria della mente, che è quella funzione mentale che permette di attribuire gli

stati mentali agli altri e a se stessi (credenze, emozioni, desideri, intenzioni, pensieri), secondo gradi crescenti di complessità (io penso che tu pensi, io penso che tu pensi che io penso, ecc.). Sulla “lettura della mente” esistono due teorie fondamentali. Da una parte quella che viene chiamata teoria della teoria (TT)², e dall'altra la teoria della simulazione (ST)³. L'idea fondamentale della prima è che gli individui compiano una lettura della mente attraverso l'acquisizione e la spiegazione di una teoria della mente di senso comune, in maniera simile a quanto avviene per le teorie scientifiche. In accordo con la TT, quindi, l'attribuzione di stati mentali ad altre persone deriva da un ragionamento teorico che coinvolge regole tacite causali ed esplicative che mettono in relazione comportamento e stati mentali (percezione e decisione) o addirittura stati mentali appartenenti a persone diverse (credenze, aspettative). La teoria della simulazione (ST) suggerisce, al contrario, che gli individui usino i propri meccanismi mentali per calcolare e predire i processi mentali altrui. A differenza della TT, la ST sostiene che ogni soggetto si mette nei panni dell'altro immaginando come si sentirebbe in quella situazione. Ad esempio, in una partita a scacchi, secondo la ST, il giocatore che guida gli scacchi neri, simulerebbe il pensiero del giocatore che guida i bianchi, arrivando a predire la decisione che egli prenderà. In primo luogo vengono creati, nel soggetto, desideri e credenze simulate che si pensa che l'altro abbia. In accordo con questa teoria il soggetto non ha bisogno di alcuna regola psicologica per leggere gli stati mentali altrui. La differenza tra le due teorie sta proprio in questo: la TT dipinge la lettura degli stati mentali altrui come una attività teorica completamente indipendente dal singolo, mentre la ST raffigura questa capacità come un tentativo di replicare, mimare o impersonare la vita mentale dell'agente target. Quest'ultima teoria (ST) incarna in sé alcune scoperte fondamentali degli ultimi anni nel campo delle neuroscienze, portando alla luce nuove teorie sulle disfunzioni tipiche dell'autismo, quali quelle relative ai neuroni specchio.

Un aspetto di recente e crescente interesse nella ricerca della base biologica della intersoggettività è rappresentato dalla scoperta del sistema specchio, in quanto i deficit sociali caratterizzanti l'autismo vengono ricondotti a un malfunzionamento del sistema specchio, che non permette all'individuo di rispecchiarsi nell'altro e quindi di avere

una comprensione immediata, esperienziale dell'altro che permetta di dare un senso al suo mondo (*teoria degli specchi infranti*).

Il sistema specchio nell'essere umano

Studi compiuti nei primi anni '90 hanno dimostrato, partendo dallo studio di alcuni primati antropomorfi⁴, l'esistenza di neuroni che si attivano sia quando un soggetto compie un'azione sia quando osserva la stessa azione compiuta da un altro soggetto. Questi neuroni, denominati neuroni specchio sono caratteristicamente presenti in aree motorie-premotorie.

Anche il cervello umano è dotato di un sistema specchio localizzato in regioni parieto-premotorie, verosimilmente omologhe a quelle descritte nella scimmia, in grado di codificare le azioni osservate sugli stessi circuiti nervosi che ne controllano l'esecuzione. Attraverso la fMRI è stato possibile una localizzazione più precisa delle aree coinvolte nel sistema dei neuroni specchio: la porzione anteriore del lobo parietale inferiore (che sembra corrispondere all'area 40 di Broadman, omologo umano dell'area PF nella scimmia) e il settore inferiore del giro precentrale più il settore posteriore del giro frontale inferiore (che corrisponderebbe all'area 44 di Broadman, ossia alla parte posteriore dell'area di Broca, considerata l'omologo umano dell'area F5 della scimmia). In talune condizioni sperimentali si osserva attività anche in un'area più anteriore del giro frontale inferiore oltre alla corteccia premotoria dorsale.

Quando si parla di neuroni specchio viene subito alla mente la loro funzione nei compiti imitativi. L'esempio classico è quello del ballerino che osserva un video di un balletto. Tuttavia un gran numero di studi (soprattutto di neuroimaging) hanno rivelato che questi neuroni si attivano in quasi tutte le attività che prevedono l'interazione con l'altro. Essi sono alla base della comunicazione in quanto permettono la comprensione degli stati mentali altrui, e sono implicati in molti compiti più o meno automatici che riguardano sempre la sfera sociale. Partendo da questa idea e dal fatto che nei pazienti autistici si osservano come già detto, una serie di deficit sociali, si sono sviluppate alcune teorie relative alla base neurobiologica dell'autismo. Tra queste la più rilevante è quella cosiddetta "degli specchi infranti".

La teoria degli specchi infranti

Il sistema specchio mostra le seguenti funzioni:

- controllo e la produzione di proprie azioni dirette verso una meta (pensiamo ad esempio all'azione di prendere una forchetta);
- comprensione dello scopo e del significato di azioni osservate⁵ e nella predizione di azioni future compiute da altre persone⁶;

- altre funzioni sociali quali linguaggio, teoria della mente ed empatia.

I deficit sociali dell'autismo sarebbero da ricondurre a un malfunzionamento del sistema specchio e l'emergere di una tale disfunzione nelle fasi più precoci dello sviluppo darebbe origine a una cascata di effetti. L'incompetenza sociale dell'autismo deriverebbe da un deficit nella capacità di simulare le azioni degli altri e, di conseguenza, capire le loro azioni "come se fossi io a farle". Riprendendo quanto si diceva relativamente alla teoria della simulazione, il meccanismo di simulazione e incarnazione di intenzioni e stati altrui avviene proprio grazie all'attivazione dei neuroni specchio e un loro malfunzionamento porterebbe quindi a una disfunzione nel comportamento sociale.

Il soggetto con autismo, in questa prospettiva, non ha una difficoltà ad attribuire intenzioni agli altri, ma fallisce nel ricreare mentalmente in sé il comportamento di un'altra persona, quindi nell'identificarsi in essa, e di conseguenza nel proiettarsi mentalmente nella situazione dell'altro. Il suo problema non risulta quindi essere quello di inferire stati mentali negli altri, quanto quello di replicare, o mimare la vita mentale di un altro individuo. La teorizzazione sul mondo intenzionale dell'altro quindi, lungi dall'essere un deficit di base (come sostenuto dalla teoria della mente di Baron Cohen⁷) risulta essere invece l'unica strategia a disposizione dei soggetti con autismo per dare un senso al mondo dell'altro.

In accordo con questo pensiero, Gallese⁸ afferma che il nocciolo dei problemi della mente autistica riguarda la disgregazione delle molteplicità condivise, che non è resa possibile dall'incapacità di creare un spazio noicentrico condiviso, e che influisce negativamente sullo sviluppo della consonanza intenzionale, ossia quel rapporto di reciprocità dinamica che sempre s'instaura fra il polo oggettivo e il polo soggettivo delle relazioni interpersonale e che è resa possibile dall'esistenza di un sistema neurale condiviso, in grado di trasformare "l'altro oggetto" in "altro sé", dando origine a una comprensione esperienziale dell'altro.

Il sistema della molteplicità condivisa, in cui le identità individuali prendono origine dal costituirsi di uno spazio di senso interpersonale condiviso, altro non è che il meccanismo di simulazione incarnata, che permette quello stato di partecipazione attiva, grazie all'attivazione del sistema sensori motorio e che risulta essere cruciale nell'intersoggettività.

Principali evidenze empiriche a sostegno di un coinvolgimento del sistema specchio nella patologia autistica

La prima prova a sostegno di un malfunzionamento del sistema specchio nei soggetti autistici è stata data dall'assenza di desincronizzazione dell'onda μ durante l'osser-

vazione di azioni compiuti da altri. L'onda μ è un indice elettrofisiologico indicante l'attività del sistema specchio che nei soggetti con sviluppo tipico mostra desincronizzazione durante l'esecuzione e l'osservazione di azioni, mentre nei soggetti autistici risulta essere sensibile all'esecuzione delle stesse, ma non all'osservazione di azioni compiute da altri.

Avikainen⁹ riporta una mancata tendenza nei soggetti autistici, durante le interazioni faccia a faccia, a imitare automaticamente l'altro, spiegando tale peculiarità sulla base di un'incapacità di rispecchiamento che non rende possibili le trasformazioni sensori-motorie necessarie per "mettersi nei panni dell'altro" ed entrare in sintonia con esso.

Nishitani¹⁰ documenta invece problemi di connettività fra il lobulo parietale inferiore e il giro frontale inferiore (aree cerebrali dotate di proprietà specchio). È stato rilevato infatti che il flusso di informazione fra queste due regioni viaggia più lentamente rispetto alla velocità osservata in soggetti con sviluppo tipico. Lo stesso problema, ossia un rallentamento anomalo nel flusso di informazioni, viene documentato da Villalobos nella connessione fra la corteccia visiva e il giro frontale inferiore¹¹: gli Autori hanno rilevato delle attivazioni dei neuroni specchio più deboli e più lente nella risposta dei soggetti con autismo rispetto al gruppo di controllo. Theoret¹², ha registrato le risposte dal dito indice mentre i partecipanti guardavano un video di movimenti dell'indice diretti sia verso l'osservatore che lontano da esso: nel gruppo di controllo sano, entrambe le azioni portano a risposte misurabili nei muscoli dell'indice e del pollice dell'osservatore. I soggetti autistici mostrano invece una risposta solo alle azioni dirette verso l'osservatore. I ricercatori spiegano questi risultati in termini di un deficit del sistema dei neuroni specchio che porta a compromissioni nella simulazione di azioni egocentriche e un deficit nella rappresentazione generale sé-altro.

Dapretto¹³ ha chiesto a pazienti autistici di imitare e di osservare espressioni facciali di emozioni nello scanner della fMRI. I soggetti autistici non hanno mostrato modelli normali di attività cerebrale durante l'osservazione e l'imitazione delle espressioni facciali, e in particolare non hanno mostrato un'attivazione significativa nella corteccia prefrontale (area cerebrale reputata a contenere i neuroni specchio). Viene anche dimostrata una correlazione tra riduzione nell'attività dei neuroni specchio e severità clinica dei singoli soggetti autistici osservati: a una più grave compromissione corrisponde una più scarsa attività cerebrale. Questo dato non viene confermato dallo studio di Williams¹⁴ che non rileva differenze di attivazione nel giro frontale inferiore, ma solo un'ipoattivazione dell'area parietale del sistema specchio.

Cattaneo¹⁵ dimostra che sebbene nell'autismo sia registrata un'ipofunzionalità anche a livello del singolo neu-

rone specchio, i maggiori deficit sembrano dipendere da una compromissione nell'organizzazione a catena degli atti motori. Quest'ultima risulta essere di fondamentale importanza per la comprensione del perché delle azioni e ciò spiegherebbe la difficoltà dei soggetti autistici nel comprendere le intenzioni sottostanti le azioni altrui. Infine, un'indagine morfometrica ha evidenziato certe anomalie strutturali delle regioni cerebrali coinvolte: un anormale assottigliamento della sostanza grigia nell'area premotoria ventrale, nel lobo parietale posteriore e nel solco temporale superiore¹⁶. Sono state documentate anche delle differenze nello spessore del manto corticale del giro frontale inferiore.

Principali evidenze contro la teoria degli specchi infranti

Non tutti gli studi tuttavia convergono nell'associare l'autismo a un deficit dei neuroni specchio. La maggior parte delle ricerche esposte sopra, sembrano indicare una compromissione del giro frontale inferiore, la porzione del sistema specchio deputata al riconoscimento delle finalità delle azioni. Tuttavia i pazienti con autismo hanno dimostrato di non avere grosse difficoltà nel capire le finalità delle azioni che osservano, quando esse sono semplici, e sembrano in grado di emulare (ovvero, raggiungere l'obiettivo di un'azione osservata utilizzando un'azione diversa). A conferma di ciò uno studio di Hatt¹⁷ non ha rilevato differenze nell'attivazione del giro frontale tra il gruppo di soggetti autistici e quello di controllo. Oberman¹⁸ riporta che non ci sono anomalie nell'attività specchio del cervello dei pazienti con autismo quando essi osservano o imitano azioni compiute da qualcuno che conoscono bene (un membro della famiglia o un educatore). Colombi¹⁹ segnala in un gruppo di pazienti con autismo un eccesso piuttosto che una riduzione di attività specchio. Infine anche Dinstein²⁰ non rileva differenze nell'attività cerebrale del sistema specchio tra controlli e pazienti autistici: entrambi i gruppi sono stati sottoposti a test di verifica dell'attivazione delle aree dei neuroni specchio (solco intraparietale anteriore; area ventrale premotoria) per mezzo della fMRI, dove i soggetti dovevano osservare passivamente dei movimenti della mano in un esperimento e eseguirli attivamente in un altro. I risultati hanno mostrato che le risposte corticali dei due gruppi, sia durante l'osservazione che l'esecuzione di movimenti è simile e che il sistema specchio dei soggetti autistici non solo risponde in modo intenso durante l'osservazione del movimento ma lo fa in modo selettivo. Il solco intraparietale anteriore mostra un adattamento sia motorio che visivo (risposte fMRI ridotta per movimenti ripetuti rispetto a quelli non ripetuti) e la corteccia premotoria ventrale mostra un adattamento motorio. Gli Autori interpretano tali adattamenti (motori

e visivi) come la prova della presenza di una particolare popolazione di neuroni che risponde selettivamente a determinati movimenti e che si adatta (riducendo l'intensità delle loro risposte) di fronte a movimenti ripetutamente osservati o eseguiti. Le risposte del sistema specchio di soggetti affetti da autismo, perciò, apparirebbero del tutto sovrapponibili a quelle dei soggetti sani.

In uno studio di abilità di pianificazione motoria condotto da Rosenbaum²¹, si evince che i bambini autistici sono bravi quanto quelli di controllo se l'azione corretta viene mostrata loro prima. Inoltre, testando pazienti autistici nella comprensione di gesti usando stimoli già usati per pazienti si è visto che questi risultano più bravi dei soggetti di controllo. Due gruppi di studio^{22 23} hanno usato un esperimento in cui i bambini autistici vedevano un adulto provare e fallire un compito ed erano invitati a rifare lo stesso compito subito dopo. In entrambi gli studi i pazienti con autismo emulavano lo scopo dell'azione dell'adulto come avveniva per i pazienti tipici. I pazienti con autismo risultano anche abili nell'imitare azioni dirette verso un oggetto ricevendo un feedback non sociale nella forma di un suono o di una luce. I soggetti autistici hanno buone performance nelle azioni in cui vengono utilizzati oggetti, azioni con significato e buone prestazioni in compiti di imitazione esplicita. I pazienti autistici possiedono, inoltre, una intatta abilità nel controllare le proprie azioni e intenzioni (che come abbiamo visto prima sono controllate dal sistema specchio).

Infine, in base al neuroimaging, adulti autistici riescono, a rappresentare lo scopo dell'azione di un'altra persona²⁴ e mostrano attivazioni neurali normali durante l'osservazione di azioni dirette verso uno scopo.

L'insieme di questi studi dimostra come la teoria degli specchi infranti sia quanto meno incompleta. È vero infatti che i soggetti autistici hanno dei problemi in compiti imitativi e non solo, ma in questa sede si è osservato come in molte occasioni essi riescono a pareggiare (se non in alcuni casi a superare) la prestazione offerta dai soggetti di controllo. Evidentemente la teoria va rivista e discussa.

Implicazioni cliniche

Anche imperfetta e incompleta, la teoria degli specchi infranti resta comunque una teoria interessante che in parte spiega alcune disfunzioni tipiche dell'autismo.

L'individuazione di un malfunzionamento nel sistema specchio come deficit di base della sindrome autistica e la conseguente alterazione del meccanismo di simulazione incarnata come spiegazione dell'incapacità dei soggetti autistici di rispecchiarsi negli altri e conseguentemente di interagire adeguatamente con i propri interlocutori, fornisce infatti una spiegazione anche della compromissione delle abilità alla base della competenza sociale.

Deficit di imitazione

L'imitazione è un processo che prevede la trasformazione di stimoli visivi in rappresentazioni motorie. Il coinvolgimento dei neuroni specchio in tale processo è intuitivo: i neuroni specchio infatti sono quei neuroni in grado di trasformare gli stimoli visivi in piani motori. Inoltre il processo imitativo, nella trasmissione delle informazioni dalla corteccia visiva alla corteccia motoria, vede il coinvolgimento di due aree dotate di proprietà specchio: il lobulo parietale inferiore e il giro frontale inferiore.

L'imitazione si presenta nell'autismo con un profilo disarmonico.

In particolare queste disarmonie fanno riferimento a due concetti relativamente nuovi nel panorama dello studio dell'imitazione umana: l'imitazione automatica e l'imitazione intenzionale. Il termine imitazione automatica è usato per descrivere il fenomeno secondo cui i movimenti motori individuali sarebbero facilitati dall'osservazione dello stesso movimento e sarebbero più difficoltosi quando si osservano movimenti diversi²⁵.

L'imitazione intenzionale si riferisce invece a quel fenomeno per cui un'azione osservata viene intenzionalmente imitata dal soggetto²⁶. In entrambi i casi viene attivato il sistema specchio, ma vi sono alcune componenti specifiche per una o per l'altra. In particolare nei compiti di imitazione intenzionale verrebbe coinvolto l'operculum frontoparietale sinistro. L'imitazione utilizzata in compiti d'apprendimento sembrerebbe essere più di tipo intenzionale, infatti noi tendiamo a identificare a livello cognitivo quali elementi sono rilevanti in un movimento o gesto che dobbiamo imparare e quali invece sono incidentali.

Gli individui affetti da autismo dovrebbero avere gravi deficit per quanto riguarda l'imitazione automatica, ma l'imitazione intenzionale dovrebbe rimanere intatta. A conferma di questo McIntosh et al.²⁷ hanno trovato delle differenze tra imitazione volontaria e automatica in pazienti autistici. Ai soggetti (un gruppo di autistici e uno di controllo) veniva chiesto in un compito di osservare le espressioni di alcuni modelli in un video che esprimevano vari tipi di espressione. In un altro compito veniva invece richiesto di riprodurre le espressioni osservate. Per misurare il comportamento dei soggetti vennero esaminate le attivazioni dei muscoli facciali dei soggetti. I risultati mostrano come nei soggetti autistici non vi sono attivazioni per quel che riguardava il primo compito di imitazione automatica contrariamente a quanto avviene per il gruppo di controllo. Nel compito di imitazione volontaria invece le prestazioni dei due gruppi sono simili. Altri studi sembrano invece meno concordi con questa idea: i pazienti autistici sono in grado di capire quando vengono imitati da altri. Inoltre, i soggetti autistici non manifestano una imitazione automatica o sono incapaci

di imitare azioni non finalizzate, ma si dimostrano capaci di imitare azioni incomplete o di movimenti compiuti da un robot anche quando il compito richiede imitazione automatica. Insomma anche in tale ambito si rilevano delle isole di abilità.

Le differenze che intercorrono tra l'imitazione di un soggetto con autismo e uno con sviluppo tipico risiede nel fatto che il primo basa la propria imitazione sulla codifica e riproduzione di un pattern motorio, quindi imita l'azione di per sé. Il secondo invece basa la propria imitazione su una codifica semantica delle azioni, quindi imita la persona.

Nel 1999 Hobson e Lee²⁸ evidenziano l'incapacità dei soggetti autistici di riprodurre lo stile con cui il dimostratore esegue l'azione e quindi che la componente dell'imitazione maggiormente compromessa nei soggetti con autismo, non è tanto quella cognitiva, quanto quella emotivo-affettiva: questi soggetti imitano raramente le persone perché non riescono a rispecchiarsi in esse, a causa del malfunzionamento dei meccanismi di consonanza emotiva.

Per quanto riguarda l'imitazione volontaria non vi sono differenze sostanziali tra pazienti autistici e soggetti normali

Gli studi che dimostrano che bambini autistici hanno buone prestazioni in compiti imitativi con azioni dirette verso uno scopo sono molti. Byrne & Russon²⁹ hanno definito questo tipo di compiti come compiti di emulazione, in quanto quella che viene imitata non è l'azione in sé quanto il suo scopo. Questo significa che il modo in cui si arriva allo scopo può essere modificato dal soggetto, che pianifica a suo modo le azioni da intraprendere per il risultato finale. L'emulazione si differenzia dalla mimica proprio in questo. Infatti, la prima riproduce solo lo scopo finale dell'azione, mentre quando si mima in senso letterale viene riprodotta tutta l'azione osservata. In questo senso, quindi l'emulazione descrive il processo delle azioni dirette verso uno scopo³⁰. In questo panorama i soggetti autistici non presenterebbero problemi nei compiti di emulazione. In contrasto con ciò, i pazienti autistici dovrebbero presentare dei problemi per quel che riguarda i compiti di mimica, in quanto questi compiti richiedono che il bambino copii in maniera spontanea l'intero percorso dell'azione, con tutti i movimenti che la compongono. I bambini e adulti tipici normalmente mimano in maniera spontanea e inconscia i movimenti degli altri sia che questi abbiano uno scopo o che non lo abbiano, come forma di interazione sociale. Per i soggetti autistici questo non avviene.

Quello che è certo quindi è che vi sia nei soggetti autistici un problema legato alla spontaneità con cui si imita un'azione osservata. Questo deficit sembra essere di per sé poco importante, ma lo è se lo vediamo in una prospettiva ontogenetica, ovvero secondo lo sviluppo del bambino.

Infatti lo sviluppo del sistema specchio prenda origine dall'imitazione continua e reciproca tra madre e lattante. In particolare, la posizione di Meltzoff e Decety³¹ su questo argomento è molto netta. Attraverso studi compiuti sui bambini tipici e sull'imitazione delle espressioni facciali degli adulti, in particolare della madre, hanno visto come l'imitazione e i suoi correlati neurali possano contribuire allo sviluppo del *mentalizing*, ovvero la capacità di leggere stati mentali propri e altrui di cui si è parlato prima. Questo avverrebbe in tre tappe: i) equipaggiamento innato: i neonati già riconoscono equivalenze tra gli atti percepiti e quelli eseguiti; ii) costruzione dell'esperienza in prima persona: tramite l'esperienza di tutti i giorni i bambini rappresentano la relazione tra le loro azioni corporee e la loro esperienza mentale, esperiscono le loro sensazioni interne e le espressioni facciali esterne, e costruiscono una mappa dettagliata bidirezionale tra stati mentali e comportamento; iii) inferenze sulle esperienze altrui: quando i bambini vedono gli altri agire "come me", realizzano che gli altri hanno lo stesso collegamento tra stati mentali e comportamenti posseduto dai bambini stessi. Secondo questo ragionamento i bambini in età molto piccola non hanno bisogno di una teoria della mente innata, ma possono inferire gli stati mentali altrui attraverso un'analogia con i propri.

Grazie all'azione specchio esercitata dalla madre il bambino impara ad associare i propri piani motori agli stimoli visivi. Il viso materno e il sistema specchio hanno infatti funzioni speculari: il primo riflette al bambino il suo stato emotivo, la sua attività motoria, ripresenta dall'esterno quanto il bambino vive all'interno. I neuroni specchio invece ricostruiscono all'interno del lattante, attraverso la simulazione, quanto osserva dall'esterno. In questo modo il bambino ha quasi sempre a disposizione due versioni della propria realtà, interna ed esterna. Fatto che favorisce i processi di simbolizzazione a partire dalla corporeità.

Viene da sé quindi come un deficit nelle capacità imitative, influenzando sullo sviluppo dei neuroni specchio, vada a influire negativamente anche sullo sviluppo dell'intersoggettività.

Incapacità nel comprendere le intenzioni sottostanti le azioni altrui

I neuroni specchio risultano avere quindi un ruolo fondamentale per quel che riguarda le interazioni sociali (compito di *social cognition*).

Il meccanismo di simulazione incarnata è coinvolto infatti anche nell'attribuzione delle intenzioni. Questo è un processo che si verifica automaticamente attraverso il coinvolgimento dei neuroni specchio parietali, ossia neuroni in grado di programmare uno stesso atto motorio in modo differente a seconda dello scopo distale dell'azio-

ne in cui tale atto è inserito sia quando il soggetto esegue che quando osserva un'azione. Questi neuroni sono in grado di codificare il significato intenzionale dell'azione sin dal primo movimento osservato, ancor prima dell'inizio del secondo atto motorio, permettendo all'individuo di prevedere l'esito dell'azione osservata ancor prima che essa abbia termine e quindi di rispondere prontamente e adeguatamente durante l'interazione.

Il meccanismo di lettura delle intenzioni è alla base della comprensione del perché delle azioni, ambito in cui il soggetto autistico sembra avere le maggiori difficoltà³². Quest'ultimo infatti non ha difficoltà nel comprendere il "cosa" di un'azione quanto il "perché", soprattutto quando deve fare affidamento solo su informazioni motorie. Il giudizio sulle intenzioni sottostanti le azioni altrui, in soggetti con autismo, si basa principalmente sulle informazioni funzionali dell'oggetto. Essi infatti non sono in grado di inferire il perché di un'azione dal comportamento motorio dell'agente, con conseguente incapacità di lettura delle intenzioni sottostanti le azioni altrui e di rispondere adeguatamente durante l'interazione. Per i soggetti autistici risulta così incomprensibile il mondo dell'altro e ne deriva anche l'incapacità di fornire una risposta consona all'input fornito dall'altro.

L'intenzione comunicativa può essere intesa come l'intenzione di comunicare qualcosa più l'intenzione che l'altro capisca che si sta comunicando qualcosa volontariamente. Questa capacità appare precocemente nei bambini tipici ma è fortemente compromessa in quelli autistici. Ad esempio, i bambini tipici tra i 9 e i 12 mesi usano il dito indice per indicare una cosa desiderata. Questo non avviene per i bambini autistici.

Puntare (*pointing*) con il dito qualcosa è uno dei gesti più semplici che riguardano l'intenzione di comunicare qualcosa e l'intenzione che questa comunicazione venga compresa, e il fatto che sia assente negli autistici è indice che questa capacità è compromessa in loro. Inoltre i bambini autistici sembrano avere difficoltà quando vengono forniti loro dei suggerimenti comunicativi da parte di altre persone (ad esempio i bambini tipici rispondono meglio agli stimoli quando essi sono delle facce che comunicano qualcosa rispetto a oggetti neutrali. Questo non vale per gli autistici.

Ripartendo da quanto detto prima su imitazione automatica e intenzionale ad esempio, si possono leggere le differenze tra autistici e tipici da un punto di vista comunicativo. Se viene chiesto a un bambino autistico in maniera esplicita di imitare un movimento osservato questi non ha problemi, ma quando dovrà imitare quel movimento spontaneamente non sarà in grado di farlo in quanto non riesce a leggere l'intenzione comunicativa che il modello ha. Vi è infatti nei pazienti autistici un deficit nei confronti dei suggerimenti comunicativi quando questi non sono espliciti. Quello che è danneggiato, quindi, non è la capacità di imitare, ma la capacità di estrarre le infor-

mazioni indispensabili di un atto comunicativo quando queste non sono abbastanza esplicite.

Questo sembra un rovesciamento di ruoli rispetto alle teorie precedenti, infatti secondo quest'ultimo punto di vista sarebbe la mancanza di intenzione comunicativa a danneggiare l'imitazione e non viceversa. Senza una comprensione comunicativa intatta, non è possibile un apprendimento delle norme sociali.

Incapacità nel riconoscere le espressioni emozionali dell'altro

Ciò che permette all'individuo di comprendere le espressioni emozionali dell'altro è la simulazione incarnata. È infatti attraverso questo processo che viene riprodotto all'interno del soggetto quello stato neurovegetativo collegato a quella data emozione, che permette all'individuo di avere una comprensione diretta, esperienziale di ciò che sta osservando nell'altro. L'osservazione di espressioni facciali esprime delle emozioni attiva principalmente tre sistemi neurali: il sistema specchio (alla base del meccanismo di simulazione incarnata), l'insula (centro di integrazione visceromotoria deputato alla trasformazione degli input sensoriali in reazioni viscerali e che connette il sistema specchio al sistema limbico) e il sistema limbico.

Dapretto¹³ ha mostrato come i soggetti autistici anche quando sono in grado di riconoscere e imitare le espressioni facciali emozionali, lo fanno utilizzando circuiti cerebrali diversi dai soggetti con sviluppo tipico: viene infatti rilevata un'assenza di attivazione del sistema premotorio, un'ipoattivazione dell'insula e dell'amigdala e un'iperattivazione delle corteccie visive. Tale anomala attività cerebrale conferma l'assenza del meccanismo di simulazione incarnata nei soggetti con autismo (dovuto a una mancata attivazione del sistema specchio) e l'utilizzo di circuiti cerebrali diversi per l'accesso (quando possibile) al mondo affettivo altrui. I soggetti autistici infatti, attraverso un'iperattivazione della corteccia visiva, mettono in atto una ricostruzione teorico cognitiva dello stimolo osservato che gli permette di avere una comprensione, anche se non implicita ed esperienziale, dell'altro.

Discussione e conclusioni

La scoperta dei neuroni specchio apre una nuova strada alla comprensione del fenomeno autismo. Questa particolare classe di neuroni, attivandosi sia durante l'esecuzione che l'osservazione dei movimenti, mette in moto una simulazione interna che ci consente di capire e di renderci conto in modo immediato e in tempo reale di cosa sia quel determinato atto, vivendolo nella sua pienezza e realtà. Questi neuroni sono in grado anche di leggere le intenzioni che sottostanno a quelle azioni, per-

mettendoci di afferrare immediatamente il significato di quella scena, o dell'azione che si sta verificando e perfino lo stato d'animo del soggetto che la sta compiendo o che si accinge a compierla perché la stiamo compiendo in miniatura, sotto forma simulata, anche in noi stessi. L'attivazione nell'osservatore degli stati corporei associate alle azioni, emozioni, comportamento o sensazioni altrui, rende possibile una partecipazione attiva, che lo immette immediatamente e direttamente nel mondo del vissuto dell'altro. È questa la base neurofisiologica, per cui si realizza quella condizione straordinaria che chiamiamo empatia che è la capacità di metterci nei "panni dell'altro".

Fondamentale è la differenza con la teoria della mente a base cognitivista-computazionale-rappresentativa che richiede per lo stesso processo la messa in moto di rappresentazioni, cioè di simboli mentali, su cui poi si svolge il procedimento cognitivo relativo (meta-rappresentazioni ovvero pensieri sui pensieri). Secondo la teoria dei neuroni specchio, invece, a livelli subliminali, subpersonale, noi ripetiamo realmente nei nostri circuiti cerebrali, nel nostro corpo, ciò che vediamo avvenire nell'altro. La differenza tra le due prospettive (quella cognitivista e quella neurofisiologica) è rilevante: una cosa è immaginare cosa possa provare un altro e altra cosa è provare le stesse cose nel nostro proprio corpo, come se fossimo noi stessi realmente gli attori e non i semplici spettatori di quell'evento. Inoltre la tesi dell'autismo come deficit della teoria della mente è difficilmente conciliabile con quanto sostenuto da alcuni soggetti autistici ad alto funzionamento o affetti da sindrome di Asperger che per farsi un'idea di cosa il mondo significhi devono costruire "teorie" su questo mondo. Queste testimonianze sembrano indicare, come sostenuto altrove³³, che la teorizzazione sul mondo intenzionale dell'altro, lungi dall'essere il deficit di base, costituisce invece l'unica ancora di salvezza, l'unica strategia disponibile quando mancano strumenti cognitivi più elementari e diretti per condividere automaticamente le certezze implicite che danno un senso al mondo degli altri.

Dal punto di vista comportamentale, l'ipotesi che le difficoltà sociali degli autistici derivino da un primitivo deficit di comprensione delle azioni degli altri non è però del tutto supportata. I pazienti con lesioni nelle aree che contengono i neuroni specchio, ad esempio, non sono in grado di risolvere semplici compiti di comprensione e riproduzione delle azioni che le persone con autismo sono in grado di risolvere³⁴. Questo, e il fatto che essi siano in grado di comprendere semplici azioni finalizzate, mette in crisi un modello di causalità diretta che mette in relazione un deficit nella comprensione delle azioni (dovuto a un problema nell'attività dei neuroni specchio) al complesso deficit di iniziativa e reciprocità sociale presente nell'autismo.

Rimane tuttavia il fatto che molti studi hanno documentato una risposta anomala nelle aree del sistema specchio, e che il sistema specchio è implicato in processi di comprensione e apprendimento delle azioni degli altri, che sono cruciali nello sviluppo mentale e nelle interazioni della vita di tutti i giorni. Anche se gli studi condotti fino a ora hanno fallito nel ricondurre la vasta gamma di sintomi sociali dell'autismo alla disfunzione del processo di simulazione mediato dal sistema specchio questo filone ha aperto la strada a una serie di ipotesi e direzioni di ricerca che, indagando la natura del cervello sociale da un nuovo punto di vista, possono portare a progressi determinanti sotto il profilo dell'intervento abilitativo specifico.

Bibliografia

- 1 DSM-IV American Psychiatric Association. *Manuale diagnostico e statistico dei disturbi mentali*. IV ed. Milano: Masson 1995.
- 2 Carruthers P, Smith P. *Theories of theories of mind*. Cambridge University Press 1996.
- 3 Davies M, Stone T, editors. *Mental simulation*. Oxford: Blackwell 1995.
- 4 Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V, et al. *Premotor cortex and the recognition of motor actions*. Brain Res Cogn Brain Res 1996;3:131-41.
- 5 Buccino G, Lui F, Canessa N, Patteri I, et al. *Neural circuits involved in the recognition of actions performed by non-conspecifics: an fMRI study*. J Cogn Neurosci 2004;16:1-14.
- 6 Kilner J, Vargas C, Duval S, et al. *Motor activation prior to observation of a predicted movement*. Nat Neurosci 2004;7:1299-301.
- 7 Baron-Cohen S. *Precursors to a theory of mind: Understanding attention in others*. In: Whiten A, editor. *Natural theories of mind: evolution, development and simulation of everyday mindreading*. Oxford: Basil Blackwell 1991, pp. 233-51.
- 8 Gallese V. *The "Shared Manifold" hypothesis: from mirror neurons to empathy*. J Consc Studies 2001;8:33-50.
- 9 Avikainen S, Wohlschlagel A, Liuhanen S, et al. *Impaired mirror-image imitation in asperger and high-functioning autistic subjects*. Curr Biol 2003;13:339-41.
- 10 Nishitani N, Avikainen S, Hari R. *Abnormal imitation-related cortical activation sequences in Asperger syndrome*. Ann Neurol 2004;55:558-62.
- 11 Villalobos ME, Mizuno A, Dahl BC, et al. *Reduced functional connectivity between V1 and inferior frontal cortex associated with visuomotor performance in autism*. Neuroimage 2005;25:916-25.
- 12 Theoret H, Halligan E, Kobayashi M, et al. *Impaired motor facilitation during action observation in individuals with autism spectrum disorder*. Curr Biol 2005;15:R84-5.
- 13 Dapretto M, Davies MS, Pfeifer JH, et al. *Understanding emotions in others: Mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders*. Nat Neurosci 2005;9:28-30.

- ¹⁴ Williams JH, Waiter GD, Gilchrist A, et al. *Neural mechanisms of imitation and "mirror neuron" functioning in autistic spectrum disorder*. *Neuropsychologia* 2006;44:610-21.
- ¹⁵ Cattaneo L, Fabbri-Destro M, Boria S, et al. *Impairment of actions chains in autism and its possible role in intention understanding*. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2007;104:17825-30.
- ¹⁶ Iacoboni M. *Imitation, empathy, and mirror neurons*. *Annu Rev Psychol* 2006;60:653-70.
- ¹⁷ Hatt N, Colombi C, Saron C, et al. *Neural basis of action and intention understanding in autism and typical development*. Paper presented at the International Meeting for Autism Research, May 7-9, 2009.
- ¹⁸ Oberman LM, Ramachandran VS, Pineda JA. *Modulation of mu suppression in children with autism spectrum disorder in response to familiar or unfamiliar stimuli: the mirror neuron Hypothesis*. *Neuropsychologia* 2008;46:1558-65.
- ¹⁹ Colombi C, Saron D, Beransky M, et al. *Mirror neuron system activation in autism in response to transitive and intransitive actions*. Paper presented at the International Meeting for Autism Research, May 7-9, 2009.
- ²⁰ Dinstein I, Thomas C, Humphreys K, et al. *Normal Movement Selectivity in Autism*. *Neuron* 2010;66:461-9.
- ²¹ Rosenbaum DA, Marchak F, Barnes HJ, et al. *Constraints for action selection: overhand versus underhand grips*. In: Jeannerod M, editor. *Attention and performance 13: motor representation and control*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates 1990, pp. 321-42.
- ²² Aldridge MA, Stone KR, Sweeney MH, et al. *Preverbal children with autism understand the intentions of others*. *Dev Sci* 2000;3:294.
- ²³ Carpenter M, Pennington BF, Rogers SJ. *Understanding of others' intentions in children with autism*. *J Autism Dev Disord* 2001;31:589-99.
- ²⁴ Sebanz N, Knoblich G, Prinz W. *How two share a task: corepresenting stimulus-response mappings*. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 2005;31:1234-46.
- ²⁵ Brass M, Bekkering H, Wohlschlagler A, et al. *Compatibility between observed and executed finger movements: comparing symbolic, spatial, and imitative cues*. *Brain Cogn* 2000;44:124-43.
- ²⁶ Bien N, Roebroek A, Goebel R, et al. *The brain's intention to imitate: the neurobiology of intentional versus automatic imitation*. *Cereb Cortex* 2009;19:2338-51.
- ²⁷ McIntos DN, Reichman-Decker A, Winkielman P, et al. *When the social mirror breaks: deficits in automatic, but no voluntary mimicry of emotional facial expression in autism*. *Dev Sci* 2006 May;9:295-302.
- ²⁸ Hobson RP, Lee A. *Imitation and identification in autism*. *J Child Psychol Psychiatry* 1999;40:649-59.
- ²⁹ Byrne RW, Russon AE. *Learning by imitation: a hierarchical approach*. *Behav Brain Sci* 1998;21:667-84, discussion 684-721.
- ³⁰ Wohlschlagler A, Gattis M, Bekkering H. *Action generation and action perception in imitation: an instance of the ideomotor principle*. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2003;358:501-15.
- ³¹ Meltzoff AN, Decety J. *What imitation tells us about social cognition: a rapprochement between developmental psychology and cognitive neuroscience*. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2003;358:491-500.
- ³² Iacoboni M, Molnar-Szakacs I, Gallese V, et al. *Grasping the intention of others with one's own mirror neuron system*. *PLoS Biol* 2005;3:e79.
- ³³ Gallese V. *Intentional attunement: a neurophysiological perspective on social cognition and its disruption in autism*. *Brain Res* 2006;1079:15-24.
- ³⁴ Hamilton AF, Brindley RM, Frith U. *Imitation and action understanding in autistic spectrum disorder: how valid is the hypothesis of a deficit in the mirror neuron system?* *Neuropsychologia* 2007;45:1859-68.