

Per un resoconto neuroscientifico della cognizione sociale dei primati e della sua evoluzione, Vittorio Gallese discute qui dell'importanza della scoperta di neuroni specchio nelle scimmie, e di un sistema di neuroni specchio negli esseri umani. È avanzata l'idea che i neuroni specchio e i meccanismi funzionali che essi sostengono, la simulazione incarnata, possano essere a fondamento di importanti aspetti della cognizione sociale umana all'interno di un quadro esplicativo neurofisiologico unitario. S'introduce un'ipotesi neurofisiologica – l'ipotesi dello "sfruttamento neurale" – per spiegare come avviene che aspetti chiave della cognizione sociale umana siano sostenuti da meccanismi cerebrali originariamente evolutisi per l'integrazione senso-motoria. Si avanza la proposta che tali meccanismi si siano più tardi adattati come una nuova architettura funzionale per il pensiero e il linguaggio, pur continuando a svolgere anche la loro funzione originaria. Attraverso lo sfruttamento neurale, la cognizione sociale e il linguaggio possono essere collegati al dominio esperienziale dell'azione.

Vittorio Gallese

I neuroni specchio e l'ipotesi dello sfruttamento neurale: dalla simulazione incarnata alla cognizione sociale¹

1. Introduzione

Il punto di vista tradizionale nelle scienze cognitive sostiene che gli esseri umani sono capaci di comprendere il comportamento degli altri nei termini dei loro stati mentali – intenzioni, credenze e desideri – sfruttando ciò che comunemente si chiama “psicologia ingenua”. Secondo una veduta ampiamente condivisa, i primati non umani, scimmie incluse, non si affidano ad approcci fondati sul mentale per quanto riguarda il comportamento reciproco. Questo punto di vista prefigura una netta distinzione fra le specie non umane, confinate alla lettura del comportamento, e la nostra specie, per la quale la cognizione sociale fa uso di un livello diverso di spiegazione: la lettura della mente. L'indagine neuro scientifica della supposta esclusiva capacità umana di leggere la mente, tuttavia, deve fronteggiare numerosi problemi, che richiamerò brevemente.

La lettura della mente è oggi oggetto d'indagine empirica, in particolar modo dopo lo sviluppo delle potenti tecniche di *brain imaging* che ci hanno messo in grado di osservare direttamente ciò che accade nel nostro cervello quando siamo impegnati in una varietà di compiti percettivi, esecutivi e cognitivi. Dovremmo, tuttavia, essere consapevoli dei rischi derivanti dall'affidarsi ciecamente al solo potere euristico del *brain imaging*. In special modo se i dati ottenuti con tale tecnica sono ciecamente utilizzati per convalidare nozioni preconconcette di ciò che si suppone sia la mente umana e come funzioni.

La traduzione automatica di diagrammi di flusso ispirati alla psicologia ingenua in moduli cerebrali incapsulati, specificamente

adattati alla lettura delle capacità mentali, dovrebbe essere esaminata con attenzione. Il linguaggio può, in modo caratteristico, ingannare per via della sua “costitutività”, vale a dire per la sua capacità di fornire un apparente statuto ontologico ai concetti-parole incorporati.² Lo spazio può fornire un chiaro esempio di come le nostre definizioni, basate sul linguaggio, non necessariamente si traducano in entità reali nel cervello. Lo spazio, unitario quando è esaminato introspettivamente, nel cervello non è mappato come una singola unità centrale di elaborazione multi-scopo. La verità è che nel cervello ci sono numerose mappe spaziali.³ La stessa logica potrebbe applicarsi all'utilizzo degli strumenti della psicologia cognitiva, vale a dire delle nostre definizioni mediate dal linguaggio, di ciò che significa leggere la mente.

Non è in nessun modo ovvio che la lettura del comportamento e della mente costituiscano due regni autonomi. Di fatto, durante le nostre transazioni sociali solo raramente c'impegniamo in atti interpretativi espliciti. La maggior parte delle volte, la nostra comprensione del comportamento altrui è immediata, automatica, e alquanto simile ad un riflesso. La tesi secondo la quale la nostra capacità di riflettere sugli atteggiamenti proposizionali altrui quali le intenzioni, le credenze e i desideri come cause determinanti del comportamento altrui, è *tutto ciò che c'è* nella cognizione sociale, va quindi messa in discussione. Non è affatto ovvio che, quando si comprendono le intenzioni altrui, noi impieghiamo una strategia cognitiva totalmente irrelata a quella che utilizziamo per predire le conseguenze dei loro comportamenti.⁴

La cognizione sociale non è soltanto “metacognizione sociale”, cioè il pensare esplicitamente al contenuto della mente di qualcun altro per mezzo di simboli o di altre rappresentazioni in un formato proposizionale. Possiamo certamente “spiegare” il comportamento altrui utilizzando le nostre più sofisticate capacità di mentalizzazione, ma i meccanismi neurali soggiacenti a tale abilità sono ancora lontani dall'essere compresi. Le possibilità di trovare nel nostro cervello aree contenenti i correlati neurali di credenze, desideri e intenzioni *come tali* sono probabilmente vicine allo zero. Una simile ricerca assomiglia ad una forma degenera di riduzionismo che non ci porta da nessuna parte.

Una critica sempre più diffusa verso la fede cieca nella psicologia ingenua come unica possibilità di caratterizzare la cognizione sociale sta di fatto emergendo nell'ambito della filosofia della mente. È stato recentemente rilevato che l'uso degli atteggiamenti proposizionali della credenza e del desiderio da parte della psicologia ingenua è sovrastimato.⁵ Come sottolineato da Bruner, «quando le cose stanno come dovrebbero stare, le spiegazioni della psicologia ingenua non sono necessarie».⁶

L'approccio standard all'indagine empirica della lettura della mente (*mind reading*) e alla cognizione sociale si trova di fronte un altro problema, quello della “fallacia mereologica”,⁷ vale a dire al problema di attribuire alle parti di un organismo caratteri che sono proprietà dell'intero. Questo problema non è tipico soltanto della scienza cognitiva rappresentazionista ma anche di qualche settore della neuroscienza cognitiva. La mentalizzazione, qualunque cosa sia, è un livello di competenza personale e dunque non può essere interamente ridotto all'attività sub-personale di gruppi di neuroni nelle aree della corteccia cerebrale specializzate nella “lettura della mente”. I neuroni *non sono* agenti epistemici. I neuroni “conoscono” solo il passaggio degli ioni attraverso le loro membrane. Il mentalizzare ha bisogno di una persona,⁸ che è propriamente un sistema d'interconnessione tra mente e corpo il quale interagisce con uno specifico ambiente popolato da altri sistemi mente-corpo. I neuroni (inclusi i neuroni specchio) o le aree cerebrali possono al massimo essere condizione necessaria, ma non sufficiente per la mentalizzazione.⁹

Un terzo problema riguarda l'attitudine tipicamente solipsistica del resoconto cognitivo rappresentazionale standard della mente umana e della cognizione sociale. L'approccio dominante nelle scienze cognitive e in alcuni settori della filosofia della mente consiste nel chiarificare le regole formali che strutturano una mente cartesiana razionale e solipsistica. Di gran lunga meno studiato è ciò che innesca il senso di identificazione sociale che noi sperimentiamo con la molteplicità di “altri sé” che popolano il nostro mondo sociale.

Infine si pone un problema relativo alla principale corrente dell'approccio rappresentazionista alla cognizione sociale che utilizza la relazione fra lettura della mente e competenza linguistica. Dati re-

centi mostrano che bambini di quindici mesi comprendono le false credenze. Inoltre diversi studi mostrano che primati non umani (scimmie incluse) possono comprendere gli altri come agenti intenzionali.¹⁰ Questi risultati suggeriscono che tipici aspetti costitutivi di ciò che è la mentalizzazione possono essere spiegati sulla base di meccanismi di basso livello che si sviluppano ben prima della competenza linguistica pienamente dispiegata, o persino senza l'intervento del linguaggio.

Come possiamo superare i problemi sopra menzionati?

Forse informando la ricerca scientifica ai punti seguenti:

- 1) dovremmo adottare un approccio *bottom-up*, investigando gli aspetti non-metarappresentazionali della cognizione sociale umana, fin qui indebitamente trascurati se non negletti. Forse dovremmo anche abbandonare locuzioni come “lettura della mente” e “Teorie della mente”, in quanto introducono distorsioni preconcepite e arbitrarie;
- 2) la nostra indagine scientifica della cognizione sociale umana dovrebbe conformarsi ad una prospettiva evuzionistica, e quindi essere complementare ad un'indagine neurofisiologica e psicologica dei meccanismi funzionali implicati nella cognizione sociale dei primati non umani. L'unico modo di andare oltre un uso meramente correlativo dei dati acquisiti con le tecniche d'acquisizione delle immagini dell'attivazione cerebrale degli esseri umani consiste nello svelare i meccanismi neurali che conducono all'attivazione di differenti regioni per compiti differenti;
- 3) così facendo, si potrebbe stabilire in quale misura le capacità sociali cognitive apparentemente differenti e le strategie adottate dalle differenti specie dei primati possono essere prodotte da meccanismi funzionali simili, che nel corso dell'evoluzione hanno acquisito crescente complessità.

La scoperta dei neuroni specchio ha cambiato le nostre vedute circa le relazioni tra l'azione, la percezione e la cognizione, e ha riacceso un rinnovato interesse per l'indagine neuroscientifica degli aspetti sociali della cognizione dei primati. Il punto principale di questo saggio è che la maggior parte delle volte noi abbiamo un ac-

cesso diretto al mondo degli altri. La comprensione diretta non richiede spiegazione. Questa particolare dimensione della cognizione sociale è incarnata in ciò che media la conoscenza esperienziale multi modale del nostro corpo vivente e il modo in cui facciamo esperienza degli altri.

Presenterò qui dei resoconti di come il meccanismo di rispecchiamento, descritto da un punto di vista funzionale come simulazione incarnata,¹¹ possa sostenere forme basilari di cognizione sociale come la capacità di comprendere direttamente le azioni degli altri, le intenzioni, le emozioni e le sensazioni. Mostrerò anche come la simulazione incarnata possa giocare un ruolo esplicativo in aspetti più sofisticati della cognizione sociale, come nel caso del linguaggio. Concluderò introducendo l'“ipotesi dello sfruttamento neurale” secondo la quale un singolo meccanismo funzionale, la simulazione incarnata, è verosimilmente alla base di vari e importanti aspetti della cognizione sociale.

2. Neuroni specchio

Circa sedici anni fa, fu scoperta una nuova classe di neuroni motori in un settore della corteccia premotoria ventrale del macaco, conosciuto come area F5. Questi neuroni scaricano non soltanto quando la scimmia esegue movimenti manuali finalizzati ad uno scopo come afferrare oggetti, ma anche quando osserva altri individui (scimmie o esseri umani) che eseguono azioni simili. Questi neuroni sono stati chiamati “neuroni specchio”.¹² Neuroni con proprietà simili furono scoperti successivamente in un settore della corteccia parietale posteriore connessa con l'area F5.¹³ Caratteristicamente, i neuroni specchio nelle scimmie non rispondono all'osservazione di un oggetto da solo, anche quando riveste interesse per la scimmia.

L'osservazione dell'azione determina nell'osservatore l'attivazione automatica dello stesso meccanismo neurale attivo durante l'esecuzione dell'azione. La novità di queste scoperte sta nel fatto che, per la prima volta, è stato identificato un meccanismo neurale che consente un'associazione diretta fra la descrizione sensoriale (visiva e uditiva) di un atto motorio e la sua esecuzione. Questo sistema

d'accoppiamento fornisce una soluzione parsimoniosa al problema di tradurre i risultati dell'analisi visiva di un movimento osservato – in principio, privo di significato per l'osservatore – in qualcosa che l'osservatore è capace di comprendere nella misura in cui l'osservatore già “lo possiede esperienzialmente”. Si è proposto che questo meccanismo di “associazione diretta” possa essere la base per una forma diretta di comprensione dell'azione.¹⁴ Se i neuroni specchio realmente mediano la comprensione dell'azione, la loro attività dovrebbe riflettere il significato dell'atto osservato, non le sue caratteristiche visive.

In conformità a tutto ciò, esperimenti di Umiltà e altri¹⁵ hanno mostrato che i neuroni specchio dell'area F5 vengono attivati anche durante l'osservazione di azioni parzialmente nascoste, quando la scimmia può solo predire il risultato dell'azione, in assenza di un'informazione visiva completa su di essa. I neuroni specchio del macaco dunque rispondono ad azioni svolte da altri non esclusivamente sulla base della loro descrizione visiva, ma sulla base dell'anticipazione dello stato finale dell'atto motorio, attraverso l'attivazione di “rappresentazioni” motorie neurali nella corteccia premotoria dell'osservatore.

Questi dati possono difficilmente andare d'accordo con l'interpretazione “minimalista” dei neuroni specchio, come quella proposta da Knoblich e Jordan,¹⁶ secondo la quale i neuroni specchio codificano soltanto «degli effetti percepiti che le azioni esercitano sull'oggetto». ¹⁷ Inoltre, questi dati da soli sembrano contraddire l'idea sostenuta dal filosofo Shaun Gallagher¹⁸ secondo la quale il meccanismo funzionale che sta alla base dell'attivazione dei neuroni specchio si qualifica come una forma o di “percezione diretta” delle azioni degli altri. È ovvio che deve esserci un sistema che analizza visivamente e descrive le azioni altrui. Una “percezione diretta” delle azioni motorie osservate descrive molto probabilmente l'attivazione dei neuroni visivi extrastriati sensibili a movimenti biologici. Tuttavia, l'idea che tale analisi “pittorica” sia di per sé sufficiente a fornire una comprensione degli atti osservati deve essere messa in questione. Senza il riferimento alla “conoscenza motoria” interna dell'osservatore, questa descrizione è destituita di significato esperienziale per l'individuo che osserva.¹⁹ Deve essere sottolineato che

questa conoscenza motoria interna è *procedurale* e non *rappresentazionale*. Inoltre, l'attivazione di neuroni specchio negli esperimenti di Umiltà ed altri²⁰ certifica qualcosa di ancora più differente da una "percezione diretta": esemplifica una forma di inferenza motoria guidata dalla simulazione.

In altri esperimenti è stato dimostrato che una classe particolare di neuroni specchio dell'area F5 ("i neuroni specchio audiovisivi") rispondono non soltanto quando la scimmia *esegue* e *osserva* un dato atto motorio della mano, ma anche quando soltanto *ode* il suono tipico prodotto dall'azione.²¹ Questi neuroni rispondono al suono dell'azione e discriminano fra i suoni d'azioni differenti, ma non rispondono ad altri suoni analogamente interessanti come rumori dell'ambiente o vocalizzazioni di scimmie o animali. Eventi tanto differenti come suoni, immagini, o atti volontari del corpo, sono cionondimeno mappati dalla stessa rete di neuroni specchio audiovisivi. La presenza all'interno di specie non linguistiche di tali sistemi neurali di associazione può essere interpretata come il sorgere di un meccanismo di "concettualizzazione" incorporato, cioè un meccanismo che fonda il significato nella interazione sistematica situata e dipendente dall'esperienza con il mondo.²² Il mondo diviene "il nostro mondo" nella misura in cui evoca ed è soggetto alle nostre azioni.

Nella parte più laterale dell'area F5 è stata scoperta una popolazione di neuroni specchio collegata all'esecuzione/osservazione dei movimenti della bocca.²³ La maggioranza di questi neuroni scarica quando la scimmia esegue e osserva azioni transitive finalizzate all'ingerire oggetti, come l'afferrare, il mordere, il leccare. Tuttavia una piccola percentuale di neuroni specchio collegati alla bocca scarica durante l'osservazione d'espressioni facciali intransitive e comunicative eseguite dallo sperimentatore di fronte alla scimmia ("neuroni specchio comunicativi").²⁴ Le scimmie macaco sembrano avere una capacità iniziale di controllare ed emettere "volontariamente" segnali facciali sociali, mediati dalla lobo frontale. Ancora più interessante è che tale capacità si sviluppa in un'area corticale – l'area F5 – che negli esseri umani diviene l'area 44 di Brodmann, una area chiave per la comunicazione sociale.²⁵

Un passo in avanti ancora più grande nella ricerca del sistema dei neuroni specchio (SNS) è consistito nella scoperta di neuroni spec-

chio parietali che non soltanto codificano lo scopo di un atto motorio eseguito od osservato, come l'afferrare un oggetto, ma anche l'intenzione complessiva dell'azione (per esempio, il portare l'oggetto afferrato alla bocca o il porlo in un recipiente).²⁶ Il SNS mappa sequenze integrate di azioni motorie finalizzate ad uno scopo (afferrare, tenere, portare, porre, e differenti "parole" di un "vocabolario motorio")²⁷ così da ottenere differenti e paralleli "enunciati di azione", cioè, sequenze temporalmente collegate di atti motori propriamente collegati per raggiungere uno stato finale più lontano. Il "vocabolario motorio" dei neuroni collegati all'afferrare, attraverso un collegamento sequenziale, riorganizza se stesso per mappare l'adempimento di un'azione intenzionale. L'intenzione-azione complessiva (mangiare, porre il cibo o un oggetto in un contenitore) è lo stato finale dell'ultimo atto motorio della catena finalizzata uno scopo.

Questi risultati sembrano suggerire – almeno a un livello di base – che l'"intenzione precedente" del mangiare o del porre il cibo è codificata anche dai neuroni parietali. Naturalmente, questo non implica che la scimmia si rappresenti esplicitamente tale intenzione primaria come tale.

3. Meccanismi di rispecchiamento negli esseri umani

Diversi studi che hanno utilizzato metodologie e tecniche sperimentali diverse, hanno dimostrato l'esistenza di un meccanismo che associa direttamente azione, percezione e esecuzione anche negli esseri umani, definito come Sistema dei Neuroni Specchio (SNS).²⁸ Benché la prova diretta della presenza negli esseri umani di *singoli neuroni* che esemplifichino le proprietà mostrate dai neuroni specchio scoperti nel cervello delle scimmie ancora manchi, ritengo che si possa facilmente interpretare le prove esistenti come se la implicassero.

Durante l'osservazione dell'azione c'è una forte attivazione delle aree premotorie e parietali posteriori, quelle che verosimilmente sono le omologhe umane delle aree delle scimmie nelle quali i neuroni specchio furono originariamente descritti. Il meccanismo di rispecchiamento per le azioni è, negli esseri umani, organizzato grosso mo-

do somatotipicamente, con regioni corticali distinte nella corteccia premotoria e parietale posteriore che vengono attivate dall'osservazione/esecuzione di azioni eseguite con la bocca, le mani o i piedi.²⁹ Uno studio recente di Buxbaum e altri sulla corteccia parietale posteriore di pazienti neurologici affetti da aprassia ideomotoria ha mostrato che essi non soltanto sono sproporzionatamente inadeguati nell'imitazione di gesti transitivi in confronto a quelli intransitivi, ma mostrano anche una forte correlazione fra i deficit d'imitazione e l'incapacità di riconoscere azioni manuali finalizzate a uno scopo. Questi risultati mostrano che le stesse "rappresentazioni" motorie sottostanno sia all'ecuzione che alla comprensione delle azioni.

Il SNS negli esseri umani è direttamente coinvolto nell'imitazione di movimenti semplici,³⁰ nell'apprendimento imitativo d'abilità complesse,³¹ nella percezione delle azioni comunicative³² e nel rilevamento delle intenzioni delle azioni altrui.³³ In questo ultimo studio i partecipanti hanno assistito a tre generi di situazioni visive: azioni d'afferramento manuale senza un contesto, un contesto soltanto (una scena contenente oggetti), e azioni d'afferramento manuale contestualizzato. Nell'ultima condizione il contesto suggerisce l'intenzione associata all'azione di afferramento (bere o sparecchiare la tavola). Le azioni incluse in un contesto, se confrontate con le altre due condizioni, comportavano un significativo aumento del segnale nella parte posteriore del giro frontale inferiore e dell'adiacente settore della corteccia premotoria ventrale dove le azioni della mano sono rappresentate. Così le aree specchio pre-motorie – aree attive durante l'ecuzione e l'osservazione d'atti motori – che precedentemente si riteneva fossero coinvolte soltanto nel riconoscimento dell'azione, sono in realtà coinvolte anche nella comprensione del *perché* dell'azione, cioè nell'intenzione che la promuove.

Un altro risultato di questi studi è che fornisce un ulteriore supporto all'ipotesi motoria del rilevamento dell'intenzione. Dopo l'esperimento, tutti i partecipanti venivano interrogati circa le azioni che avevano osservato. Indipendentemente dall'esser stati o meno esplicitamente istruiti per determinare l'intenzione delle azioni osservate degli altri, tutti riuscivano a identificare correttamente l'intenzione dell'azione. Bisogna sottolineare che nonostante le differenti istruzioni ricevute, entrambi i gruppi mostravano l'attivazione del-

le aree specchio premotorie. E questo significa che – almeno per azioni semplici come quelle utilizzate in questo studio – il rilevamento dell'intenzione avviene per *default* e che è fondato sull'attivazione vincolante di un meccanismo di simulazione incorporato.

I nostri risultati sembrano suggerire che, la maggior parte del tempo, persino noi esseri umani non ci rappresentiamo esplicitamente le intenzioni come tali quando le osserviamo negli altri. Le intenzioni delle azioni non sono *solo ed esclusivamente* contenuti proposizionali. Esse sono incorporate all'interno dell'intenzionalità intrinseca nell'azione, il suo intrinsecamente essere collegato ad uno stato finale, ad uno scopo. La mia proposta è che, per la maggior parte delle volte, noi non *ascriviamo intenzioni agli altri*, semplicemente le rileviamo. Attraverso simulazioni incorporate, quando assistiamo ai comportamenti altrui il loro contenuto intenzionale può essere direttamente compreso senza la necessità di rappresentarlo esplicitamente in un formato proposizionale.

Altri meccanismi di rispecchiamento sembrano essere coinvolti nella nostra capacità di condividere le emozioni e le sensazioni altrui.³⁴ Quando percepiamo gli altri che esprimono una data emozione fondamentale come il disgusto, si attivano le stesse aree cerebrali che si attivano quando in prima persona sperimentiamo la stessa emozione. Meccanismi associativi del genere sono stati descritti per la percezione diretta e indiretta del dolore e del tatto.³⁵

Nel complesso questi risultati suggeriscono che la nostra capacità di entrare empatizzare con gli altri è mediata da meccanismi di simulazione incarnata, vale a dire dall'attivazione degli stessi circuiti neurali che sostengono la nostra esperienza motoria, emotiva e sensibile.³⁶

4. Lo sviluppo dei meccanismi di rispecchiamento e l'identificazione sociale

Un argomento cruciale ancora non chiarito riguarda il modo in cui il SNS si sviluppa nell'ontogenesi. In quale misura i meccanismi di rispecchiamento descritti in questo saggio sono innati? Come si formano e si modellano durante lo sviluppo?

Sappiamo che le abilità motorie maturano molto prima di quanto si pensasse in precedenza. In uno studio recente sono stati misurati la cinematica e i movimenti della mano di feti umani al quinto mese di gestazione.³⁷ I risultati mostrano che le caratteristiche spaziali e temporali dei movimenti fetali non sono in nessun modo scoordinati o privi di schemi. Oltre le ventidue settimane di gestazione i movimenti della mano del feto mostrano schemi cinematici che dipendono dallo scopo dei differenti atti motori che il feto esegue. Questi risultati hanno condotto gli autori di questo studio ad ipotizzare che feti di ventidue settimane mostrano un livello sorprendentemente avanzato di pianificazione motoria già compatibile con l'esecuzione di "azioni intenzionali".

Se questi risultati fossero confermati ed estesi, si potrebbe ipotizzare che durante lo sviluppo prenatale connessioni specifiche possono svilupparsi fra i centri motori che controllano la bocca, ed i comportamenti della mano diretti ad uno scopo e le regioni cerebrali che diverranno ricettive verso gli stimoli visivi dopo la nascita. Tale connettività potrebbe fornire l'architettura funzionale (per esempio profili spazio-temporali specifici di scariche neuronali) ad aree del cervello che, una volta raggiunte dagli stimoli visivi dopo la nascita, sarebbero pronte a rispondere specificamente all'osservazione di movimenti biologici come quelli delle mani o le espressioni facciali. In altre parole, i neonati e gli infanti, attraverso una connettività specifica sviluppatasi durante l'ultima fase della gestazione fra le regioni motorie e "quelle che diverranno visive" del cervello, sarebbero pronti a rispecchiare e imitare i gesti eseguiti dagli adulti che se ne prendono cura, posti di fronte a loro, e sarebbero forniti delle risorse nervose che abilitano il comportamento reciproco che caratterizza la nostra vita postnatale fin dal suo primo inizio.³⁸

Lo spazio intersoggettivo condiviso "noi-centrico" mappato dai meccanismi di rispecchiamento nervoso è verosimilmente cruciale nel mettere in relazione i neonati e gli infanti al mondo sociale, ma progressivamente acquista un ruolo differente. Esso fornisce al Sé la capacità di identificarsi e di differenziarsi dagli altri.³⁹ Una volta che le relazioni cruciali con il mondo degli altri si sono stabilite, questo spazio conduce alla facoltà concettuale adulta di mappare socialmente ciò che è simile e ciò che è diverso ("io sono un altro Sé").

L'identificazione sociale, "l'essere un Sé" che noi prontamente attribuiamo agli altri, il sentimento interiore d'essere "io" scatenato dal nostro incontro con gli altri,⁴⁰ conducono al risultato di uno spazio noi-centrico condiviso, reso possibile dalla simulazione incarnata. Le interazioni epistemiche e fisiche tra il Sé e gli altri sono formate e condizionate dagli stessi vincoli corporei e ambientali. Questo carattere relazionale comune si fonda, al livello sub-personale del cervello, su reti neurali di rispecchiamento. Questi meccanismi neurali condivisi abilitano il carattere condivisibile delle azioni, delle emozioni e delle sensazioni, i primitivi costituenti della nostra vita sociale.

5. Simulazione incarnata e sintonia intenzionale

La nostra capacità di concepire i corpi agenti degli altri in quanto "Sé come noi" dipende dalla costituzione di uno spazio interpersonale significativo e condiviso noi-centrico. Questa "molteplicità condivisa" (*shared manifold*)⁴¹ può essere caratterizzata a livello funzionale come simulazione incarnata, uno specifico meccanismo attraverso il quale il nostro sistema cervello-corpo modella le sue interazioni con il mondo. Propongo che i differenti meccanismi di rispecchiamento descritti in questo articolo costituiscono le esemplificazioni sub-personali della simulazione incarnata.

Secondo il mio modello, quando noi assistiamo al comportamento intenzionale degli altri, la simulazione incarnata genera uno specifico stato fenomenico di "sintonia intenzionale". Questo stato fenomenico, a sua volta, genera una qualità peculiare d'identificazione con gli altri individui, prodotta dal collasso delle intenzioni degli altri in quelle dell'osservatore. Attraverso la simulazione incarnata non soltanto "vediamo" un'azione, un'emozione, o una sensazione. Assieme alla descrizione sensibile degli stimoli sociali osservati, si attivano nell'osservatore i correlati neurali degli stati del corpo, associati con queste azioni, emozioni e sensazioni. Come proposto in precedenza,⁴² recenti studi suggeriscono che alcuni di questi meccanismi potrebbero essere alterati negli individui affetti dalla sindrome dello spettro autistico.⁴³

Le radici dell'intenzionalità devono essere trovate nella natura intrinsecamente relazionale dell'azione. I meccanismi di rispecchiamento qui descritti mappano le diverse relazioni intenzionali in un modo che è neutrale rispetto alla qualità specifica o all'identità dei parametri agentivi/soggettivi. Attraverso uno stato funzionale condiviso realizzato in due corpi diversi che ubbidiscono alle stesse regole funzionali "l'altro oggettuale" diviene "un altro Sé".

Naturalmente, la simulazione incarnata non è il solo meccanismo funzionale che fonda la cognizione sociale. Gli stimoli sociali possono essere compresi anche sulla base dell'elaborazione cognitiva esplicita delle loro caratteristiche percettive contestuali, mediante lo sfruttamento di conoscenze precedentemente acquisite relative ad aspetti rilevanti della situazione che deve essere analizzata. La nostra capacità di attribuire credenze vere o false agli altri, le nostre abilità cognitive più sofisticate, coinvolgono verosimilmente l'attivazione di ampie regioni del nostro cervello, certamente più ampie di un ipotetico e specifico modulo della Teoria della mente, sia esso localizzato nella corteccia paracingolata anteriore – già alquanto fuori moda –, o nella – oggi più in voga – giunzione temporo parietale (TPJ).⁴⁴

Recentemente ci sono stati tentativi di riconciliare all'interno della cognizione sociale i dati relativi ai meccanismi di rispecchiamento con l'attivazione delle strutture frontali mediane durante compiti di mentalizzazione. Questi tentativi aspirano a una concezione ecumenica o ibrida della mentalizzazione.⁴⁵ Ritengo che questi tentativi siano suscettibili della stessa critica precedentemente sollevata contro il principale resoconto cognitivo standard della mente. Di fatto, questi tentativi reificano un Sé cartesiano, il supposto recipiente del risultato del processo di mentalizzazione, riducendolo all'elaborazione neurale prodotta da circuiti nervosi localizzati nelle aree corticali mediane. Il riduzionismo funziona se è metodologico, non se – come in questi esempi – diviene ontologico.

Il modello della simulazione incarnata è immune da tali critiche, poiché esso postula un Sé che in virtù del fatto di essere pragmaticamente nel mondo, è costitutivamente "aperto agli altri", ai quali è collegato per mezzo di molteplici spazi noi-centrici condivisi. Lo sviluppo del Sé dipende propriamente dalla possibilità di *rispecchiare* e di *essere rispecchiati* nella prassi degli altri. Un Sé che per la maggior

parte delle volte non “attribuisce” intenzioni agli altri, perché queste intenzioni sono comprese come già incluse nel comportamento altrui. L’osservazione del comportamento degli altri scatena a livello sub-personale l’attivazione di reti neurali di rispecchiamento, e quindi l’attivazione – a un livello di descrizione funzionale – della simulazione incarnata.

6. *Il SNS e la sua importanza nell’evoluzione della cognizione sociale*

La presenza dei neuroni specchio in specie differenti di primati come i macachi e gli esseri umani sembra favorire una prospettiva continuista dell’evoluzione della cognizione sociale. Tuttavia, è anche vero che proprio gli stessi dati devono essere messi d’accordo con l’unicità della cognizione (sociale) degli esseri umani. Questo problema è uno dei principali obiettivi per la ricerca futura.

È probabile che le scimmie usino il loro SNS per ottimizzare le loro relazioni sociali, dando un senso al comportamento dei loro conspecifici. I dati fin qui raccolti suggeriscono che il SNS è abbastanza sofisticato per consentire il suo sfruttamento per diversi scopi sociali fra le scimmie macaco, come la facilitazione sociale⁴⁶ e il riconoscimento dell’essere imitati.⁴⁷

Deve essere notato che l’apparente incapacità dei primati non umani (scimpanzè inclusi) di considerare gli altri come agenti intenzionali data la presenza del SNS nei primati non umani,⁴⁸ ha condotto gli studiosi a mettere in discussione e a criticare il ruolo del SNS nel fornire «basi sufficienti per la comprensione delle azioni»,⁴⁹ o per svolgere – attraverso la simulazione del movimento – un ruolo importante nella cognizione sociale.⁵⁰

L’incapacità degli scimpanzè di comprendere gli altri come agenti intenzionali, tuttavia, risulta essere soltanto apparente in particolari contesti *cooperativi*. Di fatto, ci sono dati che dimostrano che gli scimpanzè quando sono impegnati in contesti *competitivi* sanno che cosa gli altri fanno fondandosi sull’osservazione di dove stanno guardando.⁵¹

Più significativamente, è stato recentemente mostrato che le scimmie Rhesus possono stabilire un legame cognitivo fra il vede-

re e il conoscere, scegliendo sistematicamente di rubare il cibo a un essere umano, in competizione con loro, che non può vederle, mentre non lo fanno quando l'essere umano potrebbe vederle.⁵² Analogamente, è stato mostrato che le scimmie Rhesus scelgono di ottenere il cibo silenziosamente soltanto nelle situazioni nelle quali il silenzio è cruciale per rimanere inosservati da un essere umano.⁵³

Questi risultati mostrano che i primati non umani – inclusi i macachi – possiedono la capacità di riconoscere gli altri come agenti intenzionali e di dedurre ciò che gli altri fanno circa il mondo, sulla base di segnali comportamentali manifesti, come la direzione dello sguardo. In quale misura questa capacità dipenda dal SNS, richiede ulteriori indagini. Tuttavia, è chiaro che le abilità cognitive e sociali dei primati non umani fin qui mal comprese non possono costituire un argomento contro la rilevanza del SNS per la cognizione sociale.

Molto probabilmente le scimmie non attribuiscono esplicitamente stati mentali agli altri come spiegazione causale del comportamento altrui. Molti sostengono che per far ciò è necessario il linguaggio. Per comprendere direttamente la cognizione sociale dobbiamo dunque indagare i meccanismi neuro funzionali che stanno alla base della facoltà del linguaggio. Prima di far ciò, tuttavia, noi dovremmo chiarire che cosa è ciò a cui ci riferiamo quando parliamo di linguaggio. Il linguaggio umano per la maggior parte della sua storia è stato soltanto linguaggio orale. Questo suggerisce che il linguaggio umano probabilmente si è evoluto da linguaggio dialogico allo scopo di fornire gli individui di uno strumento cognitivo sociale più potente e flessibile per condividere, comunicare e scambiare conoscenze.

Nelle ultime sezioni passerò in rassegna i fondamenti esperienziali della competenza linguistica umana e sottolineerò la salda connessione fra il significato e l'azione. Infine mostrerò come il meccanismo funzionale che si suppone descriva la funzione del SNS – la simulazione incarnata – possa anche fondare diversi aspetti della cognizione sociale, linguaggio incluso.

7. Un resoconto “neuro fenomenologico” del linguaggio: l’azione, l’esperienza e la loro espressione

Il linguaggio è paragonabile al gesticolare perché ciò che porta l’espressione sta nella stessa relazione con esso in cui sta il fine rispetto al gesto che lo significa.

Merleau-Ponty⁵⁴

L’intima natura del linguaggio e il processo evolutivo che lo producono sono ancora materia di dibattito. Questo è in parte dovuto alla complessità e alla natura multi dimensionale del linguaggio. A che cosa ci riferiamo quando indaghiamo la facoltà del linguaggio e la sua evoluzione? Barrett e altri hanno sostenuto di recente che la complessità cognitiva nel dominio sociale emerge dall’interazione fra il cervello, il corpo e il mondo, piuttosto che essere un mero risultato del livello d’intrinseca complessità cognitiva che le specie dei primati possiedono.⁵⁵

Considerare la cognizione sociale come impresa incarnata e situata,⁵⁶ offre la possibilità di un nuovo approccio neuroscientifico al linguaggio. Vediamo come e perché. Introdurremo prima brevemente la prospettiva della fenomenologia, che fornisce prospettive stimolanti sulla natura e la struttura dell’esperienza umana e della sua relazione con il linguaggio, mettendo le azioni corporee al centro dell’indagine. Seguendo la prospettiva fenomenologica impariamo che il linguaggio è un’impresa sociale nella quale l’azione svolge un ruolo cruciale.

Primo di tutto un avvertimento. Lo scopo delle neuroscienze non è quello di convalidare o confutare le teorie filosofiche. Tuttavia, quando le neuroscienze aspirano a comprendere questioni a livello personale come il linguaggio e il significato, non possono sfuggire a un serio confronto con la filosofia. Ritengo che attraverso un tale dialogo multidisciplinare possa emergere una nuova filosofia della natura.

Probabilmente uno dei più grandi meriti della fenomenologia è quello di aver sottolineato il fatto che ogni forma di coscienza è intenzionale, cioè è *coscienza di qualcosa*, e di aver sottolineato come le forme cognitive delle intenzioni sono radicate nella relazione fra il mondo e le nostre azioni corporee. La fatticità dell’esperienza una-

na è al centro della riflessione di Martin Heidegger, con la sua nozione di essere-nel-mondo.⁵⁷ Secondo Heidegger, l'essere e il mondo devono essere considerati come un fenomeno unitario, intrinsecamente e ontologicamente collegati. Questa prospettiva distrugge sostanzialmente la distinzione fra soggetto e oggetto e quella fra regno interiore ed esteriore.

Nella prospettiva di Heidegger, gli animali e gli esseri umani differiscono profondamente rispetto alle loro relazioni con il mondo. Soltanto gli esseri umani possiedono pienamente un mondo, perché soltanto l'esistenza degli esseri umani ha una vera dimensione storica, la quale, a sua volta, dipende dal linguaggio.⁵⁸ Secondo Heidegger, il linguaggio è significativo perché rivela e dischiude possibilità di azioni contestuali.⁵⁹ Il significato emerge da un mondo storico peculiare al quale gli esseri umani sono collegati attraverso le loro interazioni quotidiane.⁶⁰ Il linguaggio è quindi ontologicamente di natura pratica. Termini come "concetti" e "pensieri", secondo Heidegger possono essere compresi come originantisi nella nostra esperienza pratica del mondo. Questo è ciò che Heidegger vuol dire affermando che il significato ha le sue radici nell'ontologia dell'essere-nel-mondo.⁶¹ L'essere nel mondo precede la riflessione.

La nostra comprensione del significato di una parola come 'tavolo' non deriva dal nostro uso di un gioco linguistico, il quale, al massimo, può specificare quando applicare una data parola come un'etichetta a un dato oggetto nel mondo. Il significato di "tavolo" deriva dal suo uso, da ciò che noi possiamo fare con esso, cioè dalle molteplici e correlate possibilità di azione che esso evoca.⁶²

Oggi le neuroscienze mostrano che l'indagine scientifica del *Körper* (il corpo come sistema mente-corpo) può gettare luce sul *Leib* (il corpo vivo dell'esperienza), in quanto il secondo è espressione vissuta del primo. Gli aspetti neurofisiologici dell'azione non interessano filosofi come Husserl e Heidegger, anche a causa del punto di vista meccanicistico della neurologia all'inizio del secolo scorso. L'approccio fenomenologico, però, mostra chiaramente che il significato non risiede in un mondo platonico già dato di verità ideali ed eterne verso il quale le rappresentazioni mentali si connettono e si conformano. La fenomenologia così adotta una prospettiva parzialmente compatibile con molti risultati empirici delle neu-

roscoienze contemporanee: il significato è il risultato della nostra interazione situata nel mondo.

Con l'avvento del linguaggio, e ancora di più con la "scoperta" del linguaggio scritto, il significato si è amplificato come se si fosse liberato dalla dipendenza da specifiche istanze di esperienza reale. Il linguaggio connette tutte le possibili azioni all'interno di una rete e espande il significato di esperienze individuali situate. Il linguaggio evoca la totalità delle possibilità per l'azione che il mondo ci richiede, e struttura l'azione all'interno di una rete di significati interrelati. Abbracciando questa prospettiva, segue che se noi confiniamo il linguaggio al suo solo uso predicativo, reifichiamo una parte consistente della natura del linguaggio. La nostra comprensione delle espressioni linguistiche non è solamente un'attitudine epistemica, è un modo di essere. Il nostro modo di essere, a sua volta, dipende da ciò che facciamo, da come lo facciamo, e da come il mondo ci risponde.

La relazione fra linguaggio e corpo è sottolineata anche da Maurice Merleau-Ponty.⁶³ Secondo Merleau-Ponty la significazione risveglia la parola come il mondo risveglia e sollecita il corpo. Per il soggetto parlante esprimere un significato è divenire pienamente cosciente di esso. In altre parole, l'intenzione significativa del parlante può essere concepita come una lacuna che deve essere riempita con parole. Quando noi parliamo, attraverso le reti neurali condivise attivate dalla simulazione incarnata, noi sperimentiamo la presenza degli altri in noi stessi e di noi stessi negli altri. Questo rispecchiamento verosimilmente aiuta a riempire la lacuna.

Un ulteriore contributo al chiarimento della relazione fra linguaggio, azione e esperienza è stato dato dalla fenomenologia ermeneutica di Paul Ricoeur. Secondo Ricoeur, il linguaggio è in primo luogo e soprattutto *discorso*, e dunque «il legame mimetico tra l'azione del dire e l'azione effettiva non è mai completamente reciso».⁶⁴ Lo sviluppo ermeneutico della fenomenologia nell'approccio di Ricoeur connette l'intenzionalità al significato: il senso logico del linguaggio deve essere fondato in una nozione più ampia di significato che è coestensiva alla nozione d'intenzionalità.⁶⁵ Nell'opera *Dal testo all'azione*⁶⁶ Ricoeur sviluppa la storica dicotomia introdotta in linguistica da de Saussure⁶⁷ e da Hjelmslev⁶⁸ fra *lingua* e *parola* o fra

schema e *uso*, rispettivamente, e traccia un'importante distinzione tra il linguaggio formale studiato dalla linguistica strutturalista e il discorso, e particolarmente la sua forma originale: il linguaggio parlato. Secondo Ricoeur il discorso deve essere considerato come un evento che accade nel tempo e nello spazio ad un parlante, il quale parla di qualcosa. Attraverso il discorso, il linguaggio acquisisce un mondo situato. È nel discorso che tutti i significati sono veicolati, quindi «(...) Il discorso non soltanto ha un mondo ma ha un altro, un'altra persona, un interlocutore a cui è indirizzato».69

L'approccio proposto dalla fenomenologia che lega il linguaggio all'azione all'interno di un inquadramento intersoggettivo suggerisce che l'indagine neuroscientifica di ciò che il linguaggio è, e di come funziona, dovrebbe cominciare dal dominio dell'azione. Questa indagine ha già prodotto risultati notevoli. Il SNS fornisce un meccanismo associativo che sembra giocare un ruolo importante nella cognizione sociale, così che esso sembra essere un buon candidato anche per fondare la natura sociale del linguaggio.

Un numero crescente di prove mostra che gli esseri umani, quando elaborano il linguaggio, per mezzo della simulazione incarnata attivano il sistema motorio ai vari livelli che tradizionalmente descrivono il linguaggio.70 Due di questi livelli saranno qui oggetto di discussione. Il primo livello, definito come "simulazione incarnata del livello del veicolo", attiene all'aspetto fono-articolatorio del linguaggio. Il secondo livello, definito come "simulazione incarnata del livello del contenuto", riguarda il contenuto semantico di una parola, di un verbo, o di una proposizione.

8. Simulazione incarnata del linguaggio: simulazione a livello del veicolo

È ormai accertato che la regione di Broca, prima considerata un'area dedicata esclusivamente alla produzione della parola, contiene neuroni che sono attivati dall'esecuzione/osservazione/imitazione di espressioni oro-facciali e di azioni della mano. È noto che questa regione è una parte del SNS.71 In un elegante esperimento di stimolazione magnetica transcranica (TMS), Fadiga e altri hanno mostrato

che l'ascolto di fonemi induce un aumento dell'ampiezza dei potenziali motori evocati (MEPs) registrati dai muscoli della lingua coinvolti nella loro esecuzione.⁷² Questi risultati sono stati interpretati come meccanismi di risonanza motoria a livello fonologico.

Queste scoperte hanno trovato un complemento in uno studio di TMS che mostra come l'ascoltare e l'osservare espressioni buccali che si producono durante il parlare, aumentino l'ampiezza delle MEPs registrato dai muscoli delle labbra di chi guarda e ascolta.⁷³ Un recente studio fMRI dimostra l'attivazione delle aree motorie dedicate alla produzione della parola durante l'ascolto passivo di fonemi.⁷⁴ Infine, si è mostrato che durante l'ascolto del linguaggio, le dimensioni aumentate dei MEPs ottenuti da TMS sopra l'area frontale della corteccia motoria primaria sono correlate con l'aumento del flusso sanguigno nell'area di Broca.⁷⁵ Questo suggerisce che l'attivazione del SNS per le espressioni facciali nella corteccia premotoria facilita l'output della corteccia motoria primaria ai muscoli facciali evocato dalla TMS.

Non soltanto la percezione del linguaggio, ma anche il monologo interiore attiva il sistema motorio. McGuigan e Dollins⁷⁶ hanno mostrato mediante l'EMG che la lingua e i muscoli delle labbra sono attivati nel monologo interiore allo stesso modo del linguaggio esplicito. Uno studio fMRI di Wildgruber e altri⁷⁷ mostra che la corteccia motoria primaria si attiva durante il monologo interiore. Infine, uno studio recente di Aziz-Zadeh e altri⁷⁸ mostra l'arresto del monologo interiore dopo una inattivazione transitoria con TMS ripetitiva della corteccia motoria primaria sinistra e della area premotoria 44 di sinistra.

La presenza nella regione di Broca di rappresentazioni motorie sia della mano che della bocca può non soltanto gettare luce sull'evoluzione del linguaggio,⁷⁹ ma anche sulla sua ontogenesi negli esseri umani. Una salda relazione fra lo sviluppo delle abilità motorie manuali e orali è stata ripetutamente documentata nei bambini. Goldin-Meadow⁸⁰ ha proposto che la produzione del linguaggio e i movimenti delle mani correlati al linguaggio potrebbero essere considerati come *outputs* dello stesso processo. Il classico balbettio nei bambini di sei-otto mesi è accompagnato da movimenti ritmici delle mani.⁸¹ Bambini udenti nati da genitori sordi mostrano movimenti delle mani con ritmi simili ai balbettii. I gesti delle mani preannun-

ciano il prossimo sviluppo del linguaggio nel bambino, e, a quanto sembra, predicono il successivo raggiungimento del livello in cui il bambino è in grado di combinare due parole tra loro.⁸²

La stessa relazione fra il gesticolare manuale e orale correlato al linguaggio persiste nell'età adulta. Diversi lavori di Gentilucci e colleghi⁸³ hanno mostrato l'esistenza di una stretta correlazione fra la produzione linguistica e l'esecuzione/osservazione di gesti delle braccia e delle mani. Questo suggerisce che i sistemi coinvolti nella produzione del linguaggio condividono (e possono derivare da) i circuiti neurali premotori coinvolti nel controllo dei movimenti del braccio e della mano.

In un recente studio Gentilucci e altri⁸⁴ hanno mostrato che azioni differenti osservate influenzano la cinematica che modella le labbra e le formanti della voce dell'osservatore. L'osservazione dell'afferrare influenza la prima formante, che è collegata con l'apertura della bocca, mentre l'osservazione del portare alla bocca influenza la seconda formante dello spettro vocale, collegata alla posizione della lingua. Tutti questi effetti sono più grandi nei bambini che negli adulti. Come proposto da Gentilucci e altri,⁸⁵ questo meccanismo può aver facilitato il salto evolutivo da un primitivo sistema di comunicazione gestuale al linguaggio. Gli aspetti fono-articolatori della produzione del linguaggio, in linea di principio remotissimi dal significato, mostrano connessioni inaspettate con l'esecuzione/osservazione di atti motori del braccio socialmente significativi.

In uno studio molto recente, Bernardis e Gentilucci⁸⁶ hanno mostrato che la parola e il corrispondente gesto comunicativo del braccio si influenzano reciprocamente quando sono emessi simultaneamente. Insomma, le parole pronunciate e i gesti comunicativi e simbolici sono codificati come un segnale singolo da un unico sistema di comunicazione all'interno della corteccia premotoria.

Il coinvolgimento nell'aria premotoria di Broca nel tradurre le rappresentazioni di gesti comunicativi delle braccia in gesti articolati della bocca è stata recentemente confermata dall'inattivazione transitoria di dell'area 44 con TMS ripetitiva.⁸⁷ Dal momento che l'area 44 è parte del SNS, è plausibile supporre che la simulazione incarnata del significato comunicativo dei gesti sia fusa con l'articolazione dei suoni richiesti per esprimerlo in parole. Sembra che nell'area premo-

toria 44, “veicolo” e “contenuto” della comunicazione sociale siano saldamente interconnessi. Questo è coerente con alcuni assunti dell’approccio “costruzionista” al linguaggio, secondo il quale *tutti* i livelli di descrizione linguistica coinvolgono un accoppiamento di forme con funzioni semantico/discorsive.⁸⁸

9. Simulazione incarnata e linguaggio: simulazione a livello del contenuto

Si è, classicamente, ritenuto che la comprensione del significato di una frase, senza riguardo al suo contenuto, dovesse fondarsi su rappresentazioni mentali simboliche e amodali.⁸⁹ Un’ipotesi alternativa assume che la comprensione del linguaggio si fondi sull’“incorporazione”.⁹⁰

Secondo la teoria dell’incorporazione, le strutture neurali che presiedono all’esecuzione dell’azione dovrebbero giocare anche un ruolo nella comprensione del contenuto semantico delle stesse azioni quando siano descritte verbalmente. I dati empirici mostrano che le cose stanno proprio così. Glenberg e Kashak hanno chiesto ad alcuni soggetti di giudicare se una frase letta era sensata o priva di senso muovendo la loro mano verso un pulsante l’azionamento del quale richiedeva un movimento o di allontanamento dal corpo (in un caso) o di avvicinamento (nell’altro).⁹¹ I lettori rispondevano più velocemente alle frasi che descrivevano azioni la cui direzione era congruente con il movimento richiesto per la risposta. Questo mostra chiaramente che l’azione contribuisce alla comprensione della frase.

Il risultato più sorprendente di questo studio, tuttavia, è stato che la relazione fra la stessa direzione del movimento della frase e la direzione della risposta è stata anche trovata con gli enunciati astratti che descrivono il trasferimento di informazione da una persona all’altra come “Elisabetta ti ha raccontato una storia” vs. “tu hai raccontato una storia a Elisabetta”. Questi ultimi risultati estendono il ruolo della simulazione dell’azione alla comprensione di enunciati che descrivono situazioni astratte.⁹²

Una previsione che la teoria dell’incorporamento per la comprensione del linguaggio offre, è che quando gli individui ascoltano

frasi correlate ad azioni, il loro SNS dovrebbe essere modulato. L'effetto di questa modulazione dovrebbe influenzare l'eccitabilità della corteccia motoria primaria, e di qui la produzione del movimento che essa controlla. Per verificare tale ipotesi abbiamo condotto due esperimenti.⁹³ Nel primo esperimento, attraverso un singolo impulso TMS sono stati stimolati – in due sessioni sperimentali distinte – l'area motoria della mano o del piede/gamba dell'emisfero sinistro, mentre i partecipanti stavano ascoltando frasi che esprimevano azioni della mano o del piede. Ascoltare frasi dal contenuto astratto è servito come controllo. I potenziali motori evocati (MEPs) venivano registrati dai muscoli della mano e del piede. I risultati mostrano che le registrazioni MEPs della mano erano specificamente modellate dall'ascoltare frasi collegate all'azione della mano, come le registrazioni MEPs dei muscoli del piede dall'ascolto di frasi collegate ad azioni del piede.

Nel secondo esperimento comportamentale i partecipanti dovevano rispondere con la mano o con il piede mentre ascoltavano frasi che esprimevano azioni della mano e del piede, confrontate a frasi astratte. Coerentemente con i risultati ottenuti dalla TMS, i tempi di reazione dei due effettori erano specificamente modulati dalle frasi udite congruenti agli effettori. Questi dati mostrano che le elaborazioni di frasi che descrivono azioni attivano settori differenti del sistema motorio, che dipendono dall'effettore usati nell'azione ascoltata.⁹⁴

Diversi studi hanno mostrato che l'elaborazione di materiale linguistico correlato all'azione al fine di comprenderne il significato, attiva regioni del sistema motorio congruenti con il contenuto semantico elaborato. Hauk e altri hanno mostrato in un studio di fMRI che la lettura silenziosa di parole che si riferiscono a movimenti della faccia, del braccio o della gamba (per esempio leccare, raccogliere, calciare) conducono all'attivazione di differenti settori delle aree motorie e premotorie che controllano gli atti motori del corpo congruenti con il significato referenziale delle parole di azione lette.⁹⁵ Tettamanti e altri hanno mostrato che l'ascoltare frasi che esprimono azioni eseguite con la bocca, la mano e il piede, produce attivazione di settori differenti della corteccia premotoria, che dipendono dall'effettore usato nell'enunciato correlato all'azione udito dai partecipanti.⁹⁶ Questi settori premotori attivati corrispondono, grosso mo-

do, a quelli attivi durante l'osservazione delle azioni della mano, della bocca e del piede.⁹⁷ Questi risultati sono stati recentemente replicati e sviluppati da Aziz-Zadeh e altri, che hanno mostrato con un'analisi dettagliata che le stesse regioni corticali attivate dall'osservazione dell'azione erano anche attivate dalla comprensione di frasi correlate all'azione.⁹⁸

Il SNS è implicato non soltanto nella comprensione delle azioni presentate visivamente, ma anche nella mappatura degli enunciati correlati all'azione presentati acusticamente o visivamente. Deve essere aggiunto, tuttavia, che la precisa rilevanza funzionale ed il contributo del SNS e della simulazione incarnata nel processo di comprensione del linguaggio devono essere meglio chiariti. Si potrebbe sostenere che la loro implicazione rifletta semplicemente l'immaginazione motoria indotta dal processo di comprensione, il quale, a sua volta, potrebbe avvenire da qualche altra parte, ad esempio all'interno di una supposta "parte del cervello specifica per il linguaggio", qualunque cosa essa possa essere. Lo studio della dinamica spazio temporale dell'elaborazione del linguaggio diviene cruciale nel decidere tale questione.

Gli esperimenti sui potenziali evento-correlati (ERP) durante la lettura silenziosa di parole che descrivono azioni di faccia, braccio o gamba mostrano attivazioni differenziali somatotipicamente specifiche già 200 ms dopo l'apparizione della parola, con una più forte sorgente frontale inferiore per le parole collegate alla faccia, e una sorgente massimale superiore per le parole collegate alla gamba.⁹⁹ Questa precoce attivazione differenziale può essere difficilmente riconciliata con l'ipotesi della "tardiva immaginazione motoria", mentre è più coerente con l'ipotesi della simulazione incarnata nella comprensione del linguaggio.

Questi risultati supportano l'idea che i primi processi lessico semantici scatenati dallo stimolo avvengano all'interno della corteccia premotoria. Pulvermuller e altri utilizzando la magnetoencefalografia (MEG) ha mostrato che le aree uditive del lobo temporale superiore sinistro si attivano 136 ms dopo che l'informazione dello stimolo acustico è stata sufficiente per identificare la parola, e l'attivazione della corteccia frontale inferiore sinistra segue dopo un ritardo addizionale di soli 22 ms.¹⁰⁰

Insomma, benché questi risultati non siano conclusivi circa la rilevanza della simulazione incarnata dell'azione per la comprensione per linguaggio, mostrano che la simulazione è specifica, automatica, ed ha una dinamica temporale compatibile con tale funzione.¹⁰¹ Bisogna aggiungere che diversi studi neuropsicologici mostrano che lesioni frontali che coinvolgono la corteccia premotoria producono deficit nella comprensione dei verbi di azione.¹⁰² Certamente abbiamo bisogno di più ricerche. Ulteriori studi su soggetti sani e un attento studio neuropsicologico dei pazienti con lesioni cerebrali focali ci diranno molto circa la validità di questa ipotesi.

10. L'“ipotesi dello sfruttamento neurale”

Consideriamo infine le più ampie implicazioni del SNS e della simulazione incarnata per la cognizione sociale, formulando l'“ipotesi dello sfruttamento neurale”. La mia tesi principale è che aspetti chiave della cognizione sociale umana sono prodotti dallo sfruttamento neurale, vale a dire dall'adattamento di meccanismi neuronali originariamente evolutisi per l'integrazione sensomotoria, e più tardi impiegati anche per contribuire all'architettura neurofunzionale del pensiero e del linguaggio, pur continuando a mantenere le loro funzioni originarie.¹⁰³

L'esecuzione di qualunque azione coordinata complessa fa uso di almeno due settori corticali: la corteccia premotoria e la corteccia motoria, collegate da connessioni neurali reciproche. La corteccia motoria controlla in larga misura le sinergie individuali: movimenti relativamente semplici come estendere e flettere le dita, ruotare i polsi, flettere ed estendere il gomito, eccetera. Il ruolo della corteccia premotoria è più complesso: strutturare comportamenti motori semplici in atti motori coordinati. La corteccia premotoria deve così fornire una “struttura di fase” alle azioni, e specificare i giusti valori dei parametri nelle fasi giuste, per esempio mediante l'attivazione di appropriati gruppi di neuroni corticospinali nell'ordine temporale appropriato. Questa informazione è convogliata attraverso connessioni neurali dalla corteccia premotoria a specifiche regioni della corteccia motoria primaria. Analogamente, come esemplifica-

to dal SNS, lo stesso circuito premotorio che controlla l'esecuzione dell'azione realizza anche la simulazione incarnata delle azioni osservate degli altri.

C'è dunque un'architettura neurofunzionale "strutturante" all'interno del sistema premotorio che può funzionare secondo due modalità operative. Nella prima modalità, documentata da alcuni dei dati empirici fin qui considerati, il circuito struttura l'esecuzione dell'azione e della percezione delle azioni altrui, l'imitazione, l'immaginazione, mediante connessioni neurali con i settori motori e/o altre aree sensoriali corticali. Quando l'azione è eseguita o imitata, la via cortico-spinale è attivata, e conduce all'eccitazione dei muscoli e ai conseguenti movimenti. Quando l'azione è osservata o immaginata, l'esecuzione reale è inibita. La rete motoria corticale è attivata (benché, non in tutte le sue componenti e, probabilmente, non con la stessa intensità)¹⁰⁴ ma l'azione non è prodotta, è soltanto simulata.

Nella seconda modalità operativa, lo stesso sistema è dissociato dalle sue funzioni di esecuzione/percezione dell'azione, e può offrire la sua risposta strutturante alle parti non sensomotorie del cervello,¹⁰⁵ fra le quali la corteccia prefrontale dorsale molto verosimilmente gioca un ruolo principale. Quando impegnata nella sua seconda modalità operativa, l'architettura neuro-funzionale del sistema premotorio potrebbe contribuire a controllare la struttura gerarchica del pensiero e del linguaggio.¹⁰⁶ Secondo l'ipotesi dello sfruttamento neurale, la mappatura neurale di differenti atti motori finalizzati a uno scopo della mano e della bocca, le "parole" del vocabolario premotorio¹⁰⁷ non sono soltanto assemblati e collegati a forme di "enunciati di azioni" intenzionali;¹⁰⁸ essi possono anche essere assemblati e collegati per strutturare le frasi del linguaggio e i pensieri.

Attualmente si tratta di pura speculazione. È certamente possibile che la regione di Broca e la corteccia premotoria ventrale siano multifunzionali, e che il sovrapporsi di funzioni mostrato dall'attivazione dello stesso settore corticale premotorio durante lo svolgimento di compiti collegati al linguaggio e di compiti correlati ad azioni non linguistiche sia soltanto apparente e dovuto alla scarsa risoluzione spaziale dell'attuale tecnologia fMRI. Tuttavia, deve essere sottolineato che l'ipotesi dello sfruttamento neurale ha il merito di offrire elementi per fondare neurofunzionalmente le relazioni si-

stematiche osservate fra il linguaggio e l'attivazione di settori premotori della corteccia frontale. Certamente non ci si può accontentare della mera affermazione, per esempio, che la sintassi risiede nella regione di Broca senza spiegare perché: vale a dire senza una chiara comprensione di ciò che fa della regione di Broca un'area corticale "deputata alla sintassi".

11. Conclusioni

La dotazione cognitiva sociale della nostra specie è probabilmente il risultato dell'evoluzione e della selezione naturale di meccanismi che non erano specifici per la lettura della mente altrui. L'ipotesi dello sfruttamento neurale è parsimoniosa, perché postula che lo sviluppo quantitativo dell'architettura neuro-funzionale pre-esistente possa produrre un'evoluzione qualitativa di abilità sociali cognitive differenti, incluso il linguaggio.

Il SNS è stato chiamato in causa per spiegare molti aspetti diversi della cognizione sociale, come l'imitazione,¹⁰⁹ l'azione e la comprensione dell'intenzione,¹¹⁰ la lettura della mente,¹¹¹ l'empatia,¹¹² e il suo collegamento all'esperienza estetica,¹¹³ il linguaggio.¹¹⁴ La supposta importanza dei neuroni specchio per una migliore comprensione della cognizione sociale, insieme con una sorta di sovraesposizione e banalizzazione mediatica, ha generato in alcuni settori della scienza cognitiva resistenza, critiche e anche un senso di irritazione.

Penso che sia doverosa una chiarificazione. La rilevanza del SNS in così tanti differenti aspetti della cognizione sociale non deriva da una caratteristica specifica di queste cellule neurali, come se i neuroni specchio fossero "neuroni magici", per così dire. I neuroni specchio derivano le loro proprietà funzionali da specifiche connessioni input-output che essi intrattengono con altre popolazioni di neuroni nel cervello.

Il SNS e il meccanismo funzionale che ne descrive l'attività (la simulazione incarnata), sono implicati in così tanti aspetti della cognizione sociale perché l'attivazione di molteplici e paralleli circuiti cortico-corticali che manifestano proprietà di rispecchiamento fondano un aspetto centrale della cognizione sociale, cioè *la correlazio-*

ne e la reciprocità multi livello fra individui all'interno di un gruppo sociale. Tale correlazione trova le sue radici filogenetiche e ontogenetiche nella condivisione sociale di esperienze situate di azioni ed affetti. Il SNS fornisce la base neurale per una tale condivisione. La simulazione incarnata e il SNS certamente non possono fornire un pieno ed esaustivo resoconto delle nostre sofisticate capacità cognitive e sociali. Tuttavia, credo che i dati empirici presentati qui, indichino che i meccanismi d'incorporamento coinvolti nell'attivazione del sistema motorio, di cui il SNS è parte, svolgano un ruolo fondamentale nella cognizione sociale, incluso il linguaggio. Un secondo merito di questa ipotesi è che consente di fondare la cognizione sociale nel dominio esperienziale dell'esistenza, così pesantemente dipendente dall'azione.¹¹⁵

Dotare le parole di un significato richiede una fusione fra i suoni articolati delle parole e il significato condiviso dell'esperienza dell'azione. La simulazione incarnata fa esattamente questo. Inoltre, cosa ancora più importante, l'ipotesi dello sfruttamento neurale sostiene che la simulazione incarnata e il forniscono i mezzi per condividere le intenzioni comunicative e il significato, e così garantiscono i requisiti di parità della comunicazione sociale. Questo può fornire un fondamento neuroscientifico a quegli aspetti del linguaggio indagati dagli psicolinguisti come, fra gli altri, i modelli situazionali ed le concezioni collaborative e interattive della conversazione, secondo le quali la percezione di ambienti e comportamenti condivisi aiuta a mantenere l'allineamento fra i partecipanti alla conversazione.¹¹⁶

Attribuendo all'azione il ruolo cruciale che essa svolge nel fondare esperienzialmente il significato che condividiamo con gli altri, l'ipotesi dello sfruttamento neurale sottolinea che lo studio comparativi a più livelli del sistema premotorio del cervello dei primati è un necessario punto di partenza per una migliore comprensione della cognizione sociale e, più generalmente, per una migliore comprensione della condizione umana.

Traduzione dall'inglese di Marco Salucci

Note

- 1 Di prossima pubblicazione in Jaime Pineda (a cura di), *Mirror Neuron Systems: The Role of Mirroring processes in Social Cognition*, (a cura di), The Humana Press, Totowa NY. Questo lavoro è stato sostenuto dal MIUR (Ministero italiano dell'università e della ricerca) e dai finanziamenti europei NESTCOM e DISCOS.
- 2 J. Bruner, *Actual Minds, Possible Worlds*, Harvard University Press, Cambridge MA 1986, p. 86.
- 3 Cfr. G. Rizzolatti, V. Gallese, *From action to meaning*, in J.-L. Petit (a cura di), *Les Neurosciences et la Philosophie de l'Action*, Librairie Philosophique J. Vrin, Paris 1997, pp. 217-29.
- 4 Vedi oltre.
- 5 Cfr. D.H. Hutto, *The limits of spectatorial Folk Psychology*, "Mind and Language", 19, 2004, pp. 548-73.
- 6 J. Bruner, *Acts of Meaning*, Harvard University Press, Cambridge MA 1993, p. 40.
- 7 Cfr. M.R. Bennett, P.M.S. Hacker, *Philosophical Foundations of Neuroscience*, Blackwell Publishing 2003.
- 8 Vedi anche L. Wittgenstein, *Philosophical Investigations*, Oxford University Press, Oxford 1953, § 281.
- 9 V. Gallese, *The inner sense of action: agency and motor representations*, "Journal of Consciousness Studies", 7, 2000, pp. 23-40; Id., *The "Shared Manifold" Hypothesis: from mirror neurons to empathy*, "Journal of Consciousness Studies", 8, n. 5-7, 2001, pp. 33-50.
- 10 Vedi: L.R. Santos, A.G. Nissen, J.A. Ferrugia, *Rhesus monkeys, Macaca mulatta, know what others can and cannot hear*, "Animal Behavior", 71, 2006, pp. 1175-81; J.L. Flombaum, L.R. Santos, *Rhesus monkeys attribute perceptions to others*, "Current Biology", 15, 2006, pp. 447-52.
- 11 V. Gallese, *The "Shared Manifold" Hypothesis: from mirror neurons to empathy*, cit.; Id., *The manifold nature of interpersonal relations: The quest for a common mechanism*, "Phil. Trans. Royal Soc. London B.", 358, 2003, pp. 517-28; Id., *The roots of empathy: The shared manifold hypothesis and the neural basis of intersubjectivity*, "Psychopathology", 4 (36), 2003, pp. 171-80; Id., *Embodied simulation: from neurons to phenomenal experience*, "Phenomenology and the Cognitive Sciences", 4, 2005, pp. 23-48; Id., *"Being like me": self-other identity, mirror neurons and empathy*, in S. Hurley, N. Chater (a cura di), *Perspectives on Imitation: From Cognitive Neuroscience to Social Science*, MIT Press, Cambridge MA, 2005, vol. 1, pp. 101-18.

- 12 V. Gallese, L. Fadiga, L. Fogassi, G. Rizzolatti, *Action recognition in the premotor cortex*, "Brain", 119, 1996, pp. 593-609; G. Rizzolatti, L. Fadiga, V. Gallese, L. Fogassi, *Premotor cortex and the recognition of motor actions*, "Cog. Brain Res.", 3, 1996, pp. 131-41.
- 13 V. Gallese, L. Fogassi, L. Fadiga, G. Rizzolatti, *Action Representation and the inferior parietal lobule*, in W. Prinz, B. Hommel (a cura di), *Attention and Performance XIX*, Oxford University Press, Oxford 2002, pp. 247-66; L. Fogassi, P.F. Ferrari, B. Gesierich, S. Rozzi, F. Chersi, G. Rizzolatti, *Parietal lobe: From action organization to intention understanding*, "Science", 302, 2005, pp. 662-67.
- 14 V. Gallese, L. Fadiga, L. Fogassi, G. Rizzolatti, G., *Action recognition in the premotor cortex*, cit.; G. Rizzolatti, L. Fadiga, V. Gallese, L. Fogassi, *Premotor cortex and the recognition of motor actions*, cit.; G. Rizzolatti, V. Gallese, *From action to meaning*, cit.
- 15 M.A. Umiltà, E. Kohler, V. Gallese, L. Fogassi, L. Fadiga, C. Keysers, G. Rizzolatti, *"I know what you are doing": a neurophysiological study*, "Neuron", 32, 2001, pp. 91-10.
- 16 G. Knoblich, J.S. Jordan, *The mirror system and joint action*, in M.I. Stamenov, V. Gallese (a cura di), *Mirror neurons and the evolution of brain and language*, John Benjamins, Amsterdam 2002, pp. 115-24.
- 17 Ivi, p. 16
- 18 Shaun Gallagher (in corso di stampa) Gallagher, S. (in corso di stampa), *Neural simulation and social cognition*, in J. A. Pineda (a cura di), *Mirror Neuron Systems: The Role of Mirroring Processes in Social Cognition*, Humana Press, Totowa NY.
- 19 Studi condotti su infanti umani hanno rivelato in modo coerente una salda relazione fra l'esperienza motoria e la capacità di valutare l'essere relazionati a uno scopo delle azioni degli altri (vedi A.L. Woodward, *Infants selectively encode the goal object of an actor's reach*, "Cognition", 69, 1998, pp. 1-34; J.A. Sommerville, A. Woodward, *Pulling out the intentional structure of action: the relation between action processing and action production in infancy*, "Cognition", 95(1), 2005, pp. 1-30; T. Falck-Ytter, G. Gredeback., C. von Hofsten, *Infant predict other people's action goals*, "Nat. Neureusci.", 9(7), 2006, pp. 878-79).
- 20 M.A. Umiltà, E. Kohler, V. Gallese, L. Fogassi, L. Fadiga, C. Keysers, G. Rizzolatti, *"I know what you are doing": a neurophysiological study*, cit.
- 21 E. Kohler, C. Keysers, M.A. Umiltà, L. Fogassi, V. Gallese, G. Rizzolatti, *Hearing sounds, understanding actions: Action representation in mirror neurons*, "Science", 297, 2002, pp. 846-48.
- 22 Vedi V. Gallese, *A neuroscientific grasp of concepts: From control to representation*, "Phil. Trans. Royal Soc. London B.", 358, 2003, pp. 1231-40; V.

- Gallese, G. Lakoff, *The brain's concepts: The Role of the Sensory-Motor System in Reason and Language*, "Cognitive Neuropsychology", 22, 2005, pp. 455-79.
- 23 P.F. Ferrari, V. Gallese, G. Rizzolatti, L. Fogassi, *Mirror neurons responding to the observation of ingestive and communicative mouth actions in the monkey ventral premotor cortex*, "European Journal of Neuroscience", 17, 2003, pp. 1703-14.
- 24 *Ibidem*.
- 25 G. Rizzolatti, M.A. Arbib, *Language within our grasp*, "Trends Neurosci.", 21, 1998, pp. 188-94; K. Nelissen, G. Luppino, W. Vanduffel, G. Rizzolatti, G.A. Orban, *Observing others: multiple action representation in the frontal lobe*, "Science", 310, 2005, pp. 332-36.
- 26 L. Fogassi, P.F. Ferrari, B. Gesierich, S. Rozzi, F. Chersi, G. Rizzolatti, *Parietal lobe: From action organization to intention understanding*, cit.
- 27 G. Rizzolatti, R. Camarda, M. Fogassi, M. Gentilucci, G. Luppino, M. Matelli, *Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey: II. Area F5 and the control of distal movements*, "Exp. Brain Res.", 71, 1988, pp. 491-507.
- 28 Per una rassegna cfr. G. Rizzolatti, L. Fogassi, V. Gallese, *Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action*, "Nature Neuroscience Reviews", 2, 2001, pp. 661-70; V. Gallese, *The manifold nature of interpersonal relations: The quest for a common mechanism*, cit.; Id., *The roots of empathy: The shared manifold hypothesis and the neural basis of intersubjectivity*, cit.; Id., *Intentional attunement: A neurophysiological perspective on social cognition and its disruption in autism*, "Exp. Brain Res. Cog. Brain Res.", 1079, 2006, pp. 15-24; V. Gallese, C. Keysers, G. Rizzolatti, *A unifying view of the basis of social cognition*, "Trends in Cognitive Sciences", 8, 2004, pp. 396-403; G. Rizzolatti, L. Craighero, *The mirror neuron system*, "Ann. Rev. Neurosci.", 27, 2004, pp. 169-92.
- 29 G. Buccino, F. Binkofski, G.R. Fink, L. Fadiga, L. Fogassi, V. Gallese, R.J. Seitz, K. Zilles, G. Rizzolatti, H.-J. Freund, *Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study*, "European Journal of Neuroscience", 13, 2001, pp. 400-04; vedi anche L. Aziz-Zadeh, S.M. Wilson, G. Rizzolatti, M. Iacoboni, *Congruent Embodied Representations for Visually Presented Actions and Linguistic Phrases Describing Actions*, "Current Biology", 16, 2006, pp. 1818-23.
- 30 M. Iacoboni, R.P. Woods, M. Brass, H. Bekkering, J.C. Mazziotta, G. Rizzolatti, *Cortical mechanisms of human imitation*, "Science", 286, 1999, pp. 2526-28.
- 31 G. Buccino, F. Lui, N. Canessa, I. Patteri, G. Lagravinese, F. Benuzzi, C.A. Porro, G. Rizzolatti, *Neural circuits involved in the recognition of actions per-*

- formed by nonconspecifics: An fMRI study, "J. Cogn. Neurosci.", 16, 2004, pp. 114-26.
- 32 *Ibidem*.
- 33 M. Iacoboni, I. Molnar-Szakacs, V. Gallese, G. Buccino, J. Mazziotta, G. Rizzolatti, *Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system*, "PLOS Biology", 3, 2005, pp. 529-35.
- 34 Per una rassegna cfr. V. Gallese, *The manifold nature of interpersonal relations: The quest for a common mechanism*, cit.; Id., *The roots of empathy: The shared manifold hypothesis and the neural basis of intersubjectivity*, cit.; Id. Gallese, *Intentional attunement: A neurophysiological perspective on social cognition and its disruption in autism*, cit.; F. de Vignemont, T. Singer, T., *The emphatic brain: how, when, and why?*, "Trends in the cognitive sciences", 10, 2006, pp. 435-41.
- 35 V. Gallese, C. Keysers, G. Rizzolatti, *A unifying view of the basis of social cognition*, cit.
- 36 V. Gallese, *The "Shared Manifold" Hypothesis: from mirror neurons to empathy*, cit.; Id., *The roots of empathy: The shared manifold hypothesis and the neural basis of intersubjectivity*, cit.; Id., *"Being like me": self-other identity, mirror neurons and empathy*, cit.; Id., *Intentional attunement: A neurophysiological perspective on social cognition and its disruption in autism*, cit.; Id., *Before and below Theory of mind: Embodied simulation and the neural correlates of social cognition*, "Proc. Royal Soc. Biol. Biology", 362, 2007, pp. 659-69; V. Gallese, C. Keysers, G. Rizzolatti, *A unifying view of the basis of social cognition*, cit.
- 37 S. Zoia, L. Blason, G. D'Ottavio, M. Bulgheroni, E. Pezzetta, A. Scabar, U. Castiello, U. (2007), *Evidence of early development of action planning in the human foetus: a kinematic study*, "Exp. Brain Res.", 2007, 176, pp. 217-26.
- 38 S. Braten, *Dialogic Mind: The infant and the adult in protoconversation*, in M. Carvallo (a cura di), *Nature, Cognition and System*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 1988, vol. I, pp. 187-205; Id., *The virtual other in infants' minds and social feelings*, in H. Wold (a cura di), *The Dialogical alternative*, Scandinavian University Press, Oslo 1992, pp. 77-97; Id., *On being moved: From Mirror neurons to Empathy*, John Benjamins Publishing Company, 2007, pp. 333; A.N. Meltzoff, M.K. Moore, *Infant inter-subjectivity: Broadening the dialogue to include imitation, identity and intention*, in S. Braten (a cura di), *Intersubjective communication and emotion in early ontogeny*, Cambridge University Press, Paris 1998, pp. 47-62; A.N. Meltzoff, R. Brooks, *"Like me" as a building block for understanding other minds: Bodily acts, attention, and intention*, in B.F. Malle, L.J. Moses, D.A. Baldwin (a cura di), *Intentions and intentionality: Foundations of social cognition*, MIT Press, Cambridge MA 2001, pp. 171-91; D.N. Stern, *The Interpersonal World of the*

- Infant*, Karnac Books, London 1985; C. Trevarthen, *Communication and co-operation in early infancy: a description of primary intersubjectivity*, in M. Bullowa (a cura di), *Before Speech: The Beginning of Interpersonal Communication*, Cambridge University Press, New York 1979, pp. 321-47; Id., *The self born in intersubjectivity: An infant communicating*, in U. Neisser (a cura di), *The Perceived Self*, Cambridge University Press, New York 1993, pp. 121-73; E. Tronick, *Emotion and emotional communication in infants*, "American Psychologist", 44, 1989, pp. 112-19.
- 39 L.Q. Uddin, J.T. Kaplan, I. Molnar-Szakacs, E. Zaidel, M. Iacoboni, *Self-face recognition activates a frontoparietal "mirror" network in the right hemisphere: an event-related fMRI study*, "Neuroimage", 25, 2005, pp. 926-35; Idd., *rTMS to the right inferior parietal lobule disrupts self-other discrimination*, "Soc. Cogn. Affect Neurosci.", 1, 2006, pp. 65-71.
- 40 A.N. Meltzoff, R. Brooks, R., *"Like me" as a building block for understanding other minds: Bodily acts, attention, and intention*, cit.; A.N. Meltzoff, *"Like me": a foundation for social cognition*, "Dev. Sci.", 10, 2007, pp. 126-34; Id., *The "like me" framework for recognizing and becoming an intentional agent*, "Acta Psychol.", 12, 2007, pp. 26-43.
- 41 Vedi V. Gallese, *The "Shared Manifold" Hypothesis: from mirror neurons to empathy*, cit.; Id., *The manifold nature of interpersonal relations: The quest for a common mechanism*, cit.; Id., *The roots of empathy: The shared manifold hypothesis and the neural basis of intersubjectivity*, cit.; Id., *"Being like me": self-other identity, mirror neurons and empathy*, cit.; Id., *Embodied simulation: from neurons to phenomenal experience*, cit.
- 42 V. Gallese, *The "Shared Manifold" Hypothesis: from mirror neurons to empathy*, cit.; Id., *The roots of empathy: The shared manifold hypothesis and the neural basis of intersubjectivity*, cit.
- 43 V. Gallese, *Intentional attunement: A neurophysiological perspective on social cognition and its disruption in autism*, cit.
- 44 Vedi R. Saxe, *Against simulation: The argument from error*, "Trends in Cognitive Sciences", 4, 2005, pp. 174-79.
- 45 L.Q. Uddin, M. Iacoboni, C. Lange, J.P. Keenan, *The self and social cognition: the role of cortical midline structures and mirror neurons*, "Trends Cogn. Sci.", 11, 2007, pp. 153-57.
- 46 P.F. Ferrari, C. Maiolini, E. Adessi, L. Fogassi, E. Visalberghi, *The observation and hearing of eating actions activates motor programs related to eating in macaque monkeys*, "Behav. Brain Res.", 161, 2005, pp. 95-101.
- 47 Paukner e al. 2005 Paukner, A., Anderson, J.R., Borelli, E., Visalberghi, E., Ferrari, P.F. (2005), *Macaques (Macaca nemestrina) recognize when they are being imitated*, "Biol. Lett.", 1, pp. 219-22.

- 48 D.J. Povinelli, T.J. Eddy, *What young chimpanzees know about seeing*, "Monogr Soc Res Child Dev.", 61, 1996, pp. 1-152; D. Povinelli, J. Vonk, *Chimpanzee minds: Suspiciously human?*, "Trends Cogn. Sci.", 7, 2003, pp. 157-60.
- 49 E. Pacherie, J. Dokic, *From mirror neurons to joint action*, "Cognitive Systems Research", 7, 2006, pp. 101-12, p. 106.
- 50 P. Jacob, M. Jeannerod, *The motor theory of social cognition: a critique*, "Trends in Cog. Neurosci.", 9, 2004, pp. 21-25.
- 51 M. Tomasello, M. Carpenter, J. Call, T. Behne, H. Moll, *Understanding and sharing intentions: the origins of cultural cognition*, "Behav Brain Sci.", 28, 2005, pp. 675-91.
- 52 J.L. Flombaum, L.R. Santos, *Rhesus monkeys attribute perceptions to others*, cit.
- 53 L.R. Santos, A.G. Nissen, J.A. Ferrugia, *Rhesus monkeys, Macaca mulatta, know what others can and cannot hear*, cit.
- 54 M. Merleau-Ponty, *Signs*, tr. di R.C. McCleary, Northwestern University Press, Evanston IL 1960/1964, p. 89.
- 55 Barrett e altri 2007 Barrett, L., Henzi, P., Rendall, *Social brains, simple minds: does social complexity really require cognitive complexity?* "Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.", 362 (1480), pp. 561-75.
- 56 A. Clark, *Being there: Bringing Brain, Body, and World together again*, MIT Press, Cambridge MA 1997; L.W. Barsalou, *Perceptual symbol systems*, "Behav. Brain Science", 22, 1999, pp. 577-609; G. Lakoff, M. Johnson, *Metaphors We Live By*, University of Chicago Press, Chicago and London 1980; Idd., *Philosophy in the flesh*, Basic Books, New York 1999; M.L. Anderson, *Embodied cognition: A field guide*, "Artificial Intelligence", 149, 2003, pp. 91-130; V. Gallese, *The manifold nature of interpersonal relations: The quest for a common mechanism*, cit.; L. Barrett, P. Henzi, *The social nature of primate cognition*, "Proc. Royal Soc. Biology", 272, 2005, pp. 1865-75; P.M. Niedenthal, L.W. Barsalou, P. Winkielman, S. Krauth-Gruber, F. Ric, *Embodiment in Attitudes, Social Perception, and Emotion*, "Personality and Social Psychology Review", 9, 2005, pp. 184-211.
- 57 M. Heidegger, *Being and time*, tr. di John Macquarrie, Edward Robinson, Harper & Row, New York 1927/1962.
- 58 M. Heidegger, *The Fundamental Concepts of Metaphysics. World, Finitude, Solitude*, tr. di William McNeill and Nicholas Walker, Indiana University Press, Bloomington 1929/1995.
- 59 M. Heidegger, *Being and time*, cit.
- 60 M. Heidegger, *History of the Concept of Time*, tr. di Theodore Kisiel, Indiana University Press, Bloomington 1925/1985.

- 61 M. Heidegger, *Being and time*, cit.
- 62 Vale la pena di notare quanto tempo c'è voluto perché una simile prospettiva emergesse nel campo della psicologia cognitiva.
- 63 M. Merleau-Ponty, *Signs*, cit.
- 64 P. Ricoeur, *From Text to Action. Essays in Hermeneutics*, vol. II, tr. di K. Blamey, J. B. Tompson, Northwestern University Press, Evanston, Illinois 1986/1991, p. XIV.
- 65 Ivi, p. 40.
- 66 P. Ricoeur, *From Text to Action. Essays in Hermeneutics*, cit.
- 67 F. de Saussure, *Course in General Linguistics*, tr. di W. Baskins, Fontana/Collins, London 1973/1974.
- 68 J. Hjelmslev, *Essais Linguistiques*, Circle linguistique de Copenhagen, Copenhagen 1959.
- 69 P. Ricoeur, *From Text to Action. Essays in Hermeneutics*, cit.
- 70 Non è ancora chiaro in quale misura questi livelli possano essere concepiti come distintamente rappresentati in parti diverse del cervello.
- 71 S. Bookheimer, *Functional MRI of Language: New approaches to understanding the cortical organization of semantic processing*, "Annual Review of Neuroscience", 25, 2002, pp. 151-88; G. Rizzolatti, L. Craighero, *The mirror neuron system*, cit.; N. Nishitani, M. Schurmann, K. Amunts, R. Hari, *Broca's region: From action to language*, "Physiology", 20, 2005, pp. 60-69.
- 72 L. Fadiga, L. Craighero, G. Buccino, G. Rizzolatti, *Speech listening specifically modulates the excitability of tongue muscles: a TMS study*, "Eur. J. Neurosci.", 15, 2002, pp. 399-402.
- 73 K.E. Watkins, A.P. Strafella, T. Paus, *Seeing and hearing speech excites the motor system involved in speech production*, "Neuropsychologia", 41(8), 2003, pp. 989-94.
- 74 S.M. Wilson, A.P. Saygin, M.I. Sereno, M. Iacoboni, *Listening to speech activates motor areas involved in speech production*, "Nat. Neurosci.", 7, 2004, pp. 701-02.
- 75 K.E. Watkins, T. Paus, *Modulation of motor excitability during speech perception: the role of Broca's area*, "J. Cogn. Neurosci.", 16, 2004, pp. 978-87.
- 76 F.J. McGuigan, A.B. Dollins, *Patterns of covert speech behavior and phonetic coding*, "Pavlovian Journal of Biological Science", 1989, 24, pp. 19-26.
- 77 D. Wildgruber, H. Ackermann, U. Klöse, B. Kardatzki, W. Grodd, *Functional lateralization of speech production at primary motor cortex: A fMRI study*, "NeuroReport", 7, 1996, pp. 2791-95.
- 78 L. Aziz-Zadeh, L. Cattaneo, M. Rochat, G. Rizzolatti, *Covert speech arrest in-*

- duced by rTMS over both motor and nonmotor left hemisphere frontal sites, "Journal of Cognitive Neuroscience", 17, 2005, pp. 928-38.
- 79 L. Fadiga, V. Gallese, *Action representation and language in the brain*, "Theoretical Linguistics", 23, 1997, pp. 267-80; G. Rizzolatti, M.A. Arbib, *Language within our grasp*, cit.; M.C. Corballis, *From Hand to Mouth: The Origins of Language*, Princeton University Press, Princeton NJ. 2002; Id., *FOXP2 and the mirror system*, "Trends in the cognitive sciences", 8, 2004, pp. 95-96; M.A. Arbib, *From monkey-like action recognition to human language: an evolutionary framework for neurolinguistics*, "Behavioral and Brain Sciences", 28, 2005, pp. 105-68; M. Gentilucci, M.C. Corballis, *From manual gesture to speech: a gradual transition*, "Neurosci Biobehav. Rev.", 30, 2006, pp. 949-60.
- 80 S. Goldin-Meadow, *The role of gesture in communication and thinking*, "Trends in Cognitive Sciences", 3, 1999, pp. 419-29.
- 81 N. Masataka, *Why early linguistic milestones are delayed in children with Williams syndrome: late onset of hand banging as a possible rate-limiting constraint on the emergence of canonical babbling*, "Developmental Science", 4, 2001, pp. 158-64.
- 82 J.M. Iverson, S. Goldin-Meadow, *Gesture paves the way for language development*, "Psychol. Sci.", 16, 2005, pp. 367-71.
- 83 M. Gentilucci, *Grasp observation influences speech production*, "Europ. J. Neurosci." 17, 2003, pp. 179-84; M. Gentilucci, F. Benuzzi, M. Gangitano, S. Grimaldi, *Grasp with hand and mouth: a kinematic study on healthy subjects*, "Journal of Neurophysiology", 86, 2001, pp. 1685-99; M. Gentilucci, P. Santunione, A.C. Roy, S. Stefanini, *Execution and observation of bringing a fruit to the mouth affect syllable pronunciation*, "European Journal of Neuroscience", 19, 2004, pp. 190-202; M. Gentilucci, S. Stefanini, A.C. Roy, P. Santunione, *Action observation and speech production: study on children and adults*, "Neuropsychologia", 42, 2004, pp. 1554-67.
- 84 M. Gentilucci, S. Stefanini, A.C. Roy, P. Santunione, *Action observation and speech production: study on children and adults*, cit.
- 85 *Ibidem*.
- 86 P. Bernardis, M. Gentilucci, *Speech and gesture share the same communication system*, "Neuropsychologia", 44, 2006, pp. 178-90.
- 87 P. Bernardis, M. Gentilucci, *Speech and gesture share the same communication system*, "Neuropsychologia", 44, 2007, pp. 178-90.
- 88 A.E. Goldberg, *Constructions: A new theoretical approach to language*, "Trends in Cognitive Sciences", 7, 2003, pp. 219-24.
- 89 Z.W. Pylyshyn, *Computation and Cognition: Toward a Foundation for Cognitive Science*, MIT Press, Cambridge MA1984; J. Fodor, *Concepts*, Oxford University Press, Oxford 1998.

- 90 G. Lakoff, M. Johnson, *Metaphors We Live By*, cit.; G. Lakoff, M. Johnson, *Philosophy in the flesh*, cit.; G. Lakoff, *Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind*, University of Chicago Press, Chicago and London 1987; A.M. Glenberg, *What memory is for*, "Behavioral and Brain Sciences", 20, 1997, pp. 1-55; G. Rizzolatti, V. Gallese, *From action to meaning*, in J.-L. Petit (a cura di), *Les Neurosciences et la Philosophie de l'Action*, cit.; L.W. Barsalou, *Perceptual symbol systems*, cit.; F. Pulvermüller, *Word in the brain's language*, "Behavioral Brain Sciences", 22, 1999, pp. 253-36; Id., *The neuroscience of language*, Cambridge University Press, Cambridge UK 2002; A.M. Glenberg, D.A. Robertson, *Symbol grounding and meaning: A comparison of high-dimensional and embodied theories of meaning*, "Journal of Memory and Language", 43, 2000, pp. 379-401; V. Gallese, *A neuroscientific grasp of concepts: From control to representation*, cit.; V. Gallese, G. Lakoff, *The brain's concepts: The Role of the Sensory-Motor System in Reason and Language*, cit.
- 91 A.M. Glenberg, M.P. Kaschak, *Grounding language in action*, "Psychonomic Bulletin & Review", 9, 2002, pp. 558-65.
- 92 Per risultati simili vedi anche A.M. Borghi, A. M. Glenberg, M.P. Kaschak, *Putting words in perspective*, "Memory & Cognition", 32, 2004, pp. 863-73.
- 93 G. Buccino, G. Melli, F. Binkofski, V. Gallese, G. Rizzolatti, *Listening to action-related sentences modulates the activity of the motor system: a combined TMS and behavioral study*, "Cog. Brain Res.", 24, 2005, pp. 355-63.
- 94 Una discussione della natura facilitatoria o inibitoria della modulazione specifica del sistema motorio durante l'elaborazione del linguaggio è al di là dello scopo di questo saggio, e quindi non me ne occuperò.
- 95 O. Hauk, F. Pulvermüller, *Neurophysiological distinction of action words in the fronto-central cortex*, "Hum. Brain Mapp.", 21, 2004, pp. 191-201.
- 96 M. Tettamanti, G. Buccino, M.C. Saccuman, V. Gallese, M. Danna, P. Scifo, F. Fazio, G. Rizzolatti, S.F. Cappa, D. Perani, *Listening to action-related sentences activates fronto-parietal motor circuits*, "J. Cogn. Neurosci.", 17, 2005, pp. 273-81.
- 97 G. Buccino, F. Binkofski, G.R. Fink, L. Fadiga, L. Fogassi, V. Gallese, R.J. Seitz, K. Zilles, G. Rizzolatti, H.-J. Freund, *Action observation activates pre-motor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study*, cit.
- 98 L. Aziz-Zadeh, S.M. Wilson, G. Rizzolatti, M. Iacoboni, *Congruent Embodied Representations for Visually Presented Actions and Linguistic Phrases Describing Actions*, cit.
- 99 F. Pulvermüller, M. Härle, F. Hummel, *Neurophysiological distinction of verb categories*, "Neuroreport", 11, 2000, pp. 2789-93.
- 100 *Ibidem*.

- 101 Nel presente saggio ho concentrato l'attenzione esclusivamente sull'azione. Altri studi, tuttavia, mostrano che anche il sistema sensomotorio è implicato nella mappatura di altri domini astratti, come è il caso della mappatura del tempo sulle metafore spaziali (L. Boroditsky, *Metaphoric structuring: understanding time through spatial metaphors*, "Cognition", 75, 2000, pp. 1-28; L. Boroditsky, M. Ramscar, *The Roles of Body and Mind in Abstract Thought*, "Psychological Science", 13, 2002, pp. 185-88).
- 102 T.H. Bak, D.G. O'Donovan, J.H. Xuereb, S. Boniface, J.R. Hodges, *Selective impairment of verb processing associated with pathological changes in Brodmann areas 44 and 45 in the motor neurone disease-dementia-aplasia syndrome*, "Brain", 124, 2001, pp. 103-30; T.H. Bak, D. Yancopoulou, P.J. Nestor, J.H. Xuereb, M.G. Spillantini, F. Pulvermuller, *Clinical, imaging and pathological correlates of a hereditary deficit in verb and action processing*, "Brain", 129, 2006, pp. 321-32; T.H. Bak, J.R. Hodges, "Kissing and dancing" – a test to distinguish the lexical and conceptual contributions to noun/verb and object/ action dissociations: Preliminary results in patients with frontotemporal dementia, "Journal of Neurolinguistics", 16, 2003, pp. 169-81; D. Kemmerer, D. Tranel, *A double dissociation between linguistic and perceptual representations of spatial relationships*, "Cognitive Neuropsychology", 17, 2000, pp. 393-14; Id., *A double dissociation between the meanings of action verbs and locative prepositions*, "Neurocase", 9, 2003, pp. 421-35.
- 103 V. Gallese, G. Lakoff, *The brain's concepts: The Role of the Sensory-Motor System in Reason and Language*, cit.; V. Gallese, *A neuroscientific grasp of concepts: From control to representation*, cit.; Id., *Before and below Theory of mind: Embodied simulation and the neural correlates of social cognition*, cit.
- 104 Mediamente, la risposta dei neuroni specchio nelle scimmie è più forte durante l'esecuzione dell'azione che durante l'osservazione.
- 105 G. Lakoff, M. Johnson, *Philosophy in the flesh*, cit.
- 106 Stabilire una relazione fra il sistema motorio e la struttura del linguaggio non è per niente un'idea nuova. Lashley (K.S. Lashley, *The problem of serial order in behavior*, in L. A. Jeffress (a cura di), *Cerebral Mechanisms in Behavior*, Wiley NY, 1951, pp. 112-46.) e Marsden (C.D. Marsden, *Which motor disorder in Parkinson's disease indicates the true motor function of the basal ganglia?*, in *Functions of the Basal Ganglia*, "Ciba Foundation Symposium", 108, 1984, pp. 225-41, Pittman, London), per esempio, hanno proposto un legame fra la sintassi e l'azione conseguente alla funzione dei gangli della base. Una discussione del ruolo svolto nella sintassi dai centri motori sub-corticali e dalla corteccia pre-motoria è al di là dello scopo di questo saggio. Tuttavia, vale la pena di notare che la presente ipotesi è, almeno in parte, compatibile con l'ipotesi procedurale della grammatica proposta da Ullman (M.T. Ullman, *A neurocognitive perspective on language: The declarative/procedural*

- model*, “Nature Reviews Neuroscience”, 2, 2001, pp. 717-26.) secondo la quale, aspetti della grammatica sono serviti dal sistema di memoria procedurale dei gangli della base e della corteccia frontale che sostiene anche capacità cognitive e motorie.
- 107 G. Rizzolatti, R. Camarda, M. Fogassi, M. Gentilucci, G. Luppino, M. Mattelli, *Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey: II. Area F5 and the control of distal movements*, cit.
- 108 Vedi la discussione del SNS e le azioni intenzionali.
- 109 G. Rizzolatti, L. Fogassi, V. Gallese, *Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action*, cit.
- 110 G. Rizzolatti, L. Fogassi, V. Gallese, *Mirrors in the mind*, “Sci. Am. Nov.”, 295(5), 2006, pp. 54-61.
- 111 V. Gallese, A. Goldman, *Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading*, “Trends in Cognitive Sciences”, 12, 1998, pp. 493-501; V. Gallese, *Before and below Theory of mind: Embodied simulation and the neural correlates of social cognition*, cit.
- 112 V. Gallese, *The “Shared Manifold” Hypothesis: from mirror neurons to empathy*, cit.; V. Gallese, *The manifold nature of interpersonal relations: The quest for a common mechanism*, cit.; Id., *The roots of empathy: The shared manifold hypothesis and the neural basis of intersubjectivity*, cit.; F. de Vignemont, T. Singer, *The emphatic brain: how, when, and why?*, cit.; J.A. Sommerville, J. Decety, *Weaving the fabric of social interaction: articulating developmental psychology and cognitive neuroscience in the domain of motor cognition*, “Psychon Bull. Rev.”, 13, 2006, pp. 179-200.
- 113 D. Freedberg, V. Gallese, *Motion, emotion and empathy in aesthetic experience*, “Trends in Cognitive Sciences”, 11, 2007, pp. 197-203.
- 114 L. Fadiga, V. Gallese, *Action representation and language in the brain*, cit.; G. Rizzolatti, M.A. Arbib, *Language within our grasp*, cit.; V. Gallese, G. Lakoff, *The brain’s concepts: The Role of the Sensory-Motor System in Reason and Language*, cit.; M.A. Arbib, *From monkey-like action recognition to human language: an evolutionary framework for neurolinguistics*, cit.
- 115 V. Gallese, *Before and below Theory of mind: Embodied simulation and the neural correlates of social cognition*, cit.
- 116 H.H. Clark, D. Wilkes-Gibbs, *Referring as a collaborative process*, “Cognition”, 22, 1986, pp. 1-39; M.J. Pickering, S. Garrod, *Toward a mechanistic psychology of dialogue*, “Behav. Brain Sci.”, 27, 2004, pp. 169-226.