



La pratica alla ricerca dovrebbe essere uno dei compiti primari della scuola secondaria di II grado, questo però significa rivoluzionare l'attuale didattica spesso protesa verso uno studio mnemonico delle informazioni.

Il lavoro presentato da Ilaria Bottale è la prova di come il *saper osservare*, il *saper stimolare la curiosità*, il *saper esprimere la passione* possano coniugarsi in uno studio filosofico proficuo, preciso e scientifico.

Ilaria Bottale è stata una studentessa del liceo Classico "Chiabrera" di Savona ha superato l'esame di Stato nel 2017 con il massimo dei voti e con lode; il lavoro sui *Neuroni specchio: tra realtà e mito* è un risultato di un cammino formativo rivolto alla centralità e alla professionalità dello studente.

Lo studente e il docente ricercatore animati da uno spirito critico proteso verso il rinnovamento diventano una testimonianza ed espressione di una condotta umana orientata verso il sapere.

La filosofia, la scienza e le questioni insolite che Ilaria Bottale presenta nel suo lavoro possano, nel futuro, contribuire a stimolare una nuova didattica che renda veramente protagonisti i nostri giovani.

Riccardo Sirello docente e filosofo

Neuroni specchio: tra realtà e mito

Introduzione

Il rapporto tra mente e cervello è una delle questioni più inspiegabili. È come se si confrontassero due interpretazioni contrapposte ed inconciliabili, incapaci di trovare un terreno d'espressione unificatore.

Quando ci sforziamo di comprendere il funzionamento del cervello ricorriamo alle conoscenze scientifiche che hanno avuto un grande sviluppo negli ultimi decenni del secolo scorso.

I modelli matematici, le conoscenze della trasduzione elettrica del segnale nervoso e il comportamento delle ammine endogene con le interazioni recettoriali hanno raggiunto livelli di prevedibilità e di aderenza al reale molto elevati. Ma quando cerchiamo di comprendere la mente emergono le prime grandi difficoltà.¹

Intanto, non è possibile approfondire la sfera della mente soltanto con schemi matematici. Dobbiamo ricorrere a conoscenze di natura comportamentale, genetiche e culturali. Quindi il percorso diventa arduo, la mente utilizza un diverso linguaggio, o meglio integra le conoscenze scientifiche con i contributi della filosofia, della psicologia e di discipline attinenti alle sfere del personale e del sociale.

Siamo nel mondo delle teorie che hanno nomi suggestivi ed hanno segnato il cammino nell'ultimo secolo del rapporto mente cervello.

La ricerca tenta di darci una risposta sul luogo reale dove è collocata la mente; esistono molte teorie avvincenti che si basano soprattutto su un sito del Sistema Nervoso Centrale che raccoglie molte afferenze neuronali integrando in modo razionale i dati simultaneamente ricevuti.

¹ J. P. CHANGEUX, A. CONNAIS, *Pensiero e materia*, Bollati Boringhieri 1991 Torino

Tale tipo di studi rientra in una branca delle neuroscienze, ovvero le neuroscienze cognitive.

Quello che mi propongo di affrontare con questo lavoro, è il problema del rapporto mente e corpo relativo ad una nuova scoperta scientifica: i neuroni specchio. Dapprima affronterò l'argomento basandomi su dati sperimentali su questa nuova classe neuronale la cui eventuale esistenza suscita questioni dal punto di vista scientifico ma anche filosofico. In seguito cercherò di sollevare le problematiche più attuali della filosofia della mente, ormai un tutt'uno con le neuroscienze cognitive.

Cosa sono i neuroni specchio?

L'esperimento che ha portato alla scoperta dei *mirror neurons* è stato svolto negli anni '90, poi approfondito e appurato da un gruppo di ricercatori di Parma, guidati dal Dottor Rizzolatti.

Lo studio si basa sulla stimolazione con microscariche elettriche a basso potenziale tramite elettrodi posti sulla corteccia di alcune aree motorie del sistema nervoso centrale (SNC) della scimmia, individuate come zone interessate alla azione e funzione dei neuroni specchio.

La motivazione che ha ispirato il lavoro degli scienziati autori dell'esperimento è aver riconosciuto come le funzioni sensoriali e motorie, localizzate in aree specifiche del SNC, siano intimamente coinvolte in processi di associazione e relazione neuronali indicando come la sfera motoria non sia subalterna ed indipendente dalla sfera della coscienza, riconosciuta come l'espressione più complessa dell'integrazione della risposta neuronale.

Tutti gli esperimenti recenti, pertanto, hanno riconosciuto che le aree cerebrali presentano una contemporanea integrazione di risposta agli stimoli coinvolgendo sia funzioni motorie che percettive.

Quindi, la percezione motoria di un'azione di un individuo estraneo, fa attivare sul soggetto preso in esame questi neuroni, gli stessi che si dovrebbero attivare se fosse il soggetto stesso a compiere l'azione. Dunque percezione e azione sarebbero collegate.

Semplificando, se io vedessi una persona prendere in mano una tazzina di caffè, nel mio cervello si attiverebbero i neuroni specchio relativi all'area motoria dell'afferrare oggetti, senza che io compia l'azione, ma la veda solo fare.

Proprio nei termini di questa generalizzazione del processo della conoscenza si colloca lo studio dei neuroni specchio.

I neuroni specchio, per quanto il loro nome sia suggestivo, non differiscono strutturalmente dagli altri neuroni. Hanno un corpo centrale ed un distretto periferico più o meno allungato ed articolato e terminano in distretti sinaptici che liberano neuroammine in risposta ad uno stimolo elettrico centrale che coinvolge l'intervento di mediatori chimici extracellulari.

Lo studio che ha coinvolto le scimmie ha dimostrato come i neuroni di alcune aree cerebrali rispondevano in modo analogo sia quando eseguivano un determinato movimento o quando osservavano l'identico movimento compiuto da altri individui.

Se l'oggetto del movimento è il cibo, i neuroni specchio non rispondono attivandosi alla vista del cibo, come descritto dagli studi di Pavlov², ma soltanto al movimento fine a se stesso.

Non è il risultato, ma la mera esecuzione del movimento che integra l'azione dei neuroni specchio.

Questa osservazione si è resa evidente nello studio di un'area particolare, denominata F5, che si colloca tra il Giro del Cingolo e la corteccia parietale, integrando comunicazioni tra la porzione più antica del cervello e quella più recente e filogeneticamente più evoluta.

Si può sostenere come questa analisi, inserita in un quadro generale, ci permetta di comprendere come il significato dell'acquisizione delle esperienze abbia coinvolto storicamente la funzione dei neuroni specchio.

E' anche stato confermato da studi svolti in California (Prof. Iacoboni), che l'attività dei neuroni specchio non concerne solo la percezione dei meccanismi motori, ma anche uditivi. Ad esempio, quando percepiamo il rumore di una nocciolina schiacciata attiviamo nel nostro cervello il piano motorio necessario a schiacciare noi stessi quella nocciolina, come se l'unico modo in cui noi potessimo riconoscere quel suono sia simulare o imitare internamente l'azione che produce quel suono.

Rizzolatti e Sinigaglia affermano giustamente, conformemente alla loro teoria: "Il cervello che agisce è anche e innanzitutto un cervello che comprende".³

Conseguentemente la principale funzione dei neuroni specchio non è l'imitazione, ma la comprensione dello scopo dell'azione, cioè dell'intenzione.

Il mondo scientifico non ha però un'interpretazione univoca di questa teoria, ma è diviso in due. C'è chi, come gli

² G. RIZZOLATTI, C. SINIGAGLIA *So quel che fai, il cervello che agisce e i neuroni specchio*, Scienza e idee Raffaello Cortina editore Milano 2006

³ Ibidem

scienziati del gruppo di Parma, sostiene l'esistenza dei mirror neurons, e la considera appurata, tanto da renderli punto focale nel linguaggio, nell'imitazione e apprendimento, nelle emozioni e nell'empatia. Altri, come Hickok, di cui sto per analizzare l'opinione, hanno posizioni più defilate e scettiche, poiché non sono completamente sicuri che questa classe neuronale esista veramente, ma che molti esperimenti possano evidenziare anomalie nella teoria.

“Specchi rotti”

Ricordiamo il 1953 come data fondamentale nella storia della scienza: Watson e Crick rivelarono la formula della vita, il DNA. Nel 2000 venne paragonata tale scoperta a quella di una nuova classe di neuroni. I neuroni specchio.

“Prevedo che i neuroni specchio saranno per la psicologia ciò che il DNA è stato per la biologia. Forniranno un quadro unificante e contribuiranno a spiegare un gran numero di capacità mentali finora inaccessibili agli esperimenti.” così ha affermato il neuroscienziato Remachandran.⁴

Altri scienziati sostengono che essi creino piccoli miracoli nella nostra quotidianità, che siano elementi fondanti nel legame con l'altro, nelle relazioni interpersonali e interazioni sociali. Si pensa che ci aiutino ad identificarci, a provare il dolore altrui. Insomma, si ritiene siano in grado di spiegare fenomeni dall'erezione all'autismo. Il loro comportamento, come abbiamo visto, in realtà è modesto. Si limitano a scaricare sia quando una scimmia allunga una mano per afferrare un oggetto, sia quando lo vede fare da un altro macaco (*monkey-see-monkey-do*).

Il grande salto induttivo sta nell'aver fatto coincidere il sistema neuronale umano con quello delle scimmie, applicando le osservazioni raccolte durante l'esperimento alla mente umana. In ogni caso sembra che vi siano state molte conferme dalla comunità scientifica che questo sistema esista davvero nella nostra mente, sebbene queste prove risultino veramente deboli.⁵

Rappresenterebbero il sottile collegamento tra la percezione delle azioni esterne e la comprensione delle proprie, simulando dunque le azioni di altri nel proprio sistema neuronale.

Il riconoscimento è stato immediato. Orde di scienziati si sono precipitati in questo ambito di ricerca e gli articoli e le pubblicazioni sono cresciute esponenzialmente. Pertanto risultava sempre più complicato distinguere le poche certezze tra quella nuvola di fumo ed entusiasmo.

Tale classe neuronale poteva avere implicazioni nel linguaggio, nella lettura della mente, nell'empatia e nell'autismo. Mentre proseguivano gli approfondimenti sulle applicazioni teoriche fondamentali, in poco tempo si giunse a comprendere anche fenomeni umani meno ragionevoli e coerenti al sistema. Per fare alcuni esempi:

- lettura labiale
- balbuzie
- schizofrenia
- imitazione
- ipnosi
- percezione della collera nella musica di sassofonisti jazz all'avanguardia
- orientamento sessuale
- vizio del fumo
- opinioni politiche
- disturbi della personalità
- contagiosità dello sbadiglio
- isteria di massa
- abuso di farmaci
- favoritismo
- consapevolezza dei delfini
- efficacia della psicoterapia di gruppo
- la resistenza ai movimenti totalitari di massa
- insegnare e allevare i propri figli
- “Imparare a usare i neuroni specchio per influenzare le persone”

Con ciò mi ripropongo di analizzare lucidamente la situazione e i risultati grezzi degli esperimenti senza ingigantire troppo questa presumibile scoperta. Infatti, se riflettiamo bene non abbiamo prove certe che proprio questi neuroni siano alla base della comprensione delle azioni nelle scimmie, tantomeno se siano realmente necessari alla comprensione delle azioni.

⁴ V. S. REMACHANDRAN, *Mirror Neurons and imitation learning as the driving force behind 'The Great Leap Forward' in human evolution*, 2000

⁵ *Brain*, 1996

Inoltre studi hanno rivelato che le risposte sulla scimmia e sull'uomo sono differenti, ancor di più per il fatto che l'esecuzione e la comprensione delle azioni nell'uomo sono distinte. Infatti danni all'area cerebrale adibita alla comprensione delle azioni non ne intaccano l'esecuzione da parte del soggetto leso.

Dunque, prima di essere presi dal troppo entusiasmo, ricordiamo che l'esistenza dei neuroni specchio si basa su due assunti. Il primo è che tali cellule nei macachi siano alla base della comprensione delle azioni, mentre il secondo è l'idea che gli esseri umani abbiano un sistema specchio che assolve la stessa funzione. Questi assunti dipendono uno dall'altro. Ma cosa accadrebbe se anche solo uno non fosse vero?

In una revisione dei risultati scientifici prodotti a sostegno della teoria dei neuroni specchio, Gregory Hickok nel suo libro *Il mito dei neuroni specchio*.⁶

Egli ha analizzato le spiegazioni prodotte dal gruppo di Parma ed ha manifestato alcune perplessità sui risultati.

Innanzitutto sono sorti molti dubbi sulla relazione tra le aree cerebrali dove sono localizzati i neuroni specchio della scimmia, filogeneticamente meno evolute, e le analoghe aree umane.

La supposizione del gruppo di Parma che funzioni superiori della conoscenza come l'organizzazione del linguaggio, fattore tipicamente correlato all'evoluzione umana, fosse localizzato nell'area di Broca e trovasse un corrispettivo nell'area F5 del cervello di scimmia non era del tutto accertata.

Alcuni neuroni si attivavano durante l'osservazione ed altri durante l'esecuzione dei compiti assegnati. Non si è mai osservata una simultanea attivazione dei centri nervosi tale da suffragare la teoria dei neuroni specchio.

Inoltre la diversità anatomico-funzionale tra l'area di Broca nell'uomo e l'area A5 nella scimmia rendeva problematico dedurre funzioni di conoscenza complesse, come il linguaggio, sulla base di una supposizione difficilmente verificabile nei fatti.

Secondo Hickok la teoria dei neuroni specchio presenta alcuni caratteri di sostanziale debolezza; non è confermata in alcuni casi clinici.

Uno dei fondamenti su cui si basano le nostre conoscenze dei neuroni specchio è la teoria motoria della percezione del linguaggio. La nostra percezione del linguaggio deriva non dal riconoscimento dei suoni, ma dai movimenti del tratto vocale che hanno contribuito a dare forma alle parole.

Una lesione dell'area di Broca (afasia di Broca) dovrebbe impedire, oltre che la formulazione sonora, anche la comprensione del linguaggio.

In effetti questo non avviene. In soggetti portatori di questa lesione, se la capacità di organizzare il linguaggio da un punto di vista sonoro è compromessa non altrettanto si può dire della capacità di percezione del linguaggio che è decisamente elevata.

Un altro esempio può essere trovato nel simulare le espressioni. Anche se sono compromesse le funzioni svolte dalla muscolatura facciale che sostengono le emozioni, a causa delle quali si attendeva un deficit di riconoscimento delle risposte emotive, in realtà ciò non è accaduto e i pazienti con la lesione delle aree nervose che controllano la mimica facciale erano in grado di riconoscere le emozioni.

La radice comune a queste osservazioni scientifiche sta nella plasticità che è caratteristica del sistema nervoso centrale.

Aree che hanno subito una lesione sono diventate necrotiche ed hanno perso la relativa funzionalità neuronale.

Queste funzioni originariamente perdute vengono parzialmente e progressivamente sostituite dai neuroni di aree nervose vicinali. Pertanto le funzioni che si pensava fossero irrimediabilmente compromesse sono via via reintegrate con i meccanismi di plasticità neuronale.

Ciò che sovrasta ogni tentativo di spiegazione di funzioni così diverse è la comprensione delle azioni.

Comprendere significa realizzare ad alti livelli una rete di relazioni neurali dove i movimenti del corpo hanno un ruolo importante seppur limitato. L'analisi e la valutazione di un'azione non comporta necessariamente estrapolare da essa significati superiori mediante un metodo induttivo.

L'azione deve essere identificata nella sua appartenenza ad un livello superiore di complessità. Osservare una serie di movimenti e comprendere una funzione non sempre si entra nell'ambito di una situazione di relazione e reciprocità dirette.

La teoria dei neuroni specchio rappresenta un'interpretazione della funzione d'imitazione della mente, ma non è l'unica. I problemi sorgono, in principio, quando si confrontano l'anatomia e le funzioni complesse del cervello degli animali rispetto a quello dell'uomo.

La filogenesi delle due specie (uomo e scimmia) presenta sostanziali differenze che si esprimono in un più complicato sviluppo delle aree cerebrali e soprattutto delle connessioni neurali.

L'uomo è avvantaggiato, le sue azioni non sono sempre la risultante di relazioni dirette di causa-effetto, ma coinvolgono

⁶ G. HICKOK, *Il mito dei neuroni specchio Comunicazione e facoltà cognitive La nuova frontiera*, Bollati Boringhieri Torino 2015

anche modulazioni sensorie di livello superiore.

Talvolta alcune teorie cercano di spiegare con troppa semplicità fattori che richiedono analisi ben più sofisticate.

Lo studio del gruppo di Parma sulle scimmie ha esteso all'uomo un comportamento che per la sua spiegazione richiede molteplici requisiti.

Abbiamo osservato che i neuroni specchio sostengono uno dei pilastri conoscitivi del mondo animale, uomo compreso: la comprensione delle azioni.

L'uomo nella storicizzazione delle sue esperienze ha elaborato flussi di informazione che hanno costruito vere e proprie reti neurali che hanno strutturato le connessioni di supporto all'attività senso-motoria, espressa in modo un po' troppo semplicistico dalla teoria dei neuroni specchio.

La posizione culturale espressa nel libro di Hickok può essere definita *hard* nel senso che rifiuta il ruolo dei neuroni specchio nel ruolo dell'apprendimento per imitazione.

A questa si contrappone la teoria *soft* che vede nei neuroni specchio la spiegazione di numerose attività umane.

Si mette in risalto il ruolo dell'empatia quale condizione umana che si caratterizza per la collocazione dell'uomo nel contesto di famiglia e società in un profilo di attiva socialità.

La condivisione dei sentimenti, delle preoccupazioni e delle gioie rappresenta il livello più alto della funzione dei neuroni specchio; la lettura degli stati d'animo nel volto del nostro prossimo attiva i circuiti neurali che presiedono la loro funzione e la sensibilità che ne consegue è il segno più elevato di partecipazione e solidarietà.

In te mi specchio

Il meccanismo specchio fa sorgere la questione della creazione della propria identità.

Come siamo portati a riconoscere le emozioni altrui con l'attivazione dei nostri circuiti neurali, così grazie ai meccanismi di rispecchiamento e simulazione, si vive l'altro come altro sé.

Questo è reso possibile non solo dal fatto che con gli altri condividiamo le modalità di azioni, sensazioni o emozioni, ma anche perché condividiamo alcuni dei processi nervosi che presiedono a quelle stesse azioni, emozioni e sensazioni.

Quando ci troviamo di fronte all'altro ne esperiamo direttamente l'umanità. Assegniamo implicitamente all'altro lo status di "alter ego", di altra soggettività che guardando a sé da dietro le spalle condivide con noi l'umana posizione di eccentricità. Tutto ciò non richiede un'esplicita spiegazione razionale. Il concetto viene espresso in modo adatto dal sociologo Plessner *"A ogni realizzazione di un io, di una persona in un singolo corpo, è premessa la sfera del tu, del lui, del noi. [...] Che il singolo uomo finisca, per così dire, nell'idea di non essere solo e di non essere soltanto una cosa, bensì di avere come compagni altri esseri senzienti come lui, non ha come base un atto speciale, quello di proiettare la propria forma di vita verso l'esterno, ma appartiene ai presupposti della sfera dell'esistenza umana."*⁷

A quanto pare attraverso i neuroni specchio simuliamo dentro di noi anche sensazioni negative come il dolore. Pertanto se vedessimo una persona punzecchiata da un ago i nostri nocicettori scaricherebbero come se fossimo punti noi stessi. Esperimenti svolti hanno dimostrato che le aree cerebrali del cingolo anteriore di pazienti consci scaricavano non solo quando percepivano il dolore, ma anche quando questi osservavano uno sperimentatore ricevere lo stesso stimolo.

C'è chi persino è arrivato ad affermare che il sistema specchio possa essere identificato come il fondamento neurobiologico delle emozioni. Questo vorrebbe dire che tali cellule potrebbero essere annoverate tra le cause delle nostre risposte emotive e comportamentali.

Ritenere però che i neuroni specchio possano spiegare e sostenere fenomeni caratterizzati da crescenti gradi di complessità nella sfera delle emozioni e degli interessi sociali e culturali significa assegnare un ruolo eccessivo alla loro funzione.

Questa spiegazione è troppo immediata e la generalizzata fiducia che l'accompagna non considera il significato storico ed evolutivo del ruolo delle emozioni.

La nostra epoca, che si esprime nell'ambito emotivo con nuove formule di espressione, non può essere spiegata con la teoria unicista dei neuroni specchio.

In recenti lavori alcuni studiosi hanno storicizzato il ruolo delle emozioni ed il loro significato.

L'ambito delle emozioni è stato un fenomeno molto interessante che ha accompagnato lo sviluppo delle società dalle origini ai giorni nostri.

Se esse hanno per secoli rappresentato un segnale altamente specifico che riusciva a far comprendere situazioni di pericolo o rischio reale in colui che le individuava nello sguardo del prossimi, adesso le emozioni hanno riflessi diversi.

Molti studi hanno mostrato come ad un determinato segnale emotivo non vi sia corrispondenza con la situazione reale.

Ovvero l'emozione che noi leggiamo perde di efficacia previsionale, quindi si svuota di contenuti reali.

La nostra vita è diventata così complessa che è riuscita a mutare il significato storico-evolutivo delle emozioni.

Siamo consapevoli come false emozioni indotte ci guidano ad esempio verso un'attività consumistica priva di effettiva

⁷ H.PLESSNER, *I Gradi dell'Organico. La condizione Umana* 2006, p. 325

necessità.

La radice della psicologia motivazionale che pone enfasi sul messaggio pubblicitario ne è un importante esempio. La sua efficacia sta nel fatto che attraverso l'oggetto che ci propone di acquistare soddisfa le nostre pulsioni recondite.

La nostra conoscenza e capacità di lettura non si è adeguata alla vasta gamma di segnali emotivi e spesso questa ignoranza ha generato risposte non attese.

Sono state individuate ed isolate le aree neurologiche specifiche che presiedono alla definizione di una risposta emotiva; esse in parte sono coincidenti con le aree individuate dagli studiosi del gruppo di Parma, ma la loro spiegazione, per quanto affascinante, non può essere di valore universale.

In ogni caso la trama dei neuroni specchio non può essere il telaio a cui afferiscono spiegazioni sempre più complesse.

L'eccessiva semplicità del sistema non si addice ad un ambito di studio che ha riflessi sociali e culturali così compositi.

Approfondimento: l'empatia

Quando io divento te

Come ho già sottolineato, la scoperta dei neuroni specchio fa emergere nuovi interrogativi sul ruolo dell'empatia e sui meccanismi che possono esservi alla base di questo elemento, parte della natura umana fin dalle sue origini.

Prima di subentrare nell'argomento, è necessario rimarcare un concetto. Il mondo di oggi considera intrinseco al termine empatia il reciproco aiuto, ma ciò non vuol dire che questo significhi "buonismo". L'empatia indica invece una sorta di spinta, predisposizione a compiere azioni in modo partecipe verso l'altro, senza andare ad inficiare le conseguenze sociali. Essa rende in una certa maniera più labile il limite tra sé e altro, poiché fa vivere l'altro come altro sé. Da cui poi, scaturisce la fiducia. *Perché*, scrive Rizzolatti, *noi veniamo al mondo con delle predisposizioni positive verso gli altri, ma poi deve essere la società a modularle. La fiducia stessa è un altro modo di chiamare l'empatia. Mi fido di te. Tu ti fidi di me. So che posso imitarti o essere imitato. È la nascita del consorzio umano.*⁸

Cosa accadrebbe se fossero proprio i neuroni specchio una delle cause principali di questo nostro comportamento che determina in un secondo tempo anche le stesse relazioni interpersonali e sociali?

Non si deve certo ridurre tutto ad un dato biologico. Ricordiamo infatti che sì, nasciamo con una struttura che ci rende favorevolmente predisposti verso il prossimo, e a far parte di una società. Ma poi interviene la cultura.

È dunque appurato che ogni individuo ha una capacità innata di interiorizzare assimilare incorporare imitare lo stato di un altro individuo e questa capacità è presente grazie al sistema specchio.

L'interesse per i rapporti interpersonali e la concettualizzazione del rapporto tra sé e altro era stato profondamente studiato fin dagli albori della psicanalisi, ed è stato ripreso negli ultimi decenni, sia come critica della concezione freudiana sia come riformulazione delle concezioni psicanalitiche tradizionali.

La tesi di Freud infatti implicava il contrasto tra l'Io (o Sé) e la realtà circostante. Ciò significa che l'Io veniva concepito come il nemico della realtà, da parte sua invece ostacolo frustrante. Le idee del padre della psicanalisi dunque nel corso del XX secolo passarono sotto una continua rivisitazione, da Hartmann a Fairbairn fino a Stolorow con la sua critica alla conoscenza oggettiva e l'enfasi sull'esperienza condivisa.⁹ Idee che erano eco di pensieri filosofici precedenti, basti pensare ad Heidegger e al suo concetto di *mit-sein* (essere con) in cui il soggetto non può esistere né tantomeno essere pensato senza il rapporto con l'altro. Questo dunque comporta la circolarità tra il Sé e l'oggetto che in qualche modo ricorda il *circolo ermeneutico*. Infatti uno tra i due elementi influenza l'altro, gli dà significato o lo crea in una sorta di *gioco di specchi*.¹⁰

La simulazione incarnata

Abbiamo visto che l'intenzione dell'azione precede l'inizio dei movimenti, quindi prima di eseguire una certa azione possiamo predirne le conseguenze. Tale meccanismo è alla base del sistema specchio.

L'intenzione inoltre deve essere costruita a posteriori, una volta dopo aver acquisito conoscenza. Da qui il collegamento risulta quasi automatico. Infatti l'attività dei sistemi neurali sensori-motorio ed affettivo dà luogo ad un comportamento che permette agli esseri viventi di sopravvivere, e le emozioni sono una delle prime modalità di conoscenza disponibili. Dunque il sistema sensori-motorio risulta critico per il riconoscimento delle emozioni mostrate da altri perché consente

⁸ G.RIZZOLATTI, A.GNOLI, *In te mi specchio, per una scienza dell'empatia*, Rizzoli, 2016 Milano 2016, p110

⁹ V.GALLSE, P.MIGONE, M.N.EAGLE, *La simulazione incarnata: i neuroni specchio, le basi neuroscientifiche dell'intersoggettività ed alcune implicazioni per la psicanalisi*, Saggio

¹⁰ ibidem

la ricostruzione di ciò che si proverebbe attraverso la simulazione dello stato corporeo relativo. L'implicazione di questo processo con l'empatia è ovvio.¹¹

Si parla dunque di *simulazione incarnata* quando il soggetto preso in esame risulta essere in grado di comprendere il contenuto dell'esperienza di un secondo individuo, sia essa costituita da sensazioni dolorose o piacevoli. Il termine fa riferimento ai meccanismi neurobiologici cerebrali alla base della comprensione-imitazione delle azioni-emozioni.

Essa non consiste in inferenza o introspezione, ma è una risposta automatica inconsapevole e pre-riflessiva degli stati mentali altrui. Le intenzioni di una seconda persona vengono pienamente comprese perché sono condivise a livello neurale. Riassumendo, *mentre assistiamo al comportamento degli altri esperiamo uno specifico stato fenomenico che genera familiarità con gli altri individui, prodotta dal collasso delle intenzioni altrui in quelle di chi osserva.*¹²

Ma l'identità sé-altri non fornisce un'esemplificazione esaustiva dell'empatia.

Essa diversamente dal contagio emotivo, implica la capacità di provare sensazioni a seguito del rispecchiamento con l'altro e di essere capaci di attribuirle non a se stessi ma all'individuo con cui si è in contatto. La qualità dell'esperienza presente, vivificante del mondo altrui implica la consapevolezza della loro esistenza, dunque della loro alterità.

Questa alterità è attiva a livello dei nostri circuiti nervosi. In questo modo ne provoca l'attivazione, sia nel caso in cui siamo noi ad agire o ad esperire emozioni, sia nel caso in cui siano degli altri a farlo.

La simulazione incarnata pertanto, oltre ad essere elemento fondante per l'empatia, è anche essenziale per l'intersoggettività.

Gallese, con poche parole chiare riassume: *“Attraverso uno stato funzionale condiviso da due corpi diversi che tuttavia ubbidiscono alle stesse regole funzionali, l'altro oggettuale diventa un altro se stesso.”*¹³

L'intelligenza sociale è però costituita da ben altri elementi che non si possono trascurare. Ciò che viene percepito deve essere integrato con un patrimonio sottostante di conoscenze già acquisite, tenendo anche in conto le proprie caratteristiche percettive contestualizzate. Le false credenze, le abilità metacognitive hanno una maggiore influenza sulla corteccia celebrale e occupano uno spazio maggiore di quello di un ipotetico modulo che attiva il sistema nervoso sensorimotorio.

A posteriori, se ci si pensa, Freud per primo riconobbe il ruolo della comunicazione inconscia tra analista e paziente. Ma non diede mai una spiegazione chiara e scientifica del come. Una possibile soluzione potrebbe risiedere nell'attivazione dei neuroni della simulazione incarnata. Paziente e analista potrebbero cogliere a livello inconscio reciprocamente stimoli tramite l'attivazione di pattern neurali condivisi.

La ricerca futura si proporrà sicuramente di spiegare come questo meccanismo, la simulazione incarnata, il più antico da un punto di vista evolutivo, possa essere il fondamento di forme più sofisticate e mediate linguisticamente della nostra capacità di interpretare il comportamento altrui e di conseguenza di metterci in relazione con l'altro.

Coscienza e neuroni

“Io vi dico: si deve avere ancora del caos dentro di sé per poter generare una stella che danza. Io vi dico: avete ancora del caos in voi.”

F. NIETZSCHE, Così parlò Zarathustra

Il mio obiettivo non sta tanto nel trovare una risposta sull'esistenza dei neuroni specchio, o se realmente abbiano le funzioni che i più propositivi scienziati hanno loro assegnato. Vorrei soffermarmi solo su che cosa il loro sistema possa comportare e su quali interrogativi mi sono sorti in mente mentre lavoravo al progetto. Partendo infatti da un approccio scientifico, ho cercato di approfondire uno dei tanti fronti su cui si può basare il rapporto mente-cervello. Che poi è la topica delle neuroscienze.

Infatti mi sono accorta toccando con mano, quanto sia sottile ormai la linea tra *essere una mente ed avere un cervello*.

Almeno, è questo che stanno cercando di far emergere le neuroscienze, cercare di studiare e chissà - magari un giorno - riprodurre neurobiologicamente i meccanismi alla base della nostra coscienza.

Pertanto non posso che soffermarmi su alcuni temi filosofici.

La funzione semi autonoma di questi neuroni può indurre a domandarsi se l'attività mentale possa essere ridotta al mondo materiale. Definiamo semi autonoma l'attivazione dei neuroni specchio perché essi scaricano al di fuori del nostro potere decisionale. Ovvero, alla base della loro attività non c'è una nostra coscienza che decide, ma agiscono indipendentemente dal nostro volere, e cosa più rilevante, noi non siamo affatto consci della loro funzione.

¹¹ ibidem

¹² ibidem p.558

¹³ ibidem p.558

Il concetto di mente appartenente ad un reame separato dal corpo è stato teorizzato già ai tempi di Platone¹⁴, o nella Summa Teologica di Tommaso d'Aquino. Ma è stato Cartesio ad enunciare quello che oggi conosciamo come dualismo: la tesi che la mente cosciente sia costituita da una sostanza immateriale che elude le normali leggi della fisica.

Le neuroscienze dunque si sono da sempre impegnate a ridicolizzare il lavoro di Cartesio, incolpandolo di aver ritardato lo sviluppo dell'analisi dei meccanismi della mente umana, sebbene egli sia stato il primo a teorizzare un sistema nervoso completamente autosufficiente.¹⁵ La sfida del filosofo al materialismo ha resistito fino ai giorni nostri. Infatti, come potrebbe il cervello riflettere i suoi stessi stati mentali?

Grazie ad Euclide, Gauss, Newton, Einstein, possediamo un'ottima conoscenza dei principi della matematica governanti la realtà.

Solo la storia della comparsa della coscienza sembra avvolgere nuovamente le nostre certezze precostituite nelle tenebre medievali. Un sacco di dubbi affiorano intorno a questo presunto "io" e al rapporto mente-corpo. Per questo i neuroni specchio hanno suscitato un tale scalpore.

Infatti negli ultimi anni il campo delle neuroscienze cognitive ha fatto notevoli progressi grazie alle tecnologie neurofisiologiche e dell'*imaging*.

Il problema sta nel tramutare questa grande questione filosofica in un fenomeno da laboratorio, pur non minimizzandolo, anzi, cercando di trovare delle risposte fisiologiche che ne possano facilitare la comprensione.

Il termine coscienza nell'accezione quotidiana è ricco di significati, poiché ricopre un'ampia gamma di fenomeni complessi. Semplificando, essa si può dividere in tre concetti: *vigilanza, lo stato di veglia o sonno, attenzione, la focalizzazione delle nostre risorse mentali su uno specifico brandello di informazione, e accesso cosciente, il fatto che alcune delle nostre informazioni alle quali si presta attenzione arrivino alla nostra consapevolezza e diventino riferibili agli altri.*¹⁶

Quando siamo vigili dunque, siamo in grado di registrare ad esempio un oggetto che ci passa davanti e descriverne la percezione ad altri. Altre volte invece, non riusciamo a farlo. Il primo caso si tratta di accesso cosciente, la vera e propria coscienza, nel secondo no, ma si limiterà ad essere un'elaborazione inconscia.

Se vogliamo sostenere una tesi funzionalista, possiamo dire che l'informazione raccolta verrà poi trasformata secondo modalità peculiari attraverso stimoli nervosi o riflessi che la rielaboreranno come materiale utile per la coscienza. Ciò può essere dimostrato con numerosi esperimenti in laboratorio, prevalentemente a livello della ricezione delle ambiguità percettive.

Le informazioni che entrano a far parte dell'accesso cosciente attraversano il cosiddetto "spazio di lavoro neuronale globale"¹⁷, inteso come la *raison d'être* del nostro cervello, quello che in teoria non viene "percorso" quando si parla di percezione dei neuroni specchio.

In sostanza quando noi siamo coscienti di un'informazione intendiamo semplicemente che essa è entrata in una specifica area di immagazzinamento che la rende disponibile al resto del cervello e quindi condivisibile.

Molte interpretazioni nei secoli si sono susseguite riguardo la natura di questo processo.

Taine paragonava la mente cosciente ad un angusto palcoscenico che permetteva di ascoltare solo un attore per volta. Freud introduce poi un'enorme varietà di processi inconsci. Ora sappiamo che qualsiasi cosa incappi nello spazio di lavoro può essere assimilata come materiale disponibile a guidare le nostre decisioni.

Come abbiamo già potuto notare, anche per il fatto che è stata ampia discussione sull'esistenza dei neuroni specchio, ogni nostro stato mentale e tipo di materiale assimilato deve essere assegnato ad un determinato genere di attività neuronale. Sono previsti dunque dei neuroni di assemblaggio che si sostengono inviandosi impulsi eccitatori arrivando a creare un codice combinatorio capace di rappresentare miliardi di stati.

Questo spiegherebbe perché i neuroni specchio nel riconoscimento di determinati oggetti e azioni scarichino più velocemente, cioè a causa della disposizione di tali cellule assemblatrici. Può inoltre accadere che sottoinsiemi di neuroni abbiano tendenze a collassare in interpretazioni unificate, conducendo ad una decisione *interna* sul da farsi in risposta a determinati stimoli. Questo sì che farebbe discutere molti filosofi sulla questione del libero arbitrio. *Immaginiamo una grande regione interna, nella quale molteplici aree cerebrali lottano per la coerenza.*¹⁸ Le loro regole operative le mettono continuamente alla ricerca di un'unica interpretazione coerente dei diversi messaggi che ricevono con un'autonomia che mai si sarebbe pensato fosse possibile.

Tutte queste nuove scoperte portano ad una necessità di sintesi dei saperi. Da qualsiasi parte si cominci ad indagare, si arriva sempre a calpestare i limiti del proprio campo. Difficile è cogliere la linea di demarcazione tra neuroscienze biologica

¹⁴ PLATONE, *Fedone Dialoghi*

¹⁵ R.DECARTES, *La description du corps humain*, Opere, Bompiani, Milano, 2009

¹⁶ S.DEHAENE, *Coscienza e cervello, come i neuroni codificano il pensiero* Scienza e idee Raffaello Cortina editore Varese 2014 p.26

¹⁷ *Ibidem*

¹⁸ *Ibidem* p. 268

psicologia e filosofia.

Diversamente la pensa ironicamente lo scrittore Lodge. *“Io quasi mi irrita all'idea della scienza che ficca il naso in questo affare, il mio affare. La scienza non si è già appropriata abbastanza della realtà? Deve rivendicarne l'intangibile invisibile essenziale “io”?”*¹⁹

È certo in ogni caso che la scatola della coscienza sia oramai stata violata, e questo è solo l'inizio. Molteplici sono le teorie che mirano a ridurre l'individuo e la mente ad un mero organismo biologico. Il libero arbitrio stesso è raccolta di informazioni necessarie dai sensi e dai ricordi, sintesi, valutazione delle conseguenze, ponderazione per tutto il tempo che vogliamo e poi utilizzo di tale riflessione interna per guidare le nostre azioni. Ogni volta che un'architettura neuronale esibisce autonomia e deliberazione, abbiamo ragione di chiamarla una “mente libera”.

L'indipendenza di tali zone probabilmente porterà al tentativo da parte degli studiosi di, una volta compreso alla perfezione il funzionamento, tentare di riprodurlo. E una volta fatto ciò, allora sarà arduo stabilire quale sia per noi umani il *quid* che permette di determinare la differenza tra *avere un cervello* ed *essere una mente*.

Dunque con questo lavoro non mi propongo tanto di trovare risposte unilaterali, tantomeno di fornire una visione olistica e scientifica del rapporto dell'uomo con la realtà grazie al sistema specchio e a ciò che definiamo coscienza, ma di cercare un'armonia nel legame mente-corpo che non si basi solo su risultati sperimentali, ma che abbia come fondamento una attenta riflessione. Il progresso fino ad oggi ha portato a notevoli sviluppi nelle neuroscienze cognitive il cui riflesso va a toccare le più svariate discipline, che non possono rimanere chiuse alle nuove scoperte relative agli oscuri meccanismi della mente umana.

Per il breve percorso che finora ho avuto opportunità di intraprendere, mi sono accorta che in questo campo il senso di mistero è tanto maggiore quanto più si approfondisce l'indagine. Posso quindi comprendere l'entusiasmo e lo scalpore di tali teorie e scoperte relative alla mente, che, non nascondo, mi hanno veramente appassionato.

APPENDICE

Il Tempo delle neuroscienze

Trattare un argomento appassionante come quello dei neuroni specchio mi ha fatto entrare in contatto con un'enorme vastità di altri ambiti che fanno tutti parte delle neuroscienze. Per questo a mio parere essa è una disciplina sulla quale la ricerca futura dovrà obbligatoriamente investire molto. È palpabile l'interazione che c'è tra il settore medico, psicologico, chimico, filosofico, neurologico pedagogico e sociale.

Fra tutti, ho deciso di affrontare un argomento in particolare, quello di come il tempo viene percepito a livello celebrale, ovvero parlare di un'importante tematica filosofica e trattarla con qualche supporto in più. Questa volta da un punto di vista neurobiologico.

Spesso ci si domanda se il senso del tempo è qualcosa che nasce dentro di noi o è nelle cose che ci stanno intorno. Oppure una mera illusione, come sostiene Einstein? Certo è che l'approccio scientifico degli ultimi decenni ha portato alla rivalutazione di uno studio naturalistico e sperimentale della condizione umana, e con esso il senso del tempo.

Platone e Plotino stessi, quindi già in tempi antichissimi, scrissero del tempo cose memorabili.

Kant invece pose il vero e proprio fondamento concettuale verso il quale si indirizzerà la ricerca sul senso del tempo. Per lui esso rappresenta una categoria a priori, forma pura dell'intuizione sensibile. Egli dunque pone spazio e tempo come forme aprioristiche all'interno della nostra sensibilità. Il tempo non risiede nell'universo, il tempo è in noi. E le neuroscienze cognitive lo hanno proprio localizzato nel cervello e cercano di comprendere quali sono i meccanismi che lo creano. Esso infatti è presente in ogni genere di esperienza, anche interiore, risultato di stimoli nervosi capaci di provocare distorsioni anche massicce.

Il tempo. Ne abbiamo sentito parlare da William James, da Bergson, Edmund Husserl, Heidegger, che lo resero un centrale tema filosofico. Ma anche scrittori come Proust nel suo *À la recherche du temps perdu* esprime in una narrazione come il senso del tempo, dimensione essenziale della memoria, sia intrinseca struttura su cui si costruiscono i ricordi.

Furono in seguito gli esperimenti di Benjamin Libet a dare inizio ad un'intensa ricerca sui meccanismi nervosi del senso del tempo.

Ciò che maggiormente contribuisce a darcene una percezione è proprio la coscienza. La maggior parte dei neuroscienziati, studiando i sistemi neurali pensa che tutte le sue caratteristiche derivino da processi neurobiologici del cervello. Di conseguenza il senso del tempo sarebbe visto come un evento della coscienza, sebbene i suoi meccanismi siano costantemente attivi, anche durante il sonno. Molti potrebbero controbattere che nel caso dell'uomo non sia propriamente

¹⁹ D.LODGE, *Pensieri, pensieri*, Bompiani 2002

corretto parlare di coscienza. Anche molti animali sono coscienti e possono manifestare i loro stati d'animo. Per l'uomo il termine più giusto sarebbe infatti *autocoscienza: solo noi siamo in grado di porre noi stessi a oggetto della nostra riflessione e di pensare grazie al linguaggio interiore*.²⁰ Tale affermazione è empiricamente dimostrabile per il fatto che negli scimpanzè, i primati più vicini a noi, non vi è stato uno sviluppo dei lobi prefrontali che sono dunque lo spartiacque morfologico e funzionale tra uomo e altri primati.

Il tempo perduto

Già prima di Einstein, Leibniz affermava che il tempo in sé non esisteva, essendo esso la relazione degli eventi che si succedono, quel meccanismo che ordina la realtà nel suo divenire. In questo ambito egli è un anticipatore della neurofisiologia, sebbene neghi l'esistenza del tempo perché non individua il meccanismo che lo elabora.

Tali processi vennero studiati in seguito, tramite esperimenti. Grazie ad essi si comprese pienamente che la discrepanza tra fenomenologia del tempo, ovvero del tempo vissuto e percepito e quello oggettivo e misurabile dei meccanismi nervosi che lo creano è una delle realtà di cui non si ha coscienza.²¹

In seguito ai dati sperimentali di von Helmholtz nella seconda metà del XIX secolo si scoprì che esisteva un periodo di latenza tra il sistema nervoso che inviava lo stimolo e la contrazione muscolare. Questa latenza venne chiamata *temps perdu*. Durante esso, noi non siamo affatto coscienti e di conseguenza non percepiamo lo scorrere degli eventi, per quanto breve sia.

Lo scienziato capì inoltre che allo stesso vi era un intervallo tra l'arrivo di un'informazione al cervello e l'elaborazione dell'impulso a muovere un muscolo. Altro *temps perdu*. E la velocità di propagazione non era affatto elevata (26,4 m/s), la nostra fortuna sta nel fatto che deve ricoprire brevi distanze.

Libet, a cui prima ho accennato, arrivò alla conclusione che la latenza dei meccanismi nervosi ci fa vivere nel passato. Egli fu in particolare conosciuto per aver messo in dubbio il libero arbitrio e la responsabilità individuale, scatenando l'ira di molti filosofi. I suoi esperimenti dimostrarono che mezzo secondo è il tempo indispensabile per diventare coscienti di una stimolazione portata alla corteccia celebrale. Ma se così è, è difficile immaginare come sia possibile che se siamo toccati o se tocchiamo qualcosa ne siamo immediatamente coscienti, senza alcuna latenza, anche se, per diventare coscienti, la stimolazione nervosa che parte dalla pelle deve poi essere elaborata a livello della corteccia. Avviene dunque una compressione del tempo, ma il come, non è ancora del tutto chiaro. Di conseguenza possiamo affermare che la manipolazione continua da parte del cervello del senso del tempo dimostra che esso venga prodotto da questo organo.

Le illusioni del tempo

Trattando il significato del tempo da un punto di vista neuroscientifico possiamo dire che è formato da processi nervosi trasmessi geneticamente da una generazione all'altra. Il senso del tempo, la cui rappresentazione è uno degli enigmi della mente, è costituito da stima della durata, attesa e ordine di successione degli eventi. L'elemento chiave, che svolge una funzione essenziale è l'ippocampo, non solo per lo spazio e per la memoria ma anche appunto per il senso del tempo.

Scendendo ancora più nel dettaglio, lo si può dividere in *governament time* (GT) e *personal time* (PT). Il primo è il movimento delle lancette sul quadrante, il tempo dell'ordinamento sociale ed istituzionale. Il secondo è inevitabilmente variabile, è il tempo della fenomenologia ed è determinato dall'attenzione agli eventi, dalle emozioni, dall'affettività e dallo stato d'animo. Dunque il nostro senso del tempo è un continuo conflitto tra GT e PT, e la sua percezione può varare a seconda dei casi. Se riflettiamo, durante eventi pericolosi (rapina, incidente) e brevi il tempo scorre più lento e la durata è allungata. Solitamente quando vi è un picco di attenzione, allora la percezione della durata è maggiore.

Il tempo è la costruzione dell'io, sostengono i filosofi come Martin Heidegger, mentre lo scienziato dichiara che è la costruzione di meccanismi nervosi selezionati durante l'evoluzione. Filosofi e scienziati lavorano in maniera diversa e quindi danno alla coscienza un senso diverso del tempo a seconda che si tratti di una valutazione prospettica oppure retrospettiva della durata.²²

In quella prospettiva la durata si riduce all'azione dell'attenzione e all'impiego mentale, dunque è una visione relativa e limitata. Quella retrospettiva invece conduce un'indagine più approfondita.

La compressione, ovvero l'accorciamento e la scomparsa del PT e GT è uno dei meccanismi fondamentali del rapporto tra il mondo e la coscienza.

Del mondo noi crediamo di avere un'esperienza cosciente che gli eventi che coinvolgono più sensi come il suono e la visione siano percezioni sincrone ed immediate. Ma si tratta di un'illusione. Un evento sensoriale e la sua percezione cosciente non sono simultanei. Fra i due momenti c'è un intervallo di mezzo secondo necessario al funzionamento dei

²⁰ A.BENINI, *Neurobiologia del tempo*, Raffaello Cortina Editore, Milano 2017 p. 20

²¹ ibidem

²² ibidem p.51

processi neurobiologici. Quel tempo è compresso e quindi non è avvertito, e si crea una discrepanza tra evento e percezione. Il meccanismo della compressione del tempo in un secondo momento la rileva e provvede ad eliminarla.

Questo sistema ci garantisce una visione cosciente e coerente degli avvenimenti che ci accadono intorno. Neurobiologicamente parlando, si può dire che nell'evoluzione è prevalso un meccanismo di calibrazione dinamico che rende unitaria la percezione di stimoli diversi e cancella il tempo necessario alla corteccia celebrale associativa per rendere gli stimoli coscienti.

La compressione inconscia è dunque ciò che fece affermare a Libet che viviamo nel passato. Significa infatti che diventiamo consapevoli sempre con mezzo secondo di ritardo. Da qui conclude che i meccanismi nervosi precedono la coscienza la quale viene informata in parallelo di ogni azione e pensiero apparentemente volontari.

Conclusione

Un enorme problema sorgerebbe se si prendesse per vera l'ipotesi di Einstein secondo la quale il tempo non esiste. O meglio, nella teoria della relatività generale il tempo sarebbe semplicemente un'etichetta che può variare senza che gli eventi della fisica mutino.

Se ciò fosse vero, non avrebbe senso proseguire nella ricerca sulla scienza biologica che lo indaga. Le neuroscienze infatti non hanno preso in considerazione l'opinione della fisica sulla sua non esistenza, poiché sono sempre state convinte di avere prove del contrario. Secondo questa ipotesi il tempo è reale, facente parte dell'Universo perché codificato dalle aree cerebrali dell'uomo e di molti animali, aree che, costituite da impulsi nervosi, possiedono la stessa struttura intrinseca dell'Universo. L'evoluzione ha selezionato il meccanismo neuronale più adatto a rendere in grado la coscienza di riordinare gli eventi dandoci la percezione del senso del tempo. La coscienza dà una misura quantitativa e assoluta del tempo, e l'uomo in particolare ne è consapevole da quando è autocosciente.

La complessità dei processi a livello neuronale è tale che ancora oggi i dilemmi fondamentali rimangono ancora senza una risposta. Nonostante ciò, la neurobiologia del tempo è certamente uno degli elementi base della coscienza.

Bibliografia

- A.BENINI, *Neurobiologia del tempo*, Raffaello Cortina Editore, Milano 2017
- *Brain*, 1996;
- J.P.CHANGEUX, A.CONNAIS, *Pensiero e materia*, Bollati Boringhieri 1991 Torino;
- S.DEHAENE, *Coscienza e cervello, come i neuroni codificano il pensiero* Scienza e idee Raffaello Cortina editore Varese 2014;
- R.DESCARTES, *La description du corps humain*, Opere, Bompiani, Milano, 2009
- V.GALLSE, P.MIGONE, M.N.EAGLE, *La simulazione incarnata: i neuroni specchio, le basi neuroscientifiche dell'intersoggettività ed alcune implicazioni per la psicanalisi*, Saggio
- G. HICKOK, *Il mito dei neuroni specchio Comunicazione e facoltà cognitive La nuova frontiera*, Bollati Boringhieri Torino 2015;
- D.LODGE, *Pensieri, pensieri*, Bompiani 2002
- S. MORAVIA, *L'enigma della mente*, Laterza, 1988
- H.PLESSNER, *I Gradi dell'Organico. La condizione Umana* 2006;
- V. S. REMACHANDRAN, *Mirror Neurons and imitation learning as the driving force behind "The Great Leap Forward" in human evolution*, 2000;
- G. RIZZOLATTI, C. SINIGAGLIA *So quel che fai, il cervello che agisce e i neuroni specchio*, Scienza e idee Raffaello Cortina editore Milano 2006;

- G.RIZZOLATTI, A.GNOLI, *In te mi specchio, per una scienza dell'empatia*, Rizzoli, 2016 Milano
- S. ROSE, *Il cervello del XXI secolo, Spiegare curare e manipolare la mente*, Le scienze Codice edizioni, Torino 2007

Rivista Telematica *Nuova Didattica* Numero IV - Anno 2017 - ISSN: 2283-723X