

**MARTINA ARDIZZI – PhD Dipartimento Neuroscienze Università di Parma**

**Neuroni Mirror e Cognizione Incarnata: il contributo delle Neuroscienze alla comprensione dello sviluppo cognitivo**

**ABSTRACT**

*La scoperta dei Neuroni Mirror ha portato al ribaltamento delle previgenti concezioni teoriche e scientifiche sulle quali le Neuroscienze Cognitive erano fondate. L'esistenza di meccanismi mirror nell'uomo ha permesso l'uscita dalla dittatura del "Dualismo Cartesiano" e del "Cognitivismo Classico", a favore di una prospettiva, indubbiamente più complessa ed integrata, per la quale Percezione, Cognizione ed Azione lungi dall'essere processi modulari distinti e sequenziali, divengono piuttosto meccanismi integrati e funzionalmente interconnessi.*

*Questa prospettiva ha permesso l'insorgenza di un nuovo approccio alla cognizione umana che viene definito "Cognizione Incarnata" (Embodied Cognition). Senza escludere l'esistenza di altri, più complessi e proposizionali processi cognitivi; la Cognizione Incarnata parte dallo studio della dimensione corporea della cognizione stessa.*

*Questo approccio consente di mettere in relazione il sistema cervello-corpo ed i suoi processi con il tema dell'intersoggettività e della soggettività, mostrando come queste nozioni siano inscindibilmente interrelate a livello biologico.*

*Da questa prospettiva lo sviluppo cognitivo è quindi fortemente interconnesso con l'espansione del controllo anticipato dell'azione e con l'esistenza e lo sviluppo di meccanismi neurali di sintonizzazione con le azioni altrui. In questo intervento si delineeranno quelle che sono le più recenti scoperte neuroscientifiche allo scopo di fornire una dettagliata descrizione dei meccanismi neurobiologici che sostengono l'approccio della Cognizione Incarnata, descrivendo come questa prospettiva possa gettare nuova luce sullo studio dello sviluppo cognitivo e dell'apprendimento umano.*



## RIASSUNTO DELL'INTERVENTO

Le recenti ricerche neuro scientifiche hanno completamente ribaltato i precedenti assunti poiché per diversi anni siamo stati sotto la dittatura del dualismo cartesiano mente e corpo. Il quadro teorico di riferimento era il cognitivismo classico per il quale i processi mentali erano processi rigidi e logici che andavano ad agire sulle presentazioni astratte.

L'esemplificazione migliore forse è quella del modello del sandwich cognitivo dove attorno ritroviamo due parti, percezione e azione, considerate come contorno mentre l'unico elemento veramente consistente da andare ad indagare era la cognizione. Il cervello veniva considerato in questo verso: da cervello che pensa a cervello che esegue. Non vi era assolutamente visione globale ed integrata. Recentemente (primi anni 90) sono state ribaltate queste prime posizioni. Vediamo ora il perché.

Nel 1992 a Parma si studiava la corteccia pre-motoria del macaco. Una corteccia che controlla i movimenti del braccio e mano della scimmia. Ci si aspetta di trovare appunto neuroni motori che configurano velocità, contrazione dei muscoli, etc. Troviamo invece neuroni che codificano "atti motori" cioè non movimenti ma azioni volte ad uno scopo. In questo caso lo scopo è quello di "afferrare" poco importa se con mano destra, sinistra o bocca.

Passiamo ad una regione leggermente più dorsale nella quale troviamo neuroni detti "bimodali" ovvero neuroni che non sono esclusivamente motori ma rispondono anche a stimolazioni percettive, tra cui quelle sensoriali e quelle visive. Questo ribalta tutte le concezioni precedenti poiché se in corteccia motoria troviamo neuroni rispondenti alla visione di stimoli è evidente che il modello sandwich non sta già più in piedi.

Questi neuroni denominati "canonici" rispondono alla visione di oggetti tridimensionali e rispondono appunto all'esecuzione di un azione che può essere effettuata su quell'oggetto. La mia conoscenza dell'oggetto oltre che essere visiva mi informa anche su che proprietà motorie ha questo oggetto ovvero come posso prenderlo e come posso interagire con esso. Ed è proprio in questa stessa regione che troviamo i neuroni "mirror". Anche quest'ultimi sono neuroni bimodali come i precedenti infatti rispondono al movimento eseguito dall'animale e alla visione di stimolazioni che in questo caso non sono altro che l'azione eseguita da un altro individuo.

Il mio afferramento attiva in me il mio neurone motorio e in voi (che non state eseguendo nessun movimento) i vostri neuroni mirror per l'afferramento. Cosa vuol dire? In modo immediato la mia corteccia motoria non solo capisce cosa sto facendo ma me lo dice attraverso la sua stessa attivazione, come se foste voi a compiere l'azione. La mia corteccia motoria vede un movimento e si attiva come se fosse essa stessa ad eseguirlo. Nasce l'idea tra gli studiosi che questi neuroni avessero la funzione di codificare gli scopi delle azioni se questo è vero devono rispondere ad azioni che vengono eseguite per lo stesso scopo ma con azioni differenti. Hanno addestrato scimmie ad afferrare noccioline con le mani, pinze classiche e pinze inverse. Il neurone si attivava in tutti i casi, quando afferra con la mano, con pinze e pinze inverse. Non importa come ha eseguito l'azione l'importante è che sia volta all'afferramento, in questo caso, dell'oggetto.



I neuroni “mirror” rispondono anche a stimoli uditivi a dire che non importa l’intera scena visiva, il neurone interpreta per poter capire cosa sta succedendo. In una regione più parietale, più posteriore, si sono trovati ulteriori neuroni che rispondono anche a delle intenzioni. Io posso “afferrare” per mangiare o per lanciare o per spostare. Addestrando le scimmie a prendere per portare alla bocca o prendere per posare in una scatola vicino le labbra sono stati trovati neuroni che rispondono selettivamente per le diverse intenzioni non solo in esecuzione ma anche in osservazione della medesima azione. Questi neuroni, anche nei primati, hanno delle proprietà che permettono di capire, attraverso meccanismi puramente motori senza far nessun tipo di ragionamento cognitivo, qual è lo scopo o l’intenzione dell’oggetto.

Nell’uomo sono presenti questi neuroni?

Premessa, non possiamo registrare il singolo neurone sull’uomo se non in casi particolarmente fortunati scientificamente e sfortunati umanamente come in pazienti che necessitano di impianti chirurgici particolari quindi ci si basa su tecniche che vanno ad evidenziare aree di attivazione cerebrale. Mappe di risonanza magnetica, di numerosissimi lavori, mettono in evidenza come in corteccia siano numerosissime le regioni con proprietà “mirror” nell’uomo. Studiando soggetti apasici, individui senza braccia, durante l’osservazione di afferramenti da parte di soggetti normodotati è emerso che quando osservavano questi gesti attivavano le loro aree motorie legate alle gambe e ai piedi cioè gli effettori che loro utilizzavano per afferrare. Questo ci riporta al discorso che non è importante come lo fai ma lo scopo.

Per quanto riguarda l’esperienza è importante che per la risposta dei neuroni mirror l’azione osservata faccia parte del bagaglio esperienziale motorio del macaco, questo è vero in parte anche per l’uomo. Se non fa parte della nostra esperienza motoria possiamo sicuramente capire tramite l’osservazione ma non possiamo riempire completamente l’azione. Come afferma Edith Stein:

*“riferendosi all’osservazione di azioni animali io posso per esempio entro sentire un dolore quando l’animale viene colpito e sta soffrendo ma altre cose come alcune sue posizioni, certi suoi movimenti mi sono date solo come rappresentazioni vuote senza la possibilità di un riempimento. Quanto più mi allontanano dal tipo umano tanto più piccola diventa questa possibilità di riempimento”*

È proprio questo, se non fa parte della nostra esperienza motoria possiamo capire attraverso altri meccanismi cosa sta facendo l’animale ma non possiamo capire attraverso una risonanza motoria. L’esperienza motoria poi non è soltanto quello che ci è dato alla nascita ma nella nostra vita la sviluppiamo, impariamo a ballare, a suonare il piano per esempio. In tutte queste esperienze l’attivazione dei neuroni “mirror” è particolarmente sensibile. A bambini di 14-16 mesi sono stati mostrati filmati di bambini che sapevano gattonare e/o camminare tutti i partecipanti allo studio erano in grado solo di gattonare.

L’attivazione “mirror” era maggiore rispetto all’azione del gattonare perché era già presente dentro il loro bagaglio motorio. L’attivazione “mirror” però era presente anche per l’azione del camminare il che ha aperto numerose questioni quali quella dell’apprendimento per imitazione. Per queste ragioni si è proposto che il sistema “mirror” avesse uno scopo funzionale che fosse quello dell’apprendimento imitativo. Per imitazione ci riferiamo alla replica immediata di movimenti mentre per apprendimento imitativo ci riferiamo alla creazione di nuove competenze motorie. Cosa accade nell’apprendimento imitativo? Se dobbiamo apprendere qualcosa che non fa parte del nostro



bagaglio motorio e quindi non dovrebbe reclutare il sistema “mirror”? A soggetti che non avevano mai avuto esperienza con la chitarra venivano mostrati degli accordi eseguiti sul manico della chitarra. Veniva chiesto di osservarli e basta, di osservarli per poi imitarli, oppure di osservarli per poi eseguire un’azione che non c’entrava nulla.

Nella condizione di osservazione per imitazione durante la pausa, dopo la visualizzazione dello stimolo e prima della richiesta di movimento, vi era l’attivazione di meccanismi “mirror” perché il soggetto aveva visto l’azione che poi doveva andare a replicare, in questo pausa si andava a reclutare il sistema motorio affinché si possano mettere in atto per l’esecuzione effettiva del movimento.

Si ritorna al modello osservazione trasformazione e riorganizzazione il sistema “mirror” è un sistema funzionale all’apprendimento e all’imitazione. Appare evidente come il modello iniziale non è più sufficiente infatti percezione e cognizione sono fuse insieme poiché se la mia corteccia motoria mi sta già ad indicare lo scopo o l’intenzione dell’attore che sto osservando questa è già cognizione se la mia corteccia motoria mi serve per imparare ad eseguire anche qui stiamo parlando sempre di cognizione.

Parliamo quindi a questo punto di cognizione incarnata ci riferiamo al fatto che la gran parte dei processi cognitivi avvenga mediante sistemi dei sistemi di controllo del corpo. Ci sono interazioni tra meccanismi cognitivi e sistemi senso motori. Questa interazione non è più messa in discussione. Nel momento in cui parliamo di ciò dobbiamo definire che cosa intendiamo per incarnato. Secondo la nostra prospettiva, non condivisa da tutti, intendiamo la natura stessa delle rappresentazioni che sono messe in atto. La mia convinzione può essere incarnata in virtù del fatto che ho dei contenuti motori che entrano in gioco per scopi di ordine superiore cognitivo ad esempio, quando un uomo letterato legge verbi del tipo motorio come ad esempio calciare, prendere, lanciare etc. attiva la propria corteccia motoria legata di fatto all’esecuzione fisica del movimento. Insieme alla comprensione semantica e grammaticale c’è anche una cognizione incarnata di quello che sto leggendo ovvero una comprensione diretta dell’azione motoria che in questo caso è il calciare.

Più recentemente questi aspetti sono stati osservati anche nella cognizione matematica, siamo ai primi studi, però in questo studio veniva richiesto a dei soggetti di decidere se il numero era pari o dispari intanto venivano misurate le attivazioni muscolari della mano dominante del soggetto. Quando il compito era di decisione se pari o dispari su dei numeri da 1 a 4 cioè numeri che potevo contare su una mano si attivavano i muscoli sulla mano dominante se invece dovevano decidere su un numero da 6 a 9 questa attivazione non sussisteva proprio perché non posso quindi c’è effettivamente una attivazione durante un compito di decisione su pari o dispari su numeri di piccole dimensioni. Di fatto c’è una relazione che possiamo solo vedere a livello sperimentale e possiamo evidenziarla solo tramite azioni indirette, muscolari, corticali ma che fanno da indice al fatto che vi sia una coerenza tra aspetti cognitivi superiori come la decisione di un numero pari o dispari che non sta nel nostro sistema motorio e la grandezza di un numero che di fatto invece c’è.

Parlando di cognizione, non esiste solo la cognizione “cold” fredda come linguaggio e matematica ma esistono anche le abilità sociali che fanno parte delle nostre competenze cognitive. Parliamo ora quindi di simulazione incarnata.



Il sistema corpo e mente che abbiamo già deciso non essere più scindibile, quando lo relazioniamo agli aspetti “mirror” notiamo come il concetto di intersoggettività e soggettività siano a livello biologico inscindibili questo perché le altrui azioni, intenzioni, emozioni, sono rappresentazioni motorie, visceromotorie, somatosensoriali che io posseggo e posso riutilizzare, cioè riattivare in termini corticali, per comprendere le altrui emozioni, sensazioni. Per questo motivo parlo di simulazione incarnata poiché riusciamo le stesse strutture corticali non per fare quello che gli altri stanno facendo ma per comprendere cosa sta facendo l'altro. Incarnato perché non è possibile applicarlo a tutti i concetti in assoluto ma solo a quelli che hanno una base motoria, io non posso incarnarmi il concetto di ideale o di sogno. Quindi l'intersoggettività diventa quella che Gallese chiama intercorporeità cioè il mio corpo diventa il mezzo della mia relazione intersoggettiva.

Uno dei veicoli delle emozioni tra gli esseri umani sono le espressioni facciali, sono importanti meccanismi di comunicazione immediata non troviamo differenze nelle emozioni di base a livello culturale, troviamo regole ma in sé per sé la paura viene sempre espressa allo stesso modo. Quando esprimo un'emozione attraverso le mie espressioni facciali o quando osservo le espressioni di un individuo si attivano le stesse aree proprio come se stessi esprimendo io quell'emozione. Ancora di più quando osservo le espressioni del volto di un individuo si attivano i miei stessi muscoli del volto questo non vuol dire che sorriso al sorriso dell'altro ma è un meccanismo che mi permette di comprendere le emozioni dell'altro.

Se fosse tutto così vivremmo in una sorta di mondo in cui le nostre aree cerebrali sono attive sempre, in realtà, esistono dei meccanismi di controllo. L'empatia non è sinestesia, è il comprendere l'esperienza dell'altro essendo certi che non è la mia. Questi meccanismi sono sostanzialmente due: da un lato è una diversa ampiezza dell'attivazione delle aree corticali. In un soggetto sinestesico ad esempio se ti poni di fronte a lui e ti tocchi lui afferma di sentire la stessa sensazione sulla sua pelle, quindi completamente perso la distinzione fra sé e altro.

Le aree si attivano a livello somato-sensoriale allo stesso modo di un soggetto normale ma senza differenza di ampiezza se era veramente lui ad essere toccato o se era un altro. Vuol dire che l'ampiezza della risposta è una sorta di indice di chi appartiene effettivamente quell'esperienza. Un secondo meccanismo riguarda l'insula una regione sotto corticale che risponde a tutto ciò che è identità, la nostra canzone, una nostra foto da piccoli ecc. Durante situazioni di tocco la corteccia somato-sensoriale si attiva sia che siamo noi ad essere toccati sia che vediamo un altro ad essere toccato l'insula no, si attiva solo se siamo noi ad essere toccati come a dire che questa è un'esperienza propria nostra. Questi meccanismi ad esempio saltano in pazienti schizofrenici nei quali l'insula si attiva in entrambi i casi questo li porta ad una difficile distinzione fra sé e altro.

Ad oggi non sappiamo se i neuroni “mirror” si vadano a sviluppare o se sono presenti fin dalla nascita sicuramente sappiamo però che i neonati sanno imitare gesti facciali espressioni e anche piccoli movimenti delle dita che hanno osservato. Possiamo dire quindi se i neuroni “mirror” sono un sub-strato funzionale all'imitazione potrebbe voler dire che sono attivi e/o reattivi a questo tipo di stimolazione. Attraverso ecografie 3D hanno studiato le interazioni sociali tra feti gemelli e hanno osservato i movimenti auto-diretti ed etero-diretti. E' emerso che tra la 14/15° settimana i movimenti diretti all'altro feto arriva con traiettorie ben precise e sanno cosa stanno andando a toccare se testa o schiena propria o altrui quindi di fatto c'è una programmazione motoria. Verso la 18° settimana i contatti verso l'altro superano in frequenza quelli rivolti a sé stesso quindi pare appunto ci sia una vera e propria pianificazione base del movimento.



## MONDIPARALLELI

saperi matematici e infanzia  
Seminario 06-07 Marzo 2015



Se è possibile che i neuroni “mirror” siano presenti nei primi periodi di vita, forse anche nei periodi pre-natali è evidente che possono sussistere condizioni che alterano questo sviluppo come ad esempio l’autismo. Quello che stiamo cercando di valutare è se i neuroni “mirror” possano essere almeno uno dei concorrenti in questo tipo di patologia. A bambini minori di 10 anni sani e bambini affetti da autismo veniva insegnato ad afferrare un oggetto e poi a riporlo o in un contenitore o a portarlo alla bocca.

In bambini sani, il muscolo che si attiva durante la deglutizione è attivo non solo quando arriva la caramella in bocca ma anche quando c’è l’avvicinamento del braccio quindi nuovamente abbiamo una interpretazione dell’azione che stiamo compiendo. In soggetti autistici c’è una più tardiva attivazione di questo muscolo. Oltre a ciò se osservano un altro individuo compiere quest’azione nei bambini sani l’attivazione è presente anche in osservazione, i bambini con autismo non presentano questa modalità. Ulteriori studi supportano questa teoria del fatto che ci sia proprio una difficoltà nell’interpretazione dell’altrui azione da parte del bambino affetto da autismo.

Concludendo possiamo dire che a livello del sistema cervello-corpo, l’azione, la percezione, sono la stessa cosa sebbene siano differentemente connesse e organizzate a livello funzionale. L’esistenza di questi meccanismi non vuole minimizzare l’esistenza di altri sistemi di ordine superiore e squisitamente proporzionali.

