


Ricerche ed Esperienze  
Inquire and Experiences





# Comprendere e apprendere con le rappresentazioni sensorimotorie

## Understanding and learning with sensorimotor representations

Daniela Mario

Independent Researcher – Imariod@gmail.com

### ABSTRACT

The following article proposes a learning model based on the recognition of a sensorimotor basis of mental representations, as demonstrated by the most recent neuroscientific research. The hypothesis is that, even in educational contexts, the comprehension of a text or a concept is linked to the possibility of automatically grasping the "object-purpose relation".

We support the idea that level of comprehension is based on the degree of "tuning" created between the perceptual-motor patterns (previously mapped by the subject based on the purpose) and the structure of relation that is caught from the context. We assumed also the involvement of a cognitive mechanism similar to the metaphor, especially when the perceived structure of relation do not coincide with the possessed schemes; the metaphor would act at the neural level, orienting the selection of the sensory-motor patterns that lead to understanding.

We believe that the knowledge of these mechanisms and their implications in learning can provides, to Pedagogical Sciences, a useful research direction for building good teaching practices.

Il contributo propone un modello di apprendimento basato sul riconoscimento della natura sensorimotoria delle rappresentazioni mentali, come dimostrato dalle più recenti ricerche neuroscientifiche. L'ipotesi è che, anche nei contesti educativi, la comprensione di un concetto o di un testo sia collegata alla possibilità di cogliere, a livello automatico, la "relazione oggetto-scopo".

Si sostiene che il livello di comprensione sia collegato al grado di "sintonizzazione" che si crea tra gli schemi percettivo-motori (precedentemente mappati dal soggetto in base allo scopo) e la struttura di relazioni che si coglie nel contesto. Si ipotizza anche il coinvolgimento di un meccanismo cognitivo simile alla metafora, soprattutto quando le strutture di relazione percepite non coincidono con gli schemi posseduti; la metafora agirebbe a livello neurale, orientando la selezione degli schemi sensoriali-motori che portano alla comprensione.

Pensiamo che la conoscenza di tali meccanismi e delle loro implicazioni nell'apprendimento, possa fornire alle scienze dell'educazione e della formazione una direzione di ricerca utile alla costruzione di buone pratiche d'insegnamento.

### KEYWORDS

Mirror Neurons; Embodied Learning; Attunement Intentional; Metaphorical Process.

Neuroni Specchio; Apprendimento Embodied; Sintonizzazione Intenzionale; Processi Metaforici.

## Introduzione

Il presente contributo intende offrire alle scienze dell'educazione e della formazione alcune riflessioni derivanti dalle implicazioni della ricerca neuroscientifica e dall'approccio *embodied* alla conoscenza. Lo scopo è quello di favorire il ricorso a strategie d'insegnamento più conformi al modo di apprendere e funzionare del cervello/mente, incoraggiando nel contempo la tanto auspicata integrazione tra scienze cosiddette *esatte* e scienze umane.

Oggi, grazie alle possibilità consentite dai metodi di *brain imaging*, e alla conseguente identificazione dei correlati neurali alla base dei processi psichici, conosciamo molte più cose sul funzionamento cerebrale di quante ne sapevamo alcuni anni fa. Anche se resta ancora molto da capire rispetto ai molteplici e intrecciati livelli di organizzazione che danno origine al pensiero e alla comprensione, attualmente disponiamo di notevoli evidenze empiriche a sostegno della complessa interazione tra cervello e cultura, e il loro reciproco determinarsi e autodefinirsi.

Sapevamo da tempo che l'apprendimento è il risultato di un'interazione tra il soggetto e l'oggetto della relazione, ivi incluso l'ambiente circostante con i suoi strumenti a disposizione; e la psicologia dell'apprendimento, le scienze dell'educazione e della formazione, da anni ci informano che l'imparare implica un processo dinamico di costruzione condivisa di significati e non un semplice assorbimento di informazioni. Cosa ci dicono in più le neuroscienze, oggi, sui processi di apprendimento?

La ricerca neuroscientifica ci ha consegnato una mente incarnata (*embodied*) e una spiegazione del funzionamento cognitivo alquanto diversa da quella consegnataci dal cognitivismo classico, aprendo così la strada alla necessità di una revisione critica di tutte le teorizzazioni che sono state elaborate senza fare i conti con il funzionamento cerebrale.

Attualmente disponiamo di numerose evidenze empiriche a sostegno dell'implicazione del sistema motorio nella comprensione delle azioni, dei comportamenti e delle situazioni che costituiscono la base della nostra conoscenza del mondo. In particolare, gli studi sviluppatasi intorno alla scoperta dei neuroni specchio (Rizzolatti, Gallese, Fadiga, Fogassi, Pellegrino, 1996) evidenziano che la comprensione recluta, almeno nella fase d'avvio, l'area motoria del cervello e che questa, attraverso il funzionamento del sistema dei neuroni specchio organizza la comprensione intorno ad uno scopo (Iacoboni et al., 2005).

Un tale orientamento è condiviso dall'approccio *embodied* della cognizione, secondo cui tutte le attività dipendono da segnali, dal corpo al cervello e dal cervello al corpo, e dal fatto che il corpo comunica e si muove costantemente in un ambiente che lo influenza e che influenza a sua volta. Rispetto all'approccio cognitivista, la prospettiva *embodied* comporta una spiegazione diversa del modo in cui ci rappresentiamo gli oggetti. Si ritiene, ad esempio, che quando pensiamo ad una sedia, o anche quando sentiamo o pronunciamo la parola "sedia", si riattivano i circuiti che mappano le azioni che abbiamo esperito con quell'oggetto e cioè: l'uso che ne facciamo, l'esperienza visiva della forma/colore, quella motoria del sedersi, la sensazione tattile del contatto, ecc. Il significato quindi, in tale prospettiva, deriverebbe dalla relazione organismo-ambiente (cognizione incarnata e situata) e non da una rappresentazione su base simbolica, e si configurerebbe come una proprietà emergente: il significato non dipenderebbe da una singola unità del circuito, ma emergerebbe dalla struttura stessa delle interconnessioni tra le unità di una rete neurale (Feldman e Narayanan, 2004).

A partire dalle evidenze maturate in ambito neuroscientifico e da alcuni studi sulla comprensione del testo realizzati secondo la “prospettiva in prima persona”, il presente contributo cercherà di chiarire, dapprima, perché si parla di natura motoria e intenzionale della comprensione e, a seguire: l'importanza del realizzarsi della *sintonizzazione intenzionale* per assecondare un modo di comprendere e apprendere più “naturale”; come colmare il divario quando le reciproche rappresentazioni non sono condivise; l'importanza di afferrare lo scopo per una comprensione profonda e, infine, alcune indicazioni, per le scienze della formazione, derivanti dalle implicazioni dei processi di rispecchiamento.

## 1. La base motoria e intenzionale dell'apprendere

Cosa significa che la base della comprensione è di origine motoria? Significa che occorre impiegare il corpo e il movimento per favorire l'apprendere? Secondo la teoria ES (*embodied simulation*; Gallese, 2006a) non si tratterebbe di questo. Anche se corpo e movimento rimangono comunque ingredienti importanti dell'apprendere, per “base motoria” s'intende che l'area motoria del nostro cervello partecipa (almeno come innesco) alla comprensione delle azioni/situazioni che accadono intorno a noi. Come si è arrivati a questa conclusione?

Si è scoperto che siamo dotati di una particolare classe di neuroni (i neuroni specchio, scoperti nei primi anni '90 del secolo scorso, a Parma, dall'équipe di G. Rizzolatti) che rispecchiano, cioè simulano su base motoria, le azioni eseguite da altri mentre noi le percepiamo, come se fossimo noi ad eseguirle. Se quando osserviamo un'azione si accendono gli stessi circuiti che si attivano quando siamo noi ad eseguire quell'azione, significa che usiamo le stesse connessioni sensorimotorie per comprendere un'azione osservata senza eseguirla.

Se questo è vero, e ormai è ampiamente dimostrato e condiviso dalla ricerca internazionale, significa che l'area motoria, da sempre ritenuta esclusivamente delegata all'esecuzione e al controllo delle azioni, è invece implicata anche nella comprensione dell'azione. In altre parole, ci si è resi conto che l'area motoria, situata nella parte posteriore del lobo frontale, è anatomicamente molto più complessa di quanto si pensava; essa risulta infatti connessa alle aree sensoriali (occipitali, parietali, temporali) e alla corteccia prefrontale, cioè alle aree deputate ai processi cognitivi superiori, come la pianificazione.

Una volta riscontrata la presenza nell'area motoria di un meccanismo neurale di rispecchiamento, è stato proposto dai ricercatori di Parma che esso poteva essere interpretato come meccanismo-base della “concettualizzazione”, in ragione del fatto che i *mirror* codificano il significato nel farsi dell'azione (eseguita o osservata) e dunque in relazione al modo in cui l'azione è stata esperita e incarnata (Gallese et al. 1996; Rizzolatti et al. 1996). Pertanto, dal momento che percezione, azione e cognizione insistono tutte sulla stessa concatenazione motoria, l'attivazione di quest'ultima comporta una comprensione diretta dell'azione altrui ed è questo che porta Rizzolatti a dire: “...il cervello che agisce è anche e innanzitutto un cervello che comprende” (in *So quel che fai...* Rizzolatti e Sinigaglia, 2006, p. 3). I due autori mettono in evidenza come la possibilità di comprendere sia legata al “vocabolario di atti” che si possiedono sulla base della propria esperienza: più è grande il vocabolario di atti, più siamo in grado di apprendere. Un famoso studio fMRI (Buccino et al. 2004a) ha dimostrato come nell'uomo, l'attivazione di regioni del sistema motorio di fronte all'osservazione di azioni comunicative (rispettivamente di un uomo, una scimmia e un cane) sia collegata alla presenza o meno

dell'azione osservata nel repertorio motorio dell'osservatore. Un altro esperimento fMR (Calvo-Merino et al. 2005) condotto su due gruppi di danzatori professionisti (ballerini di capoeira e ballerini di danza classica) ha evidenziato come l'area motoria si attivi diversamente in relazione alle competenze possedute dai ballerini.

La cosa sorprendente del "sistema specchio" non è solo lo "sfruttamento" dei circuiti motori per altri scopi (comprendere azioni per es., o strutturare frasi, come approfondiremo nel secondo paragrafo) quanto il fatto che i *mirror* mappano e conservano le relazioni intenzionali (oggetto-scopo) che continuamente esperiamo nell'ambiente e che costituiscono la base neurale dei nostri apprendimenti. Per fare un esempio: se noi osserviamo qualcuno che afferra una mela per portarla alla bocca, attiviamo neuroni diversi rispetto a quelli che si attivano quando osserviamo qualcuno afferrare una mela per riporla in un contenitore; l'azione è la stessa (afferrare una mela) ma lo scopo è diverso. Diversamente, se osserviamo qualcuno schiacciare una nocciolina per mangiarla o afferrare una mela per portarla alla bocca, attiviamo lo stesso neurone perché entrambe le azioni sono accomunate dallo scopo "mangiare" (Fogassi et al., 2005). In altre parole il sistema dei neuroni specchio organizza la comprensione su base intenzionale, cioè intorno ad uno scopo.

Secondo la prospettiva neuroscientifica, comprendere significa dunque "cogliere lo scopo" di un'azione o situazione, ovvero prevedere il risultato delle sue conseguenze. Infatti un'azione (non essendo un semplice movimento) comporta sempre una direzione, cioè uno scopo; attivare il circuito che mappa l'azione osservata significa averne già colto implicitamente lo scopo perché, se così non fosse o se l'intenzione individuata fosse altra o sconosciuta, si attiverebbe un'altra concatenazione scopo-diretta o nessuna.

Trasferendoci a livello cognitivo, le domande che nascono sono molteplici. Eccone alcune: se il cervello organizza la comprensione intorno ad uno scopo, che ruolo ha la comprensione dello scopo nell'apprendimento dei contenuti scolastici? Quanto pesa la capacità di prevedere le conseguenze delle azioni/intenzioni percepite nella relazione educativa sulla processazione dell'apprendimento? Da cosa dipenderebbe la possibilità di cogliere le "relazioni intenzionali" implicite in una configurazione stimolo? Ne parliamo al paragrafo 5.

## **2. La comprensione secondo il paradigma neuroscientifico: una ricerca**

Come già anticipato, dopo la scoperta dei neuroni specchio, la comprensione non sarebbe prodotta, come classicamente si sostiene, dall'integrazione sensoriale-motoria ottenuta ad un "livello alto" in una presunta "area di associazione" indipendente dall'area motoria, ma dipenderebbe dall'attivazione di programmi sensorimotori, gli stessi che utilizziamo per eseguire le azioni che si osservano o si ascoltano. Secondo il paradigma neuroscientifico, per comprendere il mondo e gli altri sfruttiamo le stesse modellizzazioni che impieghiamo quando agiamo in "prima persona", grazie ad un meccanismo inconscio e automatico di simulazione motoria, l'*Embodied Simulation* (Gallese, 2006b).

In contrasto con le spiegazioni fornite dalla scienza cognitiva classica, la comprensione di un'azione e l'attribuzione di intenzioni non appartenerebbero a domini cognitivi diversi, in quanto entrambi sarebbero il risultato della *simulazione motoria* conseguente all'attivazione di "catene di neuroni specchio logicamente collegate" (Gallese, 2006b; p. 553).

Dall'*Embodied Simulation* deriverebbe dunque la concezione della natura teleologica della comprensione: comprendere significherebbe “cogliere lo scopo” di un'azione o situ-azione in un formato sensori-motorio, ovvero non proposizionale ma pre-linguistico e pre-riflessivo.

Un interessante contributo delle neuroscienze cognitive al tema della comprensione è l'aver scoperto che, non solo quando osserviamo ma anche quando leggiamo o ascoltiamo narrazioni, attiviamo una parte sostanziale del nostro sistema senso-motorio (Pulvermüller, 2005; Glenberg e Gallese, 2011). Tali evidenze mirano a stabilire un ruolo causale dell'*Embodied Simulation* nella produzione e strutturazione di frasi e nella loro comprensione. Nicoletti e Borghi (2007) hanno condotto una serie di studi comportamentali a verifica dell'idea che i concetti mediati da parole si fondano sulla percezione e sull'azione, cioè riattivano l'esperienza senso-motoria legata agli oggetti cui si riferiscono. Gli esperimenti effettuati dimostrano la stretta interazione tra linguaggio, concetti e sistema motorio (vedi anche Gallese e Lakoff, 2005) difficilmente spiegabile da una teoria proposizionale (approccio cognitivista), fornendo sostegno alla teoria *embodied* della conoscenza.

Sulla scia di queste evidenze, sono state condotte alcune ricerche sul ruolo dei processi simulativi e metaforici nella comprensione del testo (Mario, 2011; 2012; 2013) nel tentativo di esplorare l'ipotesi secondo cui la comprensione deriverebbe dalla possibilità di “immaginare” (inteso come *simulare*) ciò di cui si parla nel testo, a partire da parole o gruppi di parole che attivano percorsi percettivo-motori riconducibili all'esperienza di chi legge. L'assunto di base di tali studi si fonda sull'idea che le parole e le loro connessioni (che hanno preso il posto delle azioni e percezioni a livello cognitivo), richiamando su base metaforica, cioè per somiglianza di “struttura di relazioni”, le sequenze senso-motorie mappate a livello neurale, attivano una configurazione che consentirebbe la comprensione del testo, in virtù del grado di sovrapposibilità/somiglianza che si viene a creare tra i due livelli di strutturazione concettuale (neuro-cognitiva e testuale). In una delle ricerche (Mario, 2013) ci si è avvalsi di una prova di “categorizzazione testuale” (CAT) costruita ad hoc e composta di 4 brevi testi (di cui uno utilizzato come test-esempio) e 24 immagini-metafora (6 per ogni testo). Per ogni testo gli studenti dovevano:

- rispondere ad una domanda a scelta multipla sullo scopo del testo (indicatore di comprensione);
- scrivere le singole parole (intese anche come verbi o connettivi logici) che avevano permesso di cogliere lo scopo del testo (incidenza di parole senso-motorie);
- scrivere l'esperienza personale o l'immagine evocata durante la lettura del testo (in due righe);
- scegliere, tra le 6 immagini a disposizione, quella che avrebbe potuto rappresentare una metafora del testo;
- spiegare il motivo della scelta dell'immagine (in due righe).

La CAT è stata applicata ad un centinaio di studenti delle classi terze della scuola Secondaria di Primo Grado (49 studenti nello studio-pilota per la messa a punto dello strumento e 55 studenti nella prova finale). L'analisi dei dati è stata effettuata su un totale di 165 testi analizzati [3 x 55], 165 accoppiamenti testo-immagine e 165 associazioni testo-esperienza personale. Questi, in sintesi, i risultati ottenuti:

- la comprensione del testo è innescata da parole-concetto, o gruppi di parole di natura sensori-motoria, nel 94% dei casi e indipendentemente dalla comprensione o meno dello scopo del testo. Il dato sostiene l'ipotesi che, in ogni caso, ognuno si "aggrappa" alle parole che rimandano alla propria esperienza sensorimotoria.
- la configurazione mentale, attivata dalle parole-concetto e dalle loro relazioni, si "riflette" nella scelta dell'esperienza personale richiamata dalla struttura del testo - *gestalt esperienziale*<sup>1</sup> nel linguaggio di Lakoff e Johnson - (1998), consentendone il livello di comprensione in relazione alla sovrapposibilità possibile tra la *gestalt esperienziale* e la struttura testuale. Quando si realizza una buona comprensione del testo (intesa come comprensione dello scopo) nel 66% dei casi si manifesta una equivalenza strutturale tra *gestalt esperienziale* e struttura del testo.
- la configurazione generata dalle mappe sensorimotorie attivate dalle parole-concetto si "riflette" (cercando di sintonizzarsi agli schemi disponibili attraverso i meccanismi metaforici) nella scelta dell'immagine assunta a metafora del testo; quando si realizza la somiglianza strutturale esperienza/testo, nel 97% dei casi si ottiene anche l'individuazione dell'immagine/metafora conforme a entrambe.
- la comprensione del testo richiede un certo livello di consapevolezza della configurazione/struttura generata dalla dinamica sensorimotoria del testo; l'ipotesi è stata avvalorata analizzando le risposte relative alla motivazione della scelta dell'immagine-metafora del testo e in base alla coerenza rilevata tra le risposte nei compiti richiesti.

### 3. La sintonizzazione che produce apprendimento

Secondo il paradigma neuroscientifico, in coerenza con quanto sommariamente sintetizzato nei paragrafi precedenti, la comprensione e l'apprendimento di nuovi concetti deriverebbe, non solo dai contenuti delle mappe mentali individuali, ma soprattutto dal realizzarsi di uno stato di *sintonizzazione* tra gli schemi sensorimotori posseduti (o modelli/rappresentazioni motorie) e gli schemi/stimolo che si ricevono dall'esterno.

Gallese fa notare (2008) che per simulare, o rispecchiare un'azione, occorre pianificarla, cioè prevederne le conseguenze (collegate allo scopo dell'azione), sia quando la eseguiamo che quando la percepiamo. A sua volta, come già anticipato nel paragrafo 1, questa possibilità è legata al "modello" incorporato di quell'azione, cioè alla sua "rappresentazione" motoria non proposizionale. Ne consegue che la possibilità di comprendere lo scopo dell'azione dipende dal repertorio di colui che simula e dal grado di condivisione con il repertorio-target (Gallese, 2010). In altre parole, più è esteso il repertorio di "relazioni intenzionali" (oggetto-scopo), più è probabile la condivisione delle reciproche pre-rappresentazioni e dunque la comprensione dello scopo dell'azione percepita (Borghi e Nicoletti, 2012).

1 Con il termine *gestalt esperienziale* Lakoff e Johnson (1980) intendono sottolineare che noi arriviamo ad afferrare un concetto sulla base delle esperienze che abbiamo avuto con gli altri e le cose; queste esperienze sono organizzate in ambiti strutturati, che gli autori definiscono *gestalt* basate su particolari dimensioni (parti, sequenze, cause, scopi...) e non in concetti isolati; ogni ambito rappresenta quindi una *gestalt fondata sull'esperienza* (p.149).



Quando si realizza la condizione suddetta, cioè quando nell'osservatore e nell'esecutore risuona il circuito che mappa la stessa relazione agentiva (stesso scopo) si genera quel particolare stato che Gallese definisce *sintonizzazione intenzionale*, che diventerebbe "consustanziale al rapporto di reciprocità dinamica che sempre s'instaura tra il polo soggettivo e quello oggettivo della relazione interpersonale" (Gallese, 2007; p. 9). Gallese ipotizza che il livello di *sintonizzazione* in grado di produrre processi di apprendimento, o di "aggiustamento di stati neurofisiologici", si realizzi di fronte ad una differenza minima delle reciproche pre-rappresentazioni, come in una sorta di "piccoli passi", e che differenze superiori a una certa soglia non smuovono, cioè non trascinano verso il cambiamento, ostacolando così l'apprendimento (Gallese, 2006).

Il ragionamento di Gallese rimanda senza dubbio al concetto di *zona di sviluppo prossimale* (ZSP) di Vygotskij (1962), punto di riferimento costante per studiosi, educatori e formatori dalla seconda metà del XX secolo ai giorni nostri. Vygotskij introduce il concetto di ZSP per spiegare il rapporto tra l'aiuto esterno e le risorse maturate dal bambino ad un certo momento del suo processo di apprendimento. La ZSP è definita come la distanza tra il livello di sviluppo attuale e il livello di sviluppo potenziale che può essere raggiunto con l'aiuto di altre persone con maggiori competenze, adulti o pari che siano. L'idea di *zona di sviluppo prossimale* mette ben in evidenza come l'esperienza, e dunque anche la conoscenza e il pensiero, non possano che derivare da un'interazione tra le condizioni sociali e il substrato neurale del comportamento. Secondo Vygotskij l'educatore, per agire all'interno della ZSP, dovrebbe proporre al bambino problemi di livello un po' superiore alle sue attuali competenze, ma abbastanza semplici da risultare comprensibili. Se il processo è correttamente predisposto, il bambino diventa capace di eseguire autonomamente un compito che prima non sapeva eseguire e la sua zona di sviluppo attuale si amplia includendo la sua precedente zona di sviluppo prossimale.

È palese la somiglianza concettuale tra l'idea di Gallese di "aggiustamento di stati neurofisiologici", che si realizza di fronte ad una differenza minima delle reciproche pre-rappresentazioni, e il concetto di ZSP, che implica il riferimento al repertorio posseduto da colui che impara, nonché la sua distanza dagli schemi impliciti nel compito richiesto.

Secondo Gallese, nei processi di insegnamento/apprendimento, la naturale predisposizione intersoggettiva di cui siamo dotati (conseguente ai meccanismi di rispecchiamento reciproci), per raggiungere "la sua piena espressione", ha bisogno di essere rispecchiata grazie ad un adeguato (cioè coerente e prevedibile) comportamento da parte dell'adulto che interagisce con lui. Ne consegue che "la qualità" della relazione assume un'importanza fondamentale nel determinare i comportamenti e le potenzialità che si manifesteranno in ambito formativo, e non tanto come conseguenza di una predisposizione all'empatia da parte dell'educatore, quanto per effetto dei meccanismi-base dell'*intersoggettività* di cui siamo dotati (vedi concetto di intersoggettività di livello-base<sup>2</sup>; Ammanniti e Gallese, 2014).

Come si evince da questa breve sintesi, una tale interpretazione dell'*intersoggettività*, anziché assecondare una logica riduzionistica della soggettività umana,

2 Nella teoria dell'*Embodied Simulation* l'intersoggettività è intesa come intercorporeità. Gallese sostiene che quando ci coinvolgiamo con gli altri in una prospettiva in seconda persona, siamo sintonizzati con la relazione intenzionale mostrata da qualcun altro. L'emozione dell'altro è direttamente compresa attraverso il riutilizzo degli stessi circuiti neurali su cui si fonda la nostra esperienza in prima persona di quella data emozione.



ci restituisce un'immagine alquanto ricca dei processi che sottendono le interazioni sociali e che definiscono la natura squisitamente intersoggettiva della mente umana e dello sviluppo cognitivo (Gallesse, 2006b). Ora chiediamoci: il sempreverde concetto di ZSP di Vygotskij, sostenuto dalle evidenze empiriche che hanno portato Gallesse a introdurre il concetto di *sintonizzazione intenzionale*, quali riflessioni impongono alle scienze della formazione per poter rappresentare un valido interlocutore e una guida efficace ai processi di apprendimento/insegnamento? Pensiamo che una tale possibilità abbia a che fare con una concezione di "aiuto all'apprendere" in chiave di "avvicinamento delle reciproche pre-rappresentazioni". Lo vediamo nel paragrafo successivo.

#### 4. Come facilitare la sintonizzazione intenzionale quando le reciproche rappresentazioni non sono condivise?

Abbiamo già riferito che il sistema dei neuroni specchio mappa e conserva le relazioni intenzionali che continuamente esperiamo nell'ambiente e che costituiscono la base neurale dei nostri apprendimenti. Abbiamo anche messo in rilievo che la possibilità di comprendere un'azione, o una parola/concetto, è legata allo schema motorio incorporato di quell'azione che trascina la comprensione dello scopo o conseguenza dell'azione. Ne consegue, come più volte sottolineato, che la possibilità di comprendere una qualsivoglia azione, o comportamento, dipende dal repertorio del soggetto che percepisce/simula e dal grado di condivisione/sintonizzazione con il repertorio-target.

La domanda è: se i *mirror* organizzano la comprensione intorno allo scopo delle azioni percepite, come lavora il sistema dei neuroni specchio quando dobbiamo comprendere concetti astratti (come nelle situazioni di insegnamento/apprendimento scolastico) e non semplici azioni fisiche, come ad esempio sollevare una tazzina?

L'idea è che qualunque concetto (come "cane", ad esempio, o più complesso come "democrazia") si fondi su un pattern di relazioni causali che può essere colto se il repertorio di schemi motori/concettuali del soggetto che apprende possiede una struttura simile a quella implicita nella configurazione-stimolo. Si ipotizza che l'uso della *metafora cognitiva* (Lakoff e Johnson 1998) possa rappresentare un valido strumento-ponte per collegare le modellizzazioni di colui che apprende e quelle implicate nella situazione-stimolo.

L'idea fa riferimento agli studi di Lakoff e Johnson. I due autori (in *Metafora e vita quotidiana*; 1980), convinti sostenitori dell'approccio *embodied*, ipotizzano che le nostre strutture concettuali e linguistiche siano modellate dalle caratteristiche delle nostre strutture percettive. Attraverso numerosi esempi sostengono che, proprio perché la comprensione dei concetti dipende dalle nostre esperienze percettivo-motorie, la metafora diventa lo strumento che ci permette di categorizzare concetti astratti e situazioni emotive non riconducibili direttamente a esperienze fisico-corporee.

La metafora pertanto, secondo gli autori, non è come si è sempre pensato un mero ornamento del linguaggio o uno strumento poetico, ma un meccanismo cognitivo necessario per comprendere certi concetti (astratti) in termini di altri che affondano le loro radici nelle nostre esperienze percettivo-motorie con l'ambiente e con gli altri (ovvero concetti concreti di tipo spaziale, dimensionale, ecc.). Rispetto alla comprensione interpersonale e reciproca, gli autori sostengono che quando le persone si parlano, se non hanno in comune la stessa cultura e le stesse

categorizzazioni, la comprensione reciproca può essere difficile; in questi casi, l'utilizzo di una metafora, capace di collegare le parti rilevanti delle esperienze non condivise, può condurre alla negoziazione di un significato condiviso. Riteniamo che un tale espediente possa essere utilizzato con successo anche nei contesti formativi, ogniquale volta la comprensione dei concetti astratti lo richieda.

Un'altra condizione che potrebbe favorire la condivisione delle reciproche rappresentazioni sensorimotorie (o *sintonizzazione intenzionale*) nell'interazione educativa, così come nei processi di apprendimento, è l'utilizzazione di un linguaggio "percettivo-motorio" (Mario, 2011). Il termine si riferisce ad un linguaggio che impiega verbi d'azione e parole che rimandano a cose concrete, a relazioni spazio-temporali-causali, ovvero, a relazioni che emergono dal nostro modo di funzionare percettivo e motorio (Lakoff e Johnson, cit). L'idea è che il linguaggio con queste "potenzialità d'azione" sarebbe in grado di reclutare facilmente il sistema sensorimotorio per consentire a quest'ultimo di "accendere" quei cluster di informazioni mappati a livello neurale che altrimenti rimarrebbero spenti, bloccando così l'attivazione dei successivi processi cognitivi.

A sostegno dell'ipotesi sull'importanza di utilizzare, soprattutto nei contesti scolastici, un linguaggio percettivo-motorio, è stato condotto un esperimento in una classe 5° di scuola Secondaria di 2° grado (Mario, cit). Agli studenti è stato chiesto di comprendere un concetto, non ancora noto, tratto dal loro testo di filosofia (il concetto di "singolo" in Kierkegaard).

Il concetto è stato presentato in modalità scritta utilizzando due diversi registri linguistici: Lpm (linguaggio percettivo-motorio) e linguaggio tradizionale (Lt). Agli studenti di metà classe (a suddivisione random) è stata consegnata la spiegazione del concetto basata sul Lpm (gruppo sperimentale) mentre l'altra metà degli studenti ha letto la spiegazione tratta dal loro manuale (gruppo di controllo). La comprensione è stata valutata attraverso tre modalità: le risposte ad alcune domande scritte, un'elaborazione personale del concetto e i resoconti forniti nell'ambito di un focus-group successivo al compito.

Dal confronto tra i due gruppi di risposte è emerso chiaramente le maggiori potenzialità del linguaggio Lpm nella comprensione dei concetti, rispetto al linguaggio astratto della disciplina. In particolare, i soggetti che si sono avvicinati al nuovo concetto attraverso la spiegazione del manuale, alla richiesta di spiegarlo con parole proprie sono ricorsi ad una ristrutturazione astratta del concetto, che non lasciava trasparire la reale comprensione, ossia utilizzavano gli stessi termini del libro di testo cambiando leggermente la struttura sintattica. Diversamente, coloro che hanno ricevuto la spiegazione dello stesso concetto attraverso un linguaggio recante il riferimento ad azioni o situazioni concrete hanno manifestato una chiara tendenza a spiegare il concetto attraverso espressioni d'uso familiari con riferimenti alla propria esperienza (in chiave metaforica), segno evidente dell'affermazione sostanziale del concetto.

Per concludere, l'idea che le parole non siano semplicemente segni convenzionali, ma tracce riconducibili alla nostra esperienza del mondo e alla formazione del pensiero, non è una recente concezione, ma vanta radici filosofiche lontane. Nel *De antiquissima* (1710) Vico, considerando il linguaggio un'oggettivazione del pensiero, sostiene che dall'analisi etimologica di alcune parole latine sia possibile rintracciare originarie forme del pensiero. Il filosofo sostiene che strumenti come la metafora e la metonimia, erroneamente ritenuti artifici estetici del linguaggio razionale, siano invece forme espressive naturali e originarie, e ritiene che la poesia abbia una funzione rivelativa in quanto custode delle prime verità immaginate dagli uomini.

## 5. L'importanza di “cogliere lo scopo” nei contesti scolastici

È ormai evidente che quando si indagano i processi di apprendimento, di sviluppo e le tematiche inerenti la formazione, non sia più possibile prescindere dal cervello. Se lo si facesse, la psicologia, così come le scienze della formazione, resterebbero scienze incomplete, o cieche, e non sarebbero più in grado di offrire risposte efficaci ai problemi di loro interesse.

Per esempio, se è vero che il sistema dei neuroni specchio consente di afferrare automaticamente lo scopo di un'azione, le scienze dell'educazione e della formazione dovrebbero chiedersi come lavora il sistema *specchio* quando le azioni da comprendere sono di carattere didattico/educativo. Sarebbe poco saggio pensare che nei contesti educativi i *mirror* non fossero coinvolti o che non potessero esserlo in termini “di scopo”.

L'idea è che anche di fronte alle configurazioni-stimolo veicolate dai contenuti didattici, la comprensione passi attraverso la possibilità di afferrare le relazioni intenzionali implicite nella struttura di rapporti presentata (modellizzazione esterna).

Una recente ricerca (Mario, D. e Rollo D., 2019) ha esplorato l'idea secondo cui una comprensione “profonda” del testo implicherebbe la comprensione dello “scopo del testo” e che tale possibilità sia collegata alla disponibilità d'uso di schemi neuro-concettuali compatibili, in chiave metaforica, con la struttura del testo. Il testo scelto, nell'ambito della ricerca di cui sopra, è tratto da una Prova Invalsi, *Google, la scoperta che ha cambiato il mondo* di A. Baricco, le cui domande a scelta multipla sono state integrate con altre costruite ad hoc per gli scopi di ricerca. La prova è stata applicata a 84 studenti di un Istituto Professionale di diverse classi di età (dai 14 ai 17), proprio per esplorare, al di là del livello medio di comprensione ottenuto in relazione all'età e alla classe frequentata, il trend della relazione tra la comprensione del testo, dello scopo e delle metafore. I risultati ottenuti sembrano avvalorare l'ipotesi. Molto sinteticamente:

- coloro che raggiungono una buona comprensione del testo (CT) comprendono lo scopo del testo nel 94% dei casi, le due metafore (presenti nel testo) nel 82% dei casi e l'argomento centrale (AC) nel 85%;
- chi ottiene una sufficiente CT comprende lo scopo nel 43% e solo il 21% comprende entrambe le metafore, mentre colgono la comprensione di AC nel 72% dei casi;
- coloro che conseguono una bassa CT comprendono lo scopo solo nel 22% dei casi; il 36% comprende entrambe le metafore, mentre il 56% comprende AC.

Le percentuali riportate sembrano evidenziare che cogliere lo scopo di un testo assuma un ruolo importante per la sua comprensione e che tale possibilità sia responsabile del livello alto/profondo di comprensione del testo. Emerge anche che la comprensione dello scopo richiede un maggior livello di astrazione/generalizzazione di quello richiesto per la comprensione dell'argomento centrale (visto che quest'ultimo riceve percentuali più alte di quelle relative alla comprensione dello scopo). Inoltre, sembra che il meccanismo metaforico, da un lato compensi la scarsa capacità di cogliere la struttura del testo (collegata allo scopo), dall'altro, l'impianto metaforico a disposizione del soggetto sembra non elevarsi al livello di astrazione richiesto per afferrare lo scopo (vedi distribuzione dei punteggi nella situazione di bassa comprensione).

Il dato è stato interpretato come conseguenza del fatto che l'afferramento dello scopo complessivo del testo, pur trascinandolo nel suo percorso la processazione metaforica, richieda un'ulteriore sintesi delle connessioni attivate durante

il processo metaforico di base (legato all'esperienza sensorimotoria). E come se la comprensione dell'intenzionalità dell'autore (lo scopo del testo) richiedesse la formazione di una "meta-struttura concettuale", le cui basi affondano nei meccanismi neurali-metaforici collegati alle rappresentazioni senso-motorie, ma il cui sviluppo risenta, ovviamente, del livello grammaticale (quindi simbolico/astratto) raggiunto dal lettore, anche in considerazione del fatto che le rappresentazioni senso-motorie sono attivate dalle parole e dalla struttura sintattica del testo. Che importanza possono assumere questi risultati per la scuola?

Pensiamo che la scuola, sin dai primi anni, dovrebbe allenare gli allievi a cogliere il perché delle cose che accadono, come dei comportamenti che osservano e delle conseguenze dei loro. Dovrebbero essere anche aiutati a comprendere lo scopo delle informazioni che ricevono e che rilasciano. Sarebbe importante sfruttare ogni occasione per esercitare gli allievi a cogliere la "struttura di relazioni" comune ai concetti di cui si parla, ricorrendo quando serve al dispositivo naturale della metafora o dell'analogia. Un tale approccio favorirebbe lo sviluppo del pensiero metaforico, che faciliterebbe la comprensione in quanto le metafore, come sostengono alcuni studiosi (Bateson, 1980; Lakoff e Johnson, 1980; Edelman, 2007), consentono alla nostra conoscenza di espandersi procedendo da forme concrete, vicine alle nostre esperienze, a forme di pensiero sempre più astratte, generando, in virtù di della processazione *bottom-up*, un apprendimento di senso e non un semplice accumularsi di nozioni il più delle volte destinate all'oblio.

## 6. Quali le implicazioni delle proprietà specchio sul piano della formazione?

Riassumendo i concetti espressi nelle sezioni precedenti possiamo concludere che la comprensione, secondo il paradigma neuroscientifico: avviene su base sensorimotoria, cioè si basa sulla "simulazione" dell'azione osservata (ma anche letta, ascoltata, immaginata...); è organizzata intorno ad uno scopo; richiede un certo grado di sintonizzazione tra le reciproche rappresentazioni (*intersoggettività*); dipende dal repertorio di strutture di "relazioni intenzionali" in possesso di colui che apprende. A partire da questi presupposti diventerebbe importante per l'insegnante:

- essere innanzitutto consapevole che l'apprendere, come la natura umana, è un fatto squisitamente relazionale, sociale, intersoggettivo, già a livello neurale (con il realizzarsi delle rappresentazioni motorie condivise);
- attingere dal repertorio motorio degli allievi per riattivare le concatenazioni precedentemente formate nel corso delle interazioni con l'ambiente, condizione basale al realizzarsi dei processi di rispecchiamento funzionali all'apprendimento;
- utilizzare un linguaggio di natura "percettivo-motoria" capace di riattivare l'esperienza legata agli oggetti a cui le parole si riferiscono, che trascinerrebbe le sensazioni ed emozioni ad esse collegate (vero collante dell'apprendere);
- far cogliere a livello automatico la "relazione di scopo" tra i concetti, condizione basale al realizzarsi della comprensione, considerato che quest'ultima è organizzata intorno alla percezione dello scopo o, in termini gibsoniani, di "cosa ci posso fare con" (le *affordances*<sup>3</sup>; Gibson, 1977);

3 Il termine è stato introdotto da J. Gibson nell'opera *Un approccio ecologico alla percezione visiva* nel 1979. Con il concetto di *affordance* lo psicologo statunitense intende riferirsi all'informazione visiva che suggerisce a un essere umano le azioni appropriate per manipolare un oggetto. Ad esem-

- utilizzare schemi o mappe che mettano in rilievo “la struttura” di relazioni intenzionali che organizzano un argomento (cosa diversa dalle mappe concettuali in uso) in modo che la struttura sia percepita dagli allievi (vedi anche concetto di “struttura” di Bruner, 1966)<sup>4</sup>;
- agire all’interno della *zona di sviluppo prossimale* che, in tale prospettiva corrisponderebbe al realizzarsi dello stato di *sintonizzazione intenzionale* conseguente al risuonare delle reciproche rappresentazioni;
- utilizzare la metafora come strumento cognitivo al fine di consentire il collegamento tra gli schemi percettivo-motori posseduti dall’allievo e quelli implicati nella modellizzazione esterna;
- offrire modelli educativi capaci di innescare l’imitazione dei comportamenti e degli atteggiamenti, poiché l’imitazione non è, come comunemente si pensa, una cosa semplice o da evitare. Come fa notare Buccino, imitare è una cosa complessissima (Buccino et al; 2004b) poiché per imitare non basta cogliere lo scopo dell’azione, occorre anche riprodurre la sequenza motoria di quell’azione;<sup>5</sup>
- assumere comportamenti coerenti e prevedibili per favorire nell’allievo la percezione delle relazioni intenzionali che collegano le diverse risposte o atteggiamenti dell’insegnante, al fine di consentire la piena espressione della predisposizione intersoggettiva insita in ognuno di noi;
- metacomunicare, cioè transitare continuamente dai contenuti ai processi che li organizzano, per favorire il passaggio dall’apprendimento di livello 1 (insegnamento istituzionale) all’apprendimento di livello 2 (*deutero-apprendimento*; Bateson, 1984) che attiene all’imparare ad imparare e che implica, nella prospettiva qui presentata, la comprensione di una “struttura che connette”.

Un’altra suggestione per le scienze della formazione e psicologiche, derivante dalle proprietà del sistema *specchio*, è la possibilità che il livello di *sintonizzazione intenzionale*, essendo collegato all’intensità di attivazione sinaptica, potrebbe essere responsabile del grado di motivazione all’azione o al compito. L’idea qui proposta è che sia proprio la possibilità di cogliere, a livello automatico, la relazione causale tra i concetti mappata in concatenazioni di neuroni specchio, la condi-

pio, l’aspetto fisico di una maniglia permette all’utilizzatore di dedurre l’impugnatura adeguata senza averla mai vista prima.

- 4 Per Bruner, considerato il fondatore dello strutturalismo didattico, ogni disciplina possiede una sua *struttura* logica e generativa, costituita di elementi fondamentali, cioè concetti collegati fra loro in maniera sistematica. L’autore sostiene che i processi di insegnamento/apprendimento, per essere efficaci, devono poter incontrare la struttura profonda di ogni disciplina e le strutture logiche e psicologiche di chi apprende, e non puntare sui contenuti specifici delle discipline. Questo permetterebbe ai docenti di “insegnare a pensare” attraverso la forma di pensiero generata dalla disciplina, evitando il rischio nozionismo.
- 5 Buccino e collaboratori hanno dimostrato – in un esperimento in cui dei partecipanti *no-guitar* dovevano osservare degli accordi eseguiti da un chitarrista esperto – che la vera imitazione, cioè l’apprendimento di azioni nuove e non la semplice ripetizione di uno schema motorio già presente nel repertorio di atti dell’imitatore, richiede una ricombinazione degli atti motori posseduti in una nuova sequenza motoria. I risultati hanno mostrato che il circuito alla base dell’apprendimento dell’imitazione inizia ad essere attivo già durante l’osservazione degli accordi di chitarra ed è costituito dal circuito dei neuroni specchio (lobulo parietale inferiore e dalla parte posteriore del giro frontale inferiore più la corteccia premotoria adiacente). Poiché, durante la pausa e prima di imitare gli accordi, il giro frontale medio (area 46) più le strutture coinvolte nella preparazione motoria, diventano attive, gli autori hanno proposto che l’apprendimento per imitazione fosse reso possibile dalle interazioni tra l’area 46 e il sistema specchio.

zione basale all'*accensione* di quello stato (che chiamiamo attenzione) e che predisporre le condizioni di fronteggiamento al compito (che chiamiamo motivazione).

Il termine "accensione" sta ad indicare il fatto che la comprensione, pur avendo una base motoria, non si esaurisce in essa; la componente motoria funge da "attivazione preliminare" alle successive elaborazioni (Mario, 2012). Il presupposto è che la maggior intensità sinaptica, dovuta al realizzarsi dello stato di *sintonizzazione intenzionale*, favorisca una più facile comprensione per il minor sforzo richiesto, data la consonanza che si crea. La possibilità di comprendere qualcosa senza uno sforzo eccessivo decreta, secondo Sperber e Wilson (1986), la "rilevanza" dello stimolo, considerata responsabile dell'attivazione dei meccanismi attenzionali, i quali, secondo la suggestione qui proposta, trascinerebbero nel loro percorso l'energia motivazionale necessaria ad occuparsi del compito.

## Conclusione

L'idea che organizza il presente contributo nasce dalla convinzione che i risultati della ricerca neuroscientifica ci stiano offrendo, come mai prima d'ora, una ricchezza di stimoli tali da indurre le scienze dell'educazione e della formazione a riflettere seriamente sulle condizioni che innescano i processi di apprendimento. Il modello di apprendimento proposto presuppone che sia possibile trasferire i risultati degli esperimenti condotti in laboratorio e relativi allo studio di azioni motorie estremamente semplici (come afferrare un oggetto o pronunciare una parola) allo studio di azioni più complesse come quelle che avvengono nei contesti educativi, dove ad essere "afferrati" sono concetti astratti.

L'ipotesi è che anche nelle situ-azioni di apprendimento didattico/educativo sia proprio la possibilità di cogliere, a livello automatico, la relazione oggetto-scopo (intesa come capacità di intravedere "la direzione di senso" seguita dai concetti) ad avviare la comprensione della configurazione-stimolo proposta. Si è proposto che la comprensione sia collegata al grado di "sintonizzazione" che si riesce a creare tra gli schemi percettivo-motori (oggetto-scopo) precedentemente mappati dal soggetto e la configurazione-stimolo presentata.

In questa operazione un ruolo fondamentale sembra svolgerlo un meccanismo cognitivo simile alla metafora, che agirebbe già a livello neurale orientando la selezione degli schemi motori utili alla comprensione, soprattutto quando questi ultimi non sono condivisi.

Concludendo, pensiamo che le scoperte maturate in ambito neuroscientifico negli ultimi trent'anni, soprattutto quelle che ruotano intorno alla scoperta dei neuroni specchio, abbiano molto da offrire alle scienze dell'educazione e alla psicologia dell'apprendimento, da sempre impegnate nella ricerca delle condizioni atte a favorire il processo di apprendimento.

L'auspicio per le scienze dell'educazione e della formazione è che possano guardare al cervello per imparare dal suo funzionamento, così come le neuroscienze cognitive dovrebbero attingere dal sapere accumulato dalle scienze umane per non navigare "a vista".



## Riferimenti bibliografici

- Ammaniti, M., e Gallese, V. (2014). *La Nascita dell'Intersoggettività. Lo Sviluppo del Sé tra Psicodinamica e Neurobiologia*. Milano: Raffaello Cortina.
- Bateson, G. (1984). *Mente e Natura*. Milano: Adelphi.
- Borghi, A.M. & Nicoletti, R. (2012). *Movimento e azione*, in Roberto Cubelli, Remo Job, *I processi cognitivi*. Roma: Carocci.
- Bruner, J. (1966). *Toward a Theory of Instruction*. Trad. it. *Verso una teoria dell'istruzione*, (1995). Roma: Armando.
- Buccino, G., Binkofski F., Riggio L. (2004a). *The mirror neuron system and action recognition*, in «Brain and Language», 89, pp. 370-6.
- Buccino, G., Vogt, S., Ritzl, A., Fink, G.R., Zilles, K., Freund, H.J., Rizzolatti, G. (2004b). *Neural circuits underlying imitation learning of hand actions: an event related fMRI study*. *Neuron*, 42: 323-334.
- Calvo-Merino, B., Glaser, D.E, Grezes, J., Passingham, R.E., Haggard, P. (2005). *Action observation and acquired motor skills: an FMRI study with expert dancers*. *Cerebral Cortex*, 15, 1243-1249.
- Feldman, J. & Narayanan, S. (2004). *Embodied meaning in a neural theory of language*. *Brain Lang*, 89, 385-392.
- Fogassi, L., Ferrari, P.F., Gesierich, B., Rozzi, S., Chersi, F. and Rizzolatti, G. (2005). *Parietal lobe: from action organization to intention understanding*. *Science* 308 5722, 662-667.
- Gallese, V. (2010). *Neuroscienze e fenomenologia*. Roma: Treccani, Terzo millennio.
- Gallese, V. (2008). *Il corpo teatrale: Mimetismo, neuroni specchio, simulazione incarnata*. *Culture Teatrali*, 16, 13-38.
- Gallese, V. (2007). *Dai neuroni specchio alla consonanza intenzionale. Meccanismi neurofisiologici dell'intersoggettività*. *Rivista di Psicoanalisi*, 53 (1), 197-208.
- Gallese, V. (2006a). *Corpo vivo, simulazione incarnata e intersoggettività. Una prospettiva neuro-fenomenologica*. In M. Cappuccio (a cura di), *Neurofenomenologia* (pp. 293-326). Milano: Bruno Mondadori.
- Gallese V., Migone P., and Eagle M.E. (2006b). *La simulazione incarnata: i neuroni specchio, le basi neurofisiologiche dell'intersoggettività*. *Psicoterapia e Scienze Umane* XL: 543-580.
- Gallese, V., & Lakoff G. (2005). *The Brain's concepts: the role of the sensory-motor system in conceptual knowledge*, *Cognitive Neuropsychology*. 21 (0), XXX-XXX.
- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (1996). *Action recognition in the premotor cortex*. *Brain*, 119, 593-609.
- Gibson, J.J. (1977). *The theory of affordances*. In R. Shaw, & J. Bransford (Eds.), *Perceiving, acting, and knowing* (pp. 67-82). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Glenberg, A., and Gallese, V. (2011) *Action-based language: A theory of language acquisition production and comprehension*. *Cortex*, Apr 27. [Epub ahead of print]
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1998). *Metafore e vita quotidiana*. Bologna: Il Mulino.
- Iacoboni, M., Molnar-Szakacs I., Gallese V., Buccino G., Mazziotta J.C., Rizzolatti G. (2005). *Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system*. *Public Library of Science*,3:529-535.
- Mario, D. e Rollo, D (2019). *Per un approccio embodied alla comprensione del testo*. In *Rivista Psicologia dell'Educazione*, 3, 61-73.
- Mario, D. (2013). *Se immagino capisco: Il ruolo dei processi simulativi e metaforici nella comprensione del testo*. PhD thesis, Dottorato in Scienze della cognizione e della formazione, Università Ca'Foscari, Venezia.
- Mario, D. (2012). *La natura enattiva della conoscenza*. In *rivista Ricerc-azione*, 5. Trento: Erikson.
- Mario D. (2011). *Verso un'idea di formazione naturale. Dal funzionamento cerebrale ad una formazione che funziona: Il ruolo del linguaggio percettivo-motorio*, in *Formazione & Insegnamento* (a cura di R. Minello), pp.179-186 Anno IX, Supplemento al Numero 3, 2011. Lecce: Pensa MultiMedia.
- Nicoletti, R. & Borghi, A.M. (2007). *Il controllo motorio*. Bologna: Il Mulino.

- Pulvermüller, F. (2005). *Brain mechanisms linking language and action*. Nature Reviews. Neuroscience, 6 (7), 576–582.
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. (1996). *Premotor cortex and the recognition of motor actions*. Brain Res Cogn Brain Res, 3(2), 131-41.
- Rizzolatti, G. e Sinigaglia, C. (2006). *So quel che fai. Il cervello che agisce e i neuroni Specchio*. Milano: Raffaello Cortina.
- Sperber, D. e Wilson, D. (1986). *Relevance: Communication and Cognition*. Cambridge, MA: Blackwell, Oxford, Harvard University Press,. – Trad. it. (1993). *La pertinenza*. Milano: Anabasi.
- Vygotskij, L.S. (1962). *Thought and language*. Chicago: The MIT Press. Trad. it. (1996). *Pensiero e linguaggio*. Firenze: Giunti Barbera.