

Non farlo! Negazione linguistica e simulazione delle azioni

Marco Tullio Liuzza

Dipartimento di Psicologia, Università La Sapienza di Roma
marcotullio.liuzza@uniroma1.it

Matteo Candidi

Dipartimento di Psicologia, Università La Sapienza di Roma
matteo.candidi@uniroma1.it

Salvatore Maria Aglioti

Dipartimento di Psicologia, Università La Sapienza di Roma
salvatoremaria.aglioti@uniroma1.it

Abstract Classical cognitivism, which poses a shape-shifted modern form of Cartesian dualism, has to progressively face the threat of theories and lines of empirical research that place the body and the sensori-motor simulation at the core of high order cognitive processes as language.

Within this framework, the case of linguistic negation has always represented a weak point for the theories on language comprehension, which posit a functional role of sensorimotor simulation.

The present paper will discuss how the investigation of the neural correlates of linguistic negation during motor-related sentence comprehension might help us to assess the involvement of the sensori-motor system in the abstract representation of actions.

In particular, we will discuss three recent studies that used different neuro-investigation (Transcranial Magnetic Stimulation and functional Magnetic Resonance Imaging) to investigate the neural correlates of linguistic negation in the sensori-motor simulations involved in sentence comprehension.

Results suggest that action simulation processes during sentence comprehension are associated to the comprehension of whole sentences and are sensitive to the linguistic context.

Keywords: Embodied language; Sentence negation; Sensori-motor simulation; TMS; fMRI

1. Introduzione

Il cognitivismo classico ha da sempre postulato che i processi percettivi, cognitivi e motori siano distinti fra loro e organizzati secondo una specifica sequenza (percezione->cognizione->azione). Secondo questa prospettiva, l'elaborazione del linguaggio avverrebbe attraverso la traduzione di stimoli elaborati percettivamente attraverso l'attività del sistema uditivo o visivo in simboli cognitivi amodali. Gli stessi concetti, secondo il cognitivismo classico, sarebbero organizzati in maniera proposizionale, simbolica e amodale e non condividerebbero nessuna caratteristica con i loro eventuali referenti materiali esperiti attraverso gli organi di senso (FODOR

1983). Questa prospettiva, dunque, prevede la radicale indipendenza tra processi cognitivi “di alto livello” (cognizione pura) e processi “di basso livello” (percezione e azione) che ripropone, *mutadis mutandis*, la separazione cartesiana dualistica tra una *res extensa* (il corpo che agisce e percepisce) e una *res cognitans* (la mente con i suoi processi cognitivi). Tale concezione rischia di rappresentare, in ultima istanza, una sfida a un approccio monista e materialista della mente e della sua evoluzione. Riguardo a quest’ultima, infatti, la presunta indipendenza delle funzioni “di alto livello” da quelle “di basso livello” rischia di postulare una discontinuità radicale tra gli umani e le specie che evolutivamente li hanno preceduti. Tale ipotesi discontinuista appare, oltre tutto, poco plausibile dal punto di vista evolutivo (BARSALOU 2005).

Nel presente articolo esporremo come le teorie simulazioniste della comprensione linguistica, rappresentino una sfida a forme radicali di dualismo, ponendo la corporeità (percezione e azione) al centro delle scienze cognitive del linguaggio. Ci soffermeremo, in particolare, sul caso della negazione linguistica per mostrare in che modo il processo di simulazione può essere influenzato dall’avverbio “non” quando esso sia riferito a frasi di senso motorio.

Il caso della negazione linguistica, infatti, rappresenta da sempre un punto debole delle teorie simulazioniste poiché è difficile comprendere come le teorie che associano il linguaggio (quella che è sempre stata considerata la più astratta delle facoltà cognitive) alla nostra capacità di percepire sensorialmente il mondo, possano integrare il significato di un elemento intrinsecamente linguistico (l’avverbio “non”) che prevede la negazione dello stato di fatto. In particolare, passeremo in rassegna tre studi empirici (l’ultimo dei quali eseguito dagli stessi autori del presente saggio) per dimostrare come lo studio dell’attività del nostro cervello possa aiutarci ad associare i processi cognitivi più complessi al funzionamento di strutture neurali ben connotate funzionalmente, e che in ultima analisi possa contribuire alla descrizione delle basi biologiche di fenomeni su cui i filosofi dibattono da secoli.

2. La rivincita del corpo: il coinvolgimento di percezione e azione nell’elaborazione linguistica

Nel 1999, Lawrence Barsalou (1999) elabora la teoria dei “Sistemi di simboli percettivi”, attraverso la quale cerca di ristabilire una relazione diretta tra percezione e cognizione, postulando che i concetti abbiano, almeno in parte, una natura percettiva. La teoria di Barsalou si pone quindi in posizione del tutto antitetica all’allora dominante approccio simbolico del cognitivismo classico proponendo, per esempio, che la stessa memoria non abbia una natura simbolica e astratta. Secondo l’autore, la memoria “rappresenta” in quanto “ri-presenta” un’esperienza nelle sue coordinate sensoriali, cui sono associati determinati pattern neurali. Si noti qui l’analogia richiamata da Barsalou con quanto affermato da Spinoza nel corollario alla I dimostrazione della proposizione XVII dell’Etica, libro Secondo: “La Mente potrà tuttavia contemplare come se fossero presenti i corpi esterni dai quali il Corpo umano è stato affetto una volta, sebbene non esistano, né siano presenti” (SPINOZA 1677/1988). E nello scolio alla proposizione successiva: “[La Memoria] non è altro che una certa concatenazione di idee che implicano la natura delle cose che sono al di fuori del Corpo umano, concatenazione che nella Mente avviene secondo l’ordine e la concatenazione delle affezioni del Corpo umano”(SPINOZA 1677/1988).

Negli stessi anni, oltre alla ri-presentazione percettiva inizia a fare capolino un altro grande *paria* del sistema a caste del cognitivismo classico; il sistema motorio. Nel

dibattito scientifico e filosofico riguardo alla natura delle operazioni cognitive si insiste sull'evidenza che durante l'immaginazione motoria, la corteccia primaria (M1) ed altre aree motorie sono attive (JEANNEROD 1994). Queste osservazioni, insieme, mettono in crisi un assunto del cognitivismo, quello dell'impenetrabilità dei due livelli (modale-sensoriale e amodale-astratto) di elaborazione (FODOR 1983), secondo il quale l'attività del sistema amodale, che sottostà alla "cognizione alta", non avrebbe alcun impatto sul funzionamento del sistema sensori-motorio. A questa visione, Barsalou oppone una visione simulazionista per la quale i sistemi sensori-motori sarebbero invece altamente penetrabili da funzioni cognitive di alto livello e, viceversa, queste ultime sarebbero influenzate dall'attività dei sistemi sensori-motori di basso livello (BARSALOU 1999).

Altre scoperte hanno arricchito la proposta di Barsalou conferendo all'attività del sistema motorio una progressiva importanza nel supportare funzioni cognitive non direttamente "motorie". La riaffermazione del sistema motorio nell'empireo delle scienze cognitive ha ricevuto una spinta propulsiva, per esempio, dalla scoperta dei cosiddetti "neuroni specchio" (DI PELLEGRINO, FADIGA, FOGASSI, GALLESE e RIZZOLATTI 1992). Questi neuroni, presenti nella corteccia premotoria ventrale dei macachi, hanno la curiosa proprietà di attivarsi sia quando la scimmia compie determinati movimenti finalizzati a uno scopo, che quando essa osservava gli stessi movimenti eseguiti da uno sperimentatore. Da allora, moltissime ricerche hanno fornito evidenze indirette dell'esistenza di un simile sistema di neuroni anche negli umani (RIZZOLATTI e CRAIGHERO 2004). Questa scoperta ha avuto una portata dirompente perché potrebbe rappresentare, si sostiene, il sostrato neurale che associa direttamente la percezione visiva con la simulazione motoria dell'azione osservata consentendoci una comprensione automatica delle stesse. Speculando sulla funzione filogenetica e ontogenetica di tali cellule, il neurofisiologo Vittorio Gallese e il linguista George Lakoff hanno proposto che il sistema concettuale e linguistico umano potrebbero originare dal funzionamento di sistemi neurali associati alla simulazione sensori-motoria (GALLESE e LAKOFF 2005). Gli autori propongono, infatti, che proprio per la loro natura multimodale (al contempo visivi e motori), i neuroni specchio sarebbero i migliori candidati per l'attivazione automatica di una simulazione sensori-motoria durante la percezione linguistica la quale ci permette di comprendere il significato attraverso la simulazione non solo di concetti concreti e direttamente collegati all'esperienza sensori-motoria, ma anche di concetti astratti, che non sarebbero altro che il risultato di un'astrazione dalla nostra esperienza corporea. Quest'ultima proposta è quella che viene detta la versione forte della teoria della "cognizione incorporata" (*Embodied Cognition*) così come formulata dallo stesso Lakoff insieme a Marc Johnson (1999). Sebbene i sostrati neurali sensori-motori associati alla simulazione durante osservazione diretta delle azioni (neuroni specchio) e quelli attivati dal riferimento indiretto alle azioni (linguistico o concettuale) non siano necessariamente coincidenti (FERNANDINO e IACOBONI 2010), queste scoperte suggeriscono che l'attività del sistema motorio (come anche di quello sensoriale) non sia disgiunta dalle rappresentazioni cognitive di istanze sensori-motorie.

3. I limiti delle teorie simulative

La posizione di Gallese e Lakoff (2005) poggia quindi sull'ipotesi forte che postula

la necessità della simulazione sensori-motoria nel processo di comprensione linguistica. Un'altra posizione forte all'interno della proposta di Gallese e Lakoff è quella secondo la quale anche i concetti astratti abbiano una radice sensori-motoria. Essi non sarebbero altro che il frutto di un processo di progressiva metaforizzazione di contenuti esperienziali concreti.

Su queste due assunzioni si sono incentrate molte ricerche sull'*Embodied Language*. In senso lato i risultati di alcune di queste ricerche dimostrano l'attivazione di processi simulativi, o quanto meno un coinvolgimento dei sistemi sensori-motori, durante la rappresentazione linguistica (AZIZ-ZADEH, WILSON, RIZZOLATTI e IACOBONI 2006, AZIZ-ZADEH e DAMASIO 2008, BUCCINO, RIGGIO, MELLI, BINKOFSKI, GALLESE, *et al.* 2005, GLENBERG, SATO e CATTANEO 2008, PULVERMULLER, LUTZENBERGER e PREISSEL 1999, PULVERMÜLLER, HAUK, NIKULIN e ILMONIEMI 2005). Riguardo alla necessità della simulazione nella comprensione linguistica si sono mosse alcune critiche che individuano in tali attività solo un epifenomeno associato a meccanismi associativi "a cascata" (MAHON e CARAMAZZA 2008). Al contrario invece, in favore delle prospettive secondo cui la simulazione sensori-motoria svolge un ruolo causale nella comprensione linguistica sono state usate alcune evidenze cliniche in cui pazienti con disturbi del sistema motorio di varia natura mostrano alcuni *deficit* nella comprensione o nel richiamo mnestico di verbi di movimento, e altre evidenze sperimentali che testimoniano tempi di attivazione del sistema motorio estremamente precoci durante l'elaborazione di parole o frasi che si riferiscono ad azioni concrete (BAK e HODGES 2004, BOULENGER 2008, BOULENGER, SILBER, ROY, PAULIGNAN, JEANNEROD, *et al.* 2008, HAUK, SHYROV e PULVERMÜLLER 2008, RODRÍGUEZ-FERREIRO, MENÉNDEZ, RIBACOBIA e CUETOS 2009). Si noti che la rapidità di tali attivazioni viene interpretata come un riflesso della loro causalità nel processo di comprensione semantica.

Sulla derivazione delle parole astratte dalla simulazione sensori-motoria, al contrario, i dati sono meno coerenti, tanto più che usualmente le frasi o parole di contenuto astratto sono usate come termine di paragone per frasi o parole a contenuto sensori-motorio esattamente per dimostrare che queste ultime implicano un maggiore coinvolgimento simulativo (BORGHI, FLUMINI, CIMATTI, MAROCCO e SCOROLLI 2011, GHIO e TETTAMANTI 2010). Nonostante questa difficoltà metodologica, è stato comunque riportato (GLENBERG, SATO, CATTANEO, RIGGIO, PALUMBO, *et al.* 2008) che frasi a contenuto astratto ma che implicano un movimento metaforico (es: "Tu deleghi le responsabilità ad Anna") attivano il sistema motorio in maniera comparabile a frasi che denotano un trasferimento fisico (es: "Tu dai le carte ad Anna").

Tuttavia, mentre le evidenze discusse fino qui hanno a che vedere principalmente con l'elaborazione semantica del linguaggio, le teorie *Embodied* sulla comprensione linguistica, se anche hanno avuto un certo successo nel mostrare un radicamento (*grounding*) del significato del linguaggio nella nostra esperienza sensori-motoria, hanno per lo più ignorato la dimensione sintattica del linguaggio la quale è cruciale per la costruzione della frase nella sua interezza. Ricerche più recenti, invece, cominciano a far luce anche sui meccanismi neurali modulati dalla sintassi e per la comprensione di frasi nella loro interezza (BERGEN e WHEELER 2010, CANDIDI, LEONE-FERNANDEZ, BARBER, CARREIRAS e AGLIOTI 2010, ZWAAN, TAYLOR e DE BOER 2010). All'interno di questa nascente letteratura si pone uno dei problemi cruciali per le teorie *embodied*: come spiegare l'origine e la funzione della negazione da un punto di vista simulativo? Una delle caratteristiche più

affascinanti del linguaggio è, infatti, oltre a quello di usare parole astratte per descrivere oggetti che non hanno un diretto referente concreto nella realtà (es: “libertà”), quello di poter negare lo stato di fatto delle cose.

4. Il recente contributo delle neuroscienze sul tema della negazione linguistica

Ricerche precedenti sulla negazione linguistica e la “teoria del doppio livello” (Kaup, Lüdtke, & Zwaan, 2005) suggeriscono che negare un determinato stato di cose prevede la preliminare simulazione dello stato fattuale negato il quale viene in cancellato in un secondo momento attraverso una non meglio specificata rappresentazione cognitiva finale (KAUP, LÜDTKE e ZWAAN 2005). Su questo tema le ricerche di neuro-indagine possono far luce su come la negazione possa intervenire nel processo simulativo. Infatti, studi di neuro-immagine funzionale possono fornire importanti indizi sulle strutture neurali attivate quando comprendiamo una frase che descrive uno stato di cose negato, sia essa una frase che descrive un fenomeno motorio piuttosto che astratto. A partire da questo obiettivo, Marco Tettamanti e colleghi (2008) hanno sottoposto diciotto soggetti a un esperimento di risonanza magnetica funzionale (functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI) in cui essi dovevano leggere delle frasi a contenuto motorio (es: “ora afferro la spada”) o astratto (“ora sogno la pace”) riferite in prima persona in forma positiva o negativa (“non afferro la spada”, “non sogno la pace”). Gli autori di questo studio hanno osservato che la lettura delle frasi a contenuto motorio era accompagnata da una maggiore attivazione della rete fronto-parietale coinvolta nella simulazione dell’azione (TETTAMANTI, BUCCINO, SACCUMAN, GALLESE, DANNA, *et al.* 2005) nel caso in cui la frase era in forma positiva rispetto alla forma negativa.

In un altro studio, Tomasino e colleghi (TOMASINO, WEISS e FINK 2010) hanno sottoposto alcuni soggetti a un compito di decisione lessicale in cui era chiesto loro di stabilire se le parole presentate fossero dotate di senso o meno. Le parole potevano essere verbi di azione (es: “muoviti”) o pseudo-verbi imperativi in forma positiva o negativa (“non muoverti”). Questi autori hanno mostrato che l’attività della corteccia motoria primaria e premotoria dei soggetti era maggiore quando essi dovevano prendere una decisione riguardo un verbo motorio in forma positiva rispetto a quando il verbo era in forma negativa. Rispetto all’esperimento di Tettamanti e colleghi (2008), l’esperimento di Tomasino e colleghi aggiunge un compito in cui i partecipanti devono effettivamente elaborare la frase per poter prendere la decisione corretta sulla sua sensatezza. Tuttavia, in questo esperimento non è stato incluso un controllo delle frasi a contenuto astratto, mentre i dati mostrano che le frasi a contenuto motorio positivo non sembrano differire dalle frasi con pseudo-verbi. Infine, mentre nello studio di Tettamanti e colleghi le analisi venivano eseguite sul cervello nella sua interezza, qui gli autori definiscono a priori delle aree di interesse su cui confrontare l’attivazione indotta dalle diverse condizioni sperimentali, ma nulla si sa su ciò che accade in altre regioni dei circuiti fronto-parietali su cui dovrebbe fondarsi la simulazione motoria.

Nonostante questi limiti, lo studio di Tomasino aiuta a dirimere alcuni dei quesiti posti dalle teorie simulate sulla comprensione linguistica. Il quadro presentato dai risultati dello studio di Tommasino, infatti, mostra che la negazione riduce l’attivazione del sistema motorio durante l’elaborazione del significato di frasi motorie. Questa osservazione è in contrasto con un’altra alternativa alla spiegazione più prettamente simulazionista della comprensione linguistica rappresentata dalla

proposta teorica di Pulvermüller (2005), il quale propone un'interpretazione basata su un meccanismo di apprendimento associativo. Secondo Pulvermüller, la coattivazione di aree motorie durante la comprensione di parole a contenuto motorio è dovuta alla co-occorrenza, sin dalla nostra infanzia, di queste parole con le azioni corrispondenti. Tuttavia, se la causa dell'attivazione delle regioni sensori-motorie durante la lettura o l'ascolto di frasi di movimento corporeo fosse frutto esclusivamente dell'associazione verbo-movimento, poiché la negazione di un verbo di movimento non annulla questa co-attivazione, essa dovrebbe aver luogo comunque durante la lettura (o l'ascolto) di frasi di movimento negate e dovrebbe riflettersi in un incremento dell'attività di regioni motorie. Al contrario, invece, la minore attivazione dei circuiti coinvolti nella simulazione sensori-motoria (trovata sia dallo studio di Tettamanti e colleghi che da quello di Tomasino e colleghi) suggerisce che la simulazione non avvenga parola per parola, ma che essa sia più probabilmente attivata dall'elaborazione della frase nella sua interezza.

Per interpretare le informazioni correlazionali fornite dagli studi precedenti, gli autori del presente articolo hanno usato la stimolazione magnetica transcranica (TMS) per testare l'ipotesi che la simulazione sensori-motoria sia soppressa, e non solo ridotta, durante la comprensione di frasi a contenuto motorio negate (LIUZZA, CANDIDI e AGLIOTI 2011). Attraverso la TMS, infatti, è possibile misurare lo stato di attivazione del sistema motorio attraverso la registrazione dell'ampiezza delle contrazioni muscolari indotte dalla stimolazione delle rappresentazioni motorie corticali dei muscoli in studio. Nella ricerca in questione, abbiamo misurato l'attività elettromiografica del muscolo della mano che sarebbe coinvolto nell'esecuzione di azioni di prensione, durante la lettura di frasi a vario contenuto. In particolare il contenuto delle frasi poteva essere astratto (ad esempio, "io sogno la pace") o motorio e riguardare il muscolo stimolato (ad esempio, "io afferro la maniglia"). Inoltre tutte le frasi sono state presentate ai soggetti sperimentali in forma affermativa e negativa. L'ipotesi alla base di questo esperimento è che, se la negazione ha un effetto specifico sulla simulazione sensori-motoria, la lettura di frasi affermative a contenuto motorio dovrebbe modulare l'eccitabilità del tratto cortico-spinale in modo diverso rispetto alle frasi motorie negative e alle frasi astratte affermative. In altre parole l'ampiezza delle contrazioni muscolari indotte dalla stimolazione magnetica transcranica, è di conseguenza lo stato di attivazione del sistema motorio, deve risultare di ampiezza diversa durante la lettura di frasi affermative a contenuto motorio rispetto alle negative motorie. Coerentemente con uno studio precedente, in cui sono stati usati stimoli uditivi anziché visivi (BUCCINO, *et al.* 2005), abbiamo trovato una differenza significativa tra frasi positive motorie e frasi positive astratte (una riduzione dell'eccitabilità del sistema motorio durante le frasi motorie rispetto a quelle astratte). Ma il risultato cruciale per la nostra ipotesi sperimentale è stata la significativa riduzione dell'attività motoria evocata dalla stimolazione corticale mentre i partecipanti leggevano frasi come "io colgo la mela" e frasi come "non colgo la mela". Al contrario, tale differenza non è stata trovata tra frasi astratte negative e positive. Questo dimostra che, nel caso di frasi a contenuto motorio la negazione impedisce la simulazione mentre non è influenzata dalla negazione di frasi astratte. Rispetto agli studi di neuroimmagine precedenti, inoltre, la TMS ha dato la possibilità di verificare con maggiore risoluzione la tempistica in cui avvengono questi processi simulativi. La differenza fra attività associata alla simulazione indotta dalle frasi motorie affermative e assenza della stessa per le frasi motorie negate è infatti in una finestra temporale (500-700 millisecondi) molto più breve di quella in cui Kaup e colleghi collocano l'inibizione

della simulazione nella teoria “del doppio livello” di simulazione (circa 1.500 millisecondi) (KAUP, *et al.* 2005, KAUP, LUDTKE e ZWAAN 2006).

I nostri risultati sono coerenti con l’ipotesi che la simulazione, anche se automatica, è funzione del contesto linguistico in cui essa si inserisce (WILLEMS e CASASANTO 2011), come anche dimostrato dagli studi che mostrano che la simulazione motoria esclusivamente nel caso in cui il contenuto motorio della frase rappresenti il focus linguistico (TAYLOR e ZWAAN 2008, ZWAAN, *et al.* 2010). Tale osservazione è importante perché suggerisce che l’enunciato linguistico sia una sorta di spazio rappresentazionale nel quale, analogamente a quanto avviene quando spostiamo la nostra attenzione nello spazio fisico, possiamo muovere il focus della nostra attenzione. In particolare, nel caso della teoria del focus linguistico, oltre a una libertà soggettiva nel dirigere le proprie risorse cognitive sul flusso linguistico, vi sono delle proprietà intrinseche con le quali tale flusso si sviluppa che determinano le risorse neurali coinvolte nell’elaborazione del linguaggio. Taylor e Zwaan hanno dimostrato che gli avverbi che denotano una determinata scansione temporale dell’azione (ad esempio, “l’atleta assetato apriva la bottiglia *rapidamente*”) determinano anche diversi effetti di compatibilità tra l’azione descritta dalla frase e l’esecuzione dell’azione richiesta al partecipante nel compito sperimentale (in questo caso, ruotare una manopola in senso orario per continuare a leggere la frase). In particolare la modulazione dei tempi di esecuzione motoria durante la lettura di tali frasi era ottenuta solo quando l’avverbio in questione era rilevante per la simulazione della frase descritta. Analogamente, la particella “non” potrebbe sortire l’effetto di sganciare il sistema sensori-motorio dalla simulazione motoria del contenuto semantico della frase letta o ascoltata. Il correlato neurale di tale sganciamento sarebbe, appunto, un mancato coinvolgimento dei circuiti neurali sensori-motori che implementano tale simulazione.

Gli studi descritti dimostrano in che senso le neuroscienze cognitive, ovvero la possibilità di investigare con tecniche mutuata dalle neurofisiologia cosa accada nel nostro cervello quando svolgiamo dei compiti cognitivi, ad esempio comprendiamo una frase a contenuto motorio in forma positiva piuttosto che negativa, possano fornire degli elementi fondamentali per chiarire questioni significative dal punto di vista linguistico e potenzialmente indagare quesiti affini all’ambito filosofico. In questo caso abbiamo mostrato come evidenze sperimentali relative al ruolo della negazione nella simulazione sensori-motoria durante la comprensione linguistica rappresentino un’importante scoperta che minerebbe le fondamenta di una sorta di dualismo di ritorno che ripropone, in forme mutate, una distinzione tra *res cogitans*, cognizione alta e unicamente umana (ad esempio il linguaggio) e una *res extensa*, il corpo, deputato solo a percezione ed azione.

Bibliografia

AZIZ-ZADEH, Lisa, WILSON, Stephen M., RIZZOLATTI, Giacomo e IACOBONI, Marco (2006), "Congruent Embodied Representations for Visually Presented Actions and Linguistic Phrases Describing Actions" in *Current Biology*, 16, 18, 1818-1823.

AZIZ-ZADEH, Lisa e DAMASIO, Antonio (2008), "Embodied semantics for actions: findings from functional brain imaging" in *Journal of Physiology-Paris*, 102, 1-3, 35-39.

BAK, Thomas H. e HODGES, John R. (2004), "The effects of motor neurone disease on language: further evidence" in *Brain and Language*, 89, 2, 354-361.

BARSALOU, Larry W. (1999), "Perceptual symbol systems" in *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 4, 577-609; discussion 610-560.

BARSALOU, Larry W. (2005), "Continuity of the conceptual system across species" in *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 7, 309-311.

BERGEN, Benjamin e WHEELER, Kathryn (2010), "Grammatical aspect and mental simulation" in *Brain and Language*, 112, 3, 150-158.

BORGHI, Anna Maria, FLUMINI, Andrea, CIMATTI, Felice, MAROCCO, Davide e SCOROLLI, Claudia (2011), "Manipulating objects and telling words: a study on concrete and abstract words acquisition" in *Frontiers in Psychology*, 2, 15.

BOULENGER, Veronique (2008), "Word processing in Parkinson's disease is impaired for action verbs but not for concrete nouns" in *Neuropsychologia*, 46, 2, 743-756.

BOULENGER, Veronique, SILBER, Beata Y., ROY, Alice C., PAULIGNAN, Yves, JEANNEROD, Marc, *et al.* (2008), "Subliminal display of action words interferes with motor planning: A combined EEG and kinematic study" in *Journal of Physiology-Paris*, 102, 1-3, 130-136.

BUCCINO, Giovanni, RIGGIO, Lucia, MELLI, Giorgia, BINKOFSKI, Ferdinand, GALLESE, Vittorio, *et al.* (2005), "Listening to action-related sentences modulates the activity of the motor system: A combined TMS and behavioral study" in *Cognitive Brain Research*, 24, 3, 355-363.

CANDIDI, Matteo, LEONE-FERNANDEZ, Barbara, BARBER, Horacio A., CARREIRAS, Manuel e AGLIOTI, Salvatore Maria (2010), "Hands on the future: facilitation of cortico-spinal hand-representation when reading the future tense of hand-related action verbs" in *European Journal of Neuroscience*, 32, 4, 677-683.

DI PELLEGRINO, Giovanni, FADIGA, Luciano, FOGASSI, Leonardo, GALLESE, Vittorio e RIZZOLATTI, Giacomo (1992), "Understanding motor events: a neurophysiological study" in *Experimental Brain Research* 91, 1, 176-180.

FERNANDINO, Leonardo e IACOBONI, Marco (2010), "Are cortical motor maps based on body parts or coordinated actions? Implications for embodied semantics" in *Brain and Language*, 112, 1, 44-53.

FODOR, Jerry (1983), *The modularity of mind: An essay on faculty psychology*, Cambridge, MIT Press.

GALLESE, Vittorio e LAKOFF, George (2005), "The Brain's concepts: the role of the Sensory-motor system in conceptual knowledge" in *Cognitive Neuropsychology*, 22, 3, 455-479.

GHIO, Marta e TETTAMANTI, Marco (2010), "Semantic domain-specific functional integration for action-related vs. abstract concepts" in *Brain and Language*, 112, 3, 223-232.

GLENBERG, Arthur, SATO, Marc, CATTANEO, Luigi, RIGGIO, Lucia, PALUMBO, Daniele, *et al.* (2008), "Processing abstract language modulates motor system activity" in *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 6, 905-919.

GLENBERG, Arthur M., SATO, Marc e CATTANEO, Luigi (2008), "Use-induced motor plasticity affects the processing of abstract and concrete language" in *Current Biology*, 18, 7, R290-291.

HAUK, Olaf, SHYTYROV, Yury e PULVERMÜLLER, Friedemann (2008), "The time course of action and action-word comprehension in the human brain as revealed by neurophysiology" in *Journal of Physiology-Paris*, 102, 1-3, 50-58.

JEANNEROD, Marc (1994), "The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery." in *Behavioral and Brain Sciences*, 17, 187-245.

KAUP, Barbara, LÜDTKE, Jana e ZWAAN, Rolf A. (2005), "Effects of negation, truth value, and delay on picture recognition after reading affirmative and negative sentences" in *Proceedings of the 27th Annual Conference of the Cognitive Science Society, Erlbaum, Mahwah, NJ*, 1114-1119.

KAUP, Barbara, LUDTKE, Jana e ZWAAN, Rolf A. (2006), "Processing negated sentences with contradictory predicates: Is a door that is not open mentally closed?" in *Journal of Pragmatics*, 38, 7, 1033-1050.

LAKOFF, George e JOHNSON, Marc (1999), *Philosophy in the Flesh: The Embodied Mind and Its Challenge to Western Thought*, New York, Basic Books.

LIUZZA, Marco Tullio, CANDIDI, Matteo e AGLIOTI, Salvatore Maria (2011), "Do not resonate with actions: sentence polarity modulates cortico-spinal excitability during action-related sentence reading" in *PLoS ONE*, 6, 2, e16855.

MAHON, Bradford Z. e CARAMAZZA, Alfonso (2008), "A critical look at the embodied cognition hypothesis and a new proposal for grounding conceptual content" in *Journal of Physiology-Paris*, 102, 1-3, 59-70.

PULVERMULLER, Friedemann, LUTZENBERGER, Werner e PREISSEL, Hubert (1999), "Nouns and verbs in the intact brain: Evidence from event-related potentials and high-frequency cortical responses" in *Cerebral Cortex*, 9, 5, 497.

PULVERMÜLLER, Friedemann (2005), "Brain mechanisms linking language and action" in *Nature Reviews Neuroscience*, 6, 7, 576-582.

PULVERMÜLLER, Friedemann, HAUK, Olaf, NIKULIN, Vladim V. e ILMONIEMI, Risto J. (2005), "Functional links between motor and language systems" in *European Journal of Neuroscience*, 21, 3, 793-797.

RIZZOLATTI, Giacomo e CRAIGHERO, Laila (2004), "The Mirror-Neuron System" in *Annual Review of Neuroscience*, 27, 1, 169-192.

RODRÍGUEZ-FERREIRO, Javier, MENÉNDEZ, Manuel, RIBACOBIA, Renée e CUETOS, Fernando (2009), "Action naming is impaired in Parkinson disease patients" in *Neuropsychologia*, 47, 14, 3271-3274.

SPINOZA, Baruch (1677/1988), *Etica. Dimostrata con Metodo Geometrico*, Rome, Editori Riuniti.

TAYLOR, Lawrence e ZWAAN, Rolf (2008), "Motor resonance and linguistic focus" in *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 6, 896-904.

TETTAMANTI, Marco, BUCCINO, Giovanni, SACCUMAN, Maria Cristina, GALLESE, Vittorio, DANNA, Massimo, *et al.* (2005), "Listening to action-related sentences activates fronto-parietal motor circuits" in *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, 2, 273-281.

TETTAMANTI, MARCO, MANENTI, ROSA, DELLA ROSA, PASQUALE A., FALINI, ANDREA, PERANI, DANIELA, *et al.* (2008), "Negation in the brain: Modulating action representations" in *Neuroimage*, 43, 2, 358-367.

TOMASINO, Barbara, WEISS, Peter H. e FINK, Gereon R. (2010), "To move or not to move: imperatives modulate action-related verb processing in the motor system" in *Neuroscience*, 169, 1, 246-258.

WILLEMS, Roel M. e CASASANTO, Daniel (2011), "Flexibility in embodied language understanding" in *Frontiers in Psychology*, 2, 116.

ZWAAN, Rolf A., TAYLOR, Lawrence J. e DE BOER, Mirte (2010), "Motor resonance as a function of narrative time: Further tests of the linguistic focus hypothesis" in *Brain and Language*, 112, 3, 143-149.