

2. Il futuro è “embodied”

di ANNA M. BORGHI

Università di Bologna e ISTC-CNR, Roma

2.1 Una teoria? Molte teorie embodied, e il rifiuto di due metafore

La teoria *embodied* in realtà non è una sola. Si tratta di molte teorie, più o meno radicali, che hanno in comune un'idea molto semplice e quasi scontata, almeno per i non esperti: che mente e corpo non siano separati e distinti, come erroneamente pensava Cartesio (Damasio, 1995), ma che il nostro corpo, e il cervello come parte del corpo, concorra a determinare i nostri processi mentali e cognitivi. Un altro elemento che accomuna tutte le teorie embodied è la loro contrapposizione alle teorie che chiamerò tradizionali, la cui influenza ha iniziato a incrinarsi da qualche anno. Le teorie embodied si sono diffuse in molti ambiti: dalla psicologia alle neuroscienze cognitive, alla filosofia, alla robotica, all'antropologia, alla linguistica cognitiva.

Presenterò qui una versione estrema, anche se non caricaturale, delle teorie cognitiviste tradizionali (Fodor, 1975), secondo le quali gli esseri umani sono elaboratori di informazione. Queste teorie, sviluppatasi intorno agli anni '50 del secolo scorso e tuttora condivise da molti studiosi, partono da una visione cartesiana, dualista, del rapporto tra mente e cervello/corpo. La mente è un sistema che manipola simboli, senza tener conto del loro significato; non può essere ridotta ai processi neurali. Fortemente influenzate dallo sviluppo della cibernetica e dell'informatica, queste teorie muovono dalla ben nota metafora secondo cui la mente, in quanto elaboratore di informazioni, è simile al software di un computer. Lo è per alcune ragioni: primo, perché è irriducibile all'hardware: fuor di metafora, la mente non può essere ridotta al cervello e al corpo che lo contiene (anti-riduzionismo); secondo, perché i due sistemi sono connessi ma indipendenti: possiamo usare lo stesso software con hardware differenti senza grandi difficoltà. Fuor di metafora, un particolare cervello e un particolare corpo non pongono vincoli ai processi mentali di un dato individuo. Ne consegue che, o per inadeguatezza delle metodologie correnti o per una specifica scelta teorica, secondo i fautori di queste teorie non è indispensabile studiare l'hardware per comprendere come funziona il software: non è necessario investigare le basi neurali sottostanti i processi

cognitivi, in altre parole gli esperimenti possono non tener conto del cervello e del corpo di chi li esegue.

Questa metafora viene rigettata da ogni teoria embodied, dalle più radicali alle meno radicali (Wilson, 2002). Studiare e comprendere i processi corporei e le basi neurali dei processi cognitivi è indispensabile per capire il funzionamento della mente. Inoltre i nostri processi cognitivi, secondo la teoria embodied, non sono indipendenti ma strettamente interrelati con i sistemi percettivi, motori ed emozionali. Questa idea, apparentemente semplice e intuitiva, è stata rifiutata per anni da chi si interessava di processi cognitivi come ad esempio l'attenzione, la memoria, il pensiero, il linguaggio. L'assunto di base, condiviso dai fautori delle teorie cognitiviste tradizionali, era che i processi cognitivi "alti", come ad esempio il pensiero e il linguaggio, fossero nettamente distinti da quelli di livello "basso", come la percezione e l'azione. Questo assunto è sintetizzato efficacemente da un'altra metafora utilizzata dalla filosofa Susan Hurley (2008): quella del sandwich. La percezione e l'azione vengono intese come processi periferici e di scarsa importanza, come le fette di pane all'esterno di un sandwich ben farcito. La parte importante del sandwich, la cognizione, sta invece al centro, separata dai processi periferici.

Tutte le teorie embodied, nelle loro varietà e differenze, rifiutano questa metafora, sottolineando, invece, come la relazione tra percezione, cognizione e azione sia circolare, di stretta e mutua interazione. Da questa nuova visione derivano non soltanto una diversa maniera di considerare la relazione tra percezione e azione con la cognizione, ma anche quella tra percezione e cognizione. Se tradizionalmente si pensava che la percezione venisse sempre prima dell'azione, la sequenzialità del processo è messa in discussione dalle teorie embodied: quanto percepiamo dipende anche dai nostri obiettivi, dai nostri piani, insomma dalle azioni che intendiamo compiere. Quindi non sempre percepiamo prima gli oggetti, per poi decidere quali azioni compiere con essi; talvolta percepiamo selettivamente quegli oggetti o quelle caratteristiche degli oggetti che sono funzionali alle azioni che intendiamo compiere. Ad esempio, se dobbiamo accendere una lampada possiamo trascurare le caratteristiche fisiche della lampada stessa per concentrarci sul tasto di accensione. Inoltre, a differenza delle teorie tradizionali, le teorie embodied mostrano come la percezione possa variare a seconda del tipo di risposta motoria prevista: ad esempio, percepiremo in modo diverso una tazza se intendiamo semplicemente osservarla (risposta oculomotoria) o se invece dobbiamo bere, e quindi ne dobbiamo afferrare il manico (risposta di afferramento).

Accomunate dal rifiuto delle due metafore citate, quella della mente come software di un computer e quella della relazione tra percezione-cognizione-azione come tra le parti di un sandwich, le teorie embodied sono ora molteplici e caratterizzate da grandi differenze e da una considerevole varietà. L'enorme sviluppo degli ultimi dieci-quindici anni le ha rese teorie "alla moda",

anche se ancora molte barriere e resistenze sono difficili da far cadere (per un approccio critico, si veda Mahon, Caramazza, 2008). Così, oggi, George Lakoff, linguista cognitivo tra i maggiori fautori dell'*embodied cognition*, può scrivere «It may be hard to think back to a time before the idea of embodied cognition, but I was raised in that generation» (Lakoff, 2013). Gli studi dedicati alla *embodied cognition* stanno lentamente “erodendo” quelli sulla rappresentazione delle conoscenze, ed occupano uno spazio sempre più ampio nella letteratura sulle scienze cognitive (Gentner, 2010; Chatterjee, 2010). La diffusione sempre più capillare della prospettiva embodied si può evincere anche se si considerano i numeri speciali di riviste recentemente dedicati alla cognizione embodied e *grounded*. Una lista non esaustiva include i seguenti: Borghi, Pecher, *Frontiers in Psychology*, 2011; Cangelosi, Borghi, *Topics in Cognitive Science*, 2014; Cappa, Pulvermüller, *Cortex*, 2012; Davis, Markman, *Topics in Cognitive Science*, 2012; Dove, *Frontiers in Cognitive Science*, in prep. Se fino a qualche anno fa questi numeri speciali miravano a mostrare le ricerche del settore embodied, i numeri speciali più recenti riguardano ambiti più specifici, ad esempio il linguaggio, oppure si interrogano su quale sarà il futuro della cognizione embodied. Analogamente, le rassegne sono assai numerose; tra quelle di psicologia e neuroscienze cognitive, vanno incluse Barsalou, 2008; Borghi, Caruana, 2015; Caruana, Borghi, 2013 (in italiano); Fischer, Zwaan, 2008; Meteyard *et al.*, 2012; Toni *et al.*, 2008; Jirak *et al.*, 2010; Pulvermüller, Fadiga, 2010; Willems, Hagoort, 2007. Sono inoltre usciti diversi volumi, ad esempio Pecher, Zwaan, 2005; Shapiro, 2011. Come per i numeri speciali, una gran parte di articoli recenti si interrogano sul futuro dell'*embodied cognition* (per una bibliografia abbastanza esaustiva si veda Borghi, Caruana, 2015).

Se fino a qualche anno fa l'etichetta “embodied”, poco efficace se tradotta, veniva applicata in modo indifferenziato, negli ultimi anni gli autori hanno iniziato a distinguere in modo più preciso tra le diverse versioni delle teorie embodied e a cogliere le differenti sfumature dei vari approcci. Così, alcuni autori hanno preferito parlare di cognizione *grounded* (Myachykov *et al.*, 2014; Pezzulo *et al.*, 2011; Barsalou, 2008), per spiegare che la cognizione non si fonda soltanto sui processi corporei, ma si basa su una varietà di contesti e situazioni, oltre che sugli stati corporei. Altri interpreti hanno distinto tra versioni più forti o radicali e versioni più deboli o moderate della cognizione embodied. Infine, una differenza nell'accento si ha tra gli approcci che sottolineano l'importanza della percezione per la cognizione e quelli che, invece, rimarcano il fatto che è l'azione ad essere cruciale. I primi si rifanno prevalentemente a una tradizione fenomenologia (Merleau-Ponty, 1962), ma anche empirista (Prinz, 2002), i secondi a una tradizione pragmatista (Mead, 1934) (Caruana, Borghi, 2013). La differenza, va ribadito, è solo di accento (Borghi, 2005), dato che tutti rivendicano il fatto che la cognizione si fonda

(grounded) nei processi sensori-motori ed emozionali (questi ultimi sono stati trascurati fino a poco tempo addietro).

Negli ultimi anni stanno emergendo anche impostazioni ibride, per esempio, sono emersi approcci che contemplano la possibile coesistenza di simboli astratti e di simboli embodied (ad es. Dove, 2011). A questi approcci ibridi in alcuni casi si sono convertiti anche ricercatori che inizialmente appoggiavano una visione puramente embodied (ad es. Zwaan, 2014).

2.2 Simulare non è agire

Una nozione fondamentale per le teorie embodied è quella di simulazione. Ovviamente, data la differenza tra le varie teorie embodied, anche la nozione di simulazione è stata definita in modi diversi, sottolineandone accezioni e sfumature differenti. Immaginiamo di osservare una teiera; mentre la osserviamo si attiverebbe una simulazione. Jeannerod (2006) definisce la simulazione come il reclutamento delle stesse reti neurali attivate durante i processi percettivi, motori ed emozionali. Ovviamente, però, la simulazione si chiama così perché non si traduce in un'esplicita risposta motoria. Tra simulare ed agire ce ne passa! Durante la simulazione le reti neurali vengono infatti attivate in modo più debole rispetto a quando dobbiamo effettivamente interagire con gli oggetti e con gli altri. Inoltre, un meccanismo di bloccaggio interviene per impedire alla risposta motoria di iniziare. Infine, dato che muscoli e arti non si muovono, a differenza dell'azione effettiva la simulazione manca del feedback sensoriale che si ottiene durante l'esecuzione di compiti motori. Fin qui, sembrerebbe tutto abbastanza chiaro. Tuttavia, autori diversi, facenti parte di tradizioni di ricerca differenti, pongono l'accento o sul fatto che la simulazione consiste nel riattivare la nostra esperienza precedente con un oggetto, o sul fatto che svolge una funzione predittiva e ci aiuta a prepararci ad interagire con un dato oggetto (si veda Borghi, Cimatti, 2010, per un'analisi). Così, simulare quando osserviamo un cacciavite consisterebbe, nel primo caso, nel riattivare le nostre esperienze precedenti con i cacciaviti, nel secondo nel prepararci ad agire con quel particolare cacciavite. Questa contrapposizione, un po' di facciata, è simile a quella che si ha tra gli autori che sottolineano l'importanza delle caratteristiche percettive e quelli che ribadiscono il ruolo cruciale di quelle motorie. In ogni caso, al di là delle differenze di accento e della maggiore importanza attribuita alla riattivazione delle esperienze precedenti o alla capacità predittiva, la gran parte degli autori considerano la simulazione un processo automatico, che non avviene a posteriori, in modo deliberato.

Ma quando è che simuliamo? Secondo le teorie embodied e grounded della cognizione, simuliamo quando osserviamo oggetti, quando osserviamo

altri compiere azioni con gli oggetti, e quando comprendiamo il linguaggio, ad esempio leggendo un libro o ascoltando altri che parlano. È stato proposto che le aree neurali coinvolte durante questi processi simulativi siano differenti: per esempio, quando osserviamo degli oggetti si attiva il sistema dei neuroni canonici, neuroni che scaricano quando siamo in presenza di oggetti afferrabili; questi neuroni scaricano diversamente a seconda che stiamo per aprire la mano per avvicinarci ad un oggetto o per chiuderla su di esso, a seconda che afferriamo un oggetto piccolo come una puntina o una biglia con una presa di precisione o un oggetto più grande, come un barattolo, con una presa di forza o di potenza (si veda il capitolo 3 di questo volume). Un diverso sistema, quello dei neuroni specchio, si attiva invece quando osserviamo altri, nostri conspecifici, compiere azioni con oggetti; questo sistema rappresenta, dunque, almeno secondo molti autori, la base neurale della simulazione che formiamo durante l'osservazione delle azioni altrui (si veda il capitolo 3 di questo volume). Entrambi i sistemi, quello dei neuroni canonici e quello dei neuroni specchio, si attivano quando comprendiamo il linguaggio. Coerentemente con le loro caratteristiche, il primo sistema si attiva maggiormente quando elaboriamo nomi che rimandano ad oggetti, il secondo verbi che richiamano delle azioni.

2.3 Simulare quando osserviamo oggetti

Il caso più semplice e forse più studiato di quando si attiva una simulazione è durante l'osservazione di oggetti. Coerentemente con questa idea, in particolare con quella per cui la simulazione porta a riattivare esperienze precedenti, è stato proposto che i concetti di oggetti consistano nella riattivazione delle esperienze sensoriali e motorie avute con essi (Barsalou, 1999). In parole più semplici, il mio concetto di “anello” consisterebbe nello stesso pattern neurale dato dalla riattivazione delle mie esperienze precedenti con anelli. Coerentemente con l'idea che la simulazione includa aspetti predittivi, i concetti di oggetti sono stati definiti come «pattern di azione potenziale» (Glenberg, 1997). La loro funzione consisterebbe nell'attivare simulazioni online che facilitano l'interazione con gli oggetti. In altre parole, possedere il concetto di ‘anello’ ci aiuta a sapere cosa fare con l'anello che abbiamo davanti a noi, così come leggere una ricetta su un manuale online ci aiuta a preparare meglio un manicaretto. Un altro esempio può aiutare a chiarire: vedere un'arancia nel primo caso riattiverebbe una data esperienza tattile, un dato profumo e un dato gusto, nel secondo riattiverebbe un tipo di presa adeguato ad afferrarla per mangiarla. Come evidenziato altrove, la prima concezione dei concetti sottolinea l'importanza degli aspetti percettivi, la seconda quella degli aspetti legati all'azione. Tuttavia, non si tratta di concezioni in contraddizione (Borghi, 2005).

Semplicemente, potremmo comunque accedere prima all'informazione più frequente, quella legata al modo in cui più frequentemente usiamo l'oggetto e poi, se non soddisfa il nostro scopo corrente, potremmo attivare l'informazione percettiva meno frequente: ad esempio, osservando una tazza posso pensare subito a come afferrarne il manico per bere, ma se al momento ho bisogno di usarla per nascondere un chiodo in modo che la mia bimba non lo veda, posso attivare anche informazione percettiva relativa al "corpo" della tazza, a come la posso rovesciare ecc. In ogni caso, per le teorie embodied i concetti di oggetti non sono astratti ma si fondano sui processi percettivi e motori, sia in quanto riattivano le esperienze precedenti di interazione con tazze, teiere, bicchieri o oggetti simili, sia in quanto ci aiutano a perfezionare i nostri piani di azione guidati dagli scopi che abbiamo (bere, nascondere qualcosa ecc.). In molti casi gli oggetti e le entità attivano non soltanto un dato pattern percettivo e motorio ma anche emozioni: per esempio, le tazze blu possono richiamare alla memoria la nostra infanzia. I concetti, inoltre, non sono né amodali, né unimodali: al contrario, sono multimodali (Gallese, Lakoff, 2005). Negli ultimi anni stanno proliferando studi che mostrano come tendiamo a coniugare, ad esempio, determinate forme e pattern acustici: per esempio, associamo il suono "kikki" a forme spigolose e il suono "buba" a forme arrotondate (Flumini *et al.*, 2014; Maurer *et al.*, 2006). Al di là delle possibili sinestesie che evocano, i nostri concetti sono multimodali perché, come i loro referenti, attivano al contempo diverse modalità sensoriali, e le corrispondenti aree neurali: come osservando una margherita vediamo la corolla gialla e i petali bianchi, sentiamo un profumo intenso e particolare e, sfiorandola, abbiamo una data esperienza tattile, così il nostro concetto di "margherita" è assimilabile al pattern neurale in cui noi riviviamo e riattiviamo quelle sensazioni. Sono anche dinamici; a seconda del nostro scopo attuale, cambiano i concetti cui abbiamo accesso (Smith, 2005): se camminiamo nel prato stando attenti a non calpestare le margherite attiviamo una versione diversa del concetto di "margherita" rispetto alla situazione in cui ne cogliamo e sfogliamo una per giocare a "m'ama, non m'ama".

Due modalità sensoriali strettamente interrelate sono quella visiva e quella motoria. Diverse evidenze, ottenute sia indagando il pattern d'attivazione del cervello che facendo esperimenti comportamentali, hanno dimostrato che quando osserviamo oggetti si attiva informazione motoria, ovvero si attivano le azioni che potremmo compiere con essi. Il nostro cervello registra informazioni su che fare con gli oggetti che osserviamo: studi recenti mostrano che si attivano aree neurali specifiche per gli oggetti manipolabili e gli utensili, come il cacciavite e il martello, e che queste aree differiscono da quelle che si attivano con oggetti o entità che non manipoliamo, come ad esempio gli animali (Martin, 2007, per una rassegna). Ulteriori evidenze sono state riportate con TMS (Buccino *et al.*, 2009). Al contempo, studi comportamentali

hanno dimostrato che osservare oggetti porta ad attivare le loro *affordance*. La nozione di *affordance*, proposta inizialmente da Gibson (1979), si riferisce a quegli inviti ad agire che gli oggetti ci offrono: così, le tazze ci “invitano” ad afferrare il loro manico per poterle usare, e i campanelli a premerli per suonare. Molti studi comportamentali hanno utilizzato paradigmi di compatibilità per dimostrare che, quando osserviamo un oggetto, si attiva l’informazione relativa alla loro afferrabilità e funzione: ad esempio, anche se devono semplicemente premere un tasto per decidere se un oggetto è diritto o rovesciato, i partecipanti sono influenzati dalla posizione del manico, cosicché rispondono più velocemente se il tasto che devono premere per rispondere “diritto” è dalla stessa parte del manico rispetto alla parte opposta. Di recente, numerosi studi hanno iniziato a dimostrare come le *affordance* si attivino in modo dipendente dal contesto, e sono stati proposti alcuni modelli (per una rassegna si veda Thill *et al.*, 2013; in italiano Borghi, Nicoletti, 2012).

2.4 Simulare quando osserviamo altri

Oltre a simulare quando osserviamo oggetti, simuliamo anche quando osserviamo altri che compiono azioni. La base neurale di questo tipo di simulazione è rappresentata dal sistema dei neuroni mirror (si veda il capitolo 3 di questo volume). Per esempio, Buccino e colleghi (2004) hanno mostrato con uno studio di risonanza magnetica che il sistema mirror umano risponde durante l’osservazione di scimmie che mordono oggetti, ma di cani che abbaiano, dato che l’azione di abbaiare non fa parte del nostro repertorio motorio (si veda anche Marangolo *et al.*, 2012). Risuoniamo di più, dunque, quando osserviamo il dolore di altri simili a noi (Avenanti *et al.*, 2010) o quando vediamo altri compiere azioni che anche noi siamo in grado di eseguire. Si può trattare anche di azioni apprese, ad esempio, tramite una disciplina sportiva come il basket (Aglioti *et al.*, 2008) o la danza (Calvo Merino *et al.*, 2005), oppure apprese essendo immersi in una data cultura. Per esempio, Calvo Merino *et al.* (2005) hanno rilevato una maggiore risonanza motoria durante l’osservazione di danzatori dello stesso ballo, ad esempio di capoeira piuttosto che di danza classica, mentre Molnar-Szakacs *et al.* (2007) hanno dimostrato con la stimolazione magnetica transcranica (TMS) che il cervello di persone euro-americane risuonava di più osservando gesti di un attore euro-americano, mentre il cervello di persone nicaraguensi risuonava maggiormente osservando i gesti di un attore del Nicaragua. Sul piano comportamentale, sono stati dimostrati effetti di facilitazione durante l’osservazione di mani che compiono azioni che potremmo compiere noi: ad esempio, se si osserva l’immagine di una mano che afferra un oggetto in prospettiva egocentrica, come se fossimo noi a farlo (Bruzzo *et al.*, 2008). Si ha facilitazione anche quando osserviamo mani che

hanno caratteristiche simili alle nostre, come se imitassimo automaticamente chi ci è simile (“risonanza motoria”): per esempio, i bambini sono facilitati nelle risposte quando osservano mani di bambini piuttosto che mani di adulti afferrare un oggetto (Liuzza *et al.*, 2012), e gli adulti “risuonano” di più quando osservano mani umane rispetto a mani robotiche (Ranzini *et al.*, 2010), come dimostrato in un compito di bisezione di linee. Assai noto è l’“effetto camaleonte”, per cui tendiamo ad imitare involontariamente i gesti, l’accento, il modo di parlare di persone che ci stanno simpatiche (Chartrand, Bargh, 1999).

Per interagire con gli altri non serve soltanto imitarli in modo implicito, per essere più simili a loro, ma anche eseguire azioni insieme. Diversi studi recenti mostrano che il sistema dei neuroni specchio si attiva anche mentre eseguiamo azioni complementari (Newman-Norland *et al.*, 2007), per realizzare con altri un obiettivo comune, come ad esempio versare una bibita nel bicchiere ad un altro, o porgere un oggetto ad un altro (Scorolli *et al.*, 2014; Sartori *et al.*, 2012; Lugli, Obertis, Borghi, in revisione).

2.5 Simulare quando comprendiamo il linguaggio

Un meccanismo di simulazione analogo a quello che attiviamo quando osserviamo oggetti e quando osserviamo altri agisce quando comprendiamo il linguaggio, ascoltando altri o leggendo (Borghi, 2012; Scorolli, 2014). Non solo: lo stesso meccanismo sottostà alla produzione del linguaggio, quando parliamo con altri o scriviamo. Non c’è qui lo spazio per addentrarsi in questo problema; basti dire che studi recenti sembrano indicare che comprensione e produzione siano due facce della stessa medaglia (per una rassegna, si vedano Pickering, Garrod, 2013; D’Ausilio *et al.*, 2009).

Le evidenze recenti a favore dell’idea che il linguaggio si fondi sui processi sensori-motori sono molteplici. Mi soffermerò, anche se brevemente, solo su alcune, perché molto note o perché realizzate nel nostro laboratorio.

Effetto ACE: Glenberg e Kaschak (2002) hanno dimostrato per la prima volta l’effetto ACE (Action sentence Compatibility Effect). Lo illustreremo facendo riferimento a uno studio di Borghi *et al.* (2004), poi replicato con un modello computazionale (Caligiore *et al.*, 2010). I soggetti leggevano coppie di nomi (es. bambola / asilo; bambola / testa) e dovevano decidere se il secondo menzionava o meno una parte dell’oggetto; per dire se si trattasse o meno di una parte dovevano premere un tasto muovendosi verso l’alto o verso il basso. Le risposte erano più veloci in caso di compatibilità tra la direzione del movimento per premere il tasto (alto, basso) e la collocazione della parte (alto, basso: es. testa vs. piedi di una bambola). Questo risultato, confermando l’effetto ACE, dimostra che quando comprendiamo parole ci formiamo

una simulazione, e che si tratta di una simulazione assai fine e dettagliata, che tiene conto dell’organizzazione spaziale delle parti degli oggetti.

Effetto di avvicinamento/evitamento: un altro effetto molto noto e che dimostra la stretta relazione tra linguaggio e azione è l’effetto di avvicinamento/esitamento (*approach-avoidance*). Chen e Bargh (1999) hanno mostrato in un compito di valutazione di parole positive vs negative spingendo o avvicinando una leva al nostro corpo, che tendiamo ad allontanare la leva con le parole negative, ad avvicinarla con quelle positive. Freina *et al.* (2010) hanno chiesto ai soggetti di valutare parole premendo un tasto vicino o lontano dal corpo. Quando i partecipanti avevano in mano una pallina, i risultati riproducevano quelli di Chen e Bargh, mentre i risultati erano esattamente opposti quando i partecipanti avevano la mano aperta: in quel caso, tendevano a respingere oggetti negativi vicini e a raggiungere oggetti positivi lontani. Questi studi indicano che la simulazione che formiamo è sensibile alle connotazioni emotive delle parole, e che tali connotazioni evocano un movimento; si tratta tuttavia di una relazione flessibile e dipendente dal contesto.

Linguaggio ed effettori: diversi studi hanno dimostrato che, quando si legge un verbo o una frase con un verbo che rimanda ad un’azione (es. calciare la palla), si attiva l’effettore corrispondente (es. piede). Le evidenze sono numerose e variegata, sia neurali (Hauk *et al.*, 2004), che sia neurali che comportamentali (es. Buccino *et al.*, 2005 usano sia uno studio TMS che uno studio comportamentale), che solo comportamentali (Scorolli, Borghi, 2007). Si tratta di evidenze non scevre di problemi, però, dato che in alcuni casi si ha un effetto di interferenza, in altri di facilitazione: in pratica, è chiaro e in linea con la teoria embodied il fatto che leggere una frase porta a simulare l’azione, modulando il sistema motorio, però le diverse direzioni dei risultati generano ambiguità e riducono la precisione delle predizioni: se leggo la frase “Calciare la palla” mi aspetto che le risposte con il piede siano più veloci o più lente rispetto a quelle con la mano? Le contraddizioni relative ai dati sembrano però risolte se si considera quando si inizia a misurare il tempo durante gli esperimenti. Come spiegato in un recente lavoro computazionale (Chersi *et al.*, 2010), interferenza e facilitazione sono due facce della stessa medaglia. Ad una immediata interferenza, dopo circa 150-550 ms dalla presentazione dello stimolo, dovuta al fatto che sia l’azione compiuta per rispondere che quella menzionata nella frase coinvolgono – e sovraccaricano – lo stesso sistema, fa seguito una successiva facilitazione, a circa 550-800 ms dalla comparsa dello stimolo.

Simulazione e spazio corporeo. Alcuni studi recenti dimostrano che la simulazione che formiamo durante la comprensione del linguaggio è sensibile alla relazione tra linguaggio, *affordance* e collocazione spaziale degli oggetti rispetto al nostro corpo (es. Costantini *et al.*, 2010).

In sintesi, su simulazione e linguaggio: negli ultimi anni sono state ottenute moltissime prove che dimostrano la stretta relazione tra linguaggio, per-

cezione, azione, processi emozionali. Vari studi supportano l'idea che quando comprendiamo (ma anche produciamo) il linguaggio ci formiamo una simulazione, probabilmente ricorrendo ai sistemi canonici e mirror a seconda del tipo di parole. Questa simulazione è piuttosto dettagliata. Gli esempi illustrati dimostrano che tale simulazione è sensibile a proprietà degli oggetti, come l'organizzazione spaziale delle loro parti, la distanza dell'oggetto da noi, le loro connotazioni emotive, così come a proprietà dell'azione, ad esempio gli effettori usati per realizzarla.

2.6 Teorie embodied e linguaggio: le sfide aperte

Nell'insieme, non v'è alcun dubbio che il programma di ricerca delle teorie embodied possa essere considerato di successo. Negli ultimi anni sono state raccolte moltissime prove a favore di un approccio embodied alla cognizione, in ambiti disciplinari che vanno dalla psicologia – dello sviluppo, sociale e cognitiva – alle scienze e neuroscienze cognitive, all'antropologia e alla linguistica, alla robotica. Personalmente ritengo che la cognizione embodied rappresenti non solo il presente ma anche il futuro, e che tra qualche anno non servirà discutere di cognizione embodied o *disembodied*, servirà solo entrare nel merito di come il corpo interviene nel modificare e influenzare i nostri processi cognitivi (Willems, Franken, 2012); in questo senso i modelli computazionali saranno di grande utilità nel raffinare le predizioni rendendole più precise e accurate. Come in tutte le storie di successo, però, restano molti aspetti da chiarire e molte sfide da affrontare. Cerco di delineare brevemente quelle che secondo me sono le sfide più importanti per le teorie embodied sul linguaggio.

Un limite delle teorie embodied è che si sono soffermate primariamente sugli aspetti referenziali del linguaggio (per una trattazione articolata di questo problema, si veda Borghi *et al.*, 2013). Per esempio, indagando come le parole riattivino l'esperienza con i loro referenti: ad esempio, "palla" ci fa pensare a tutte le volte in cui abbiamo giocato con una palla ecc. Soffermarsi su questo è stato molto importante nella fase in cui le teorie embodied dovevano contrastare la visione tradizionale, secondo cui l'esperienza viene "tradotta" in simboli astratti, amodali, simil-linguistici, che costituiscono il contenuto dei nostri processi mentali. Oggi però questa battaglia è stata vinta, diventa dunque urgente prendere in esame l'esperienza linguistica nella sua totalità. A mio avviso sono almeno quattro gli ambiti in cui la ricerca embodied sul linguaggio si deve declinare e articolare.

Innanzitutto, al di là del fatto che le parole rimandano a dei referenti, occorre ridare peso alla rilevanza comunicativa e pragmatica del linguaggio. Un esempio di ricerche embodied che vanno in questa direzione sono state presentate nel numero speciale di Galantucci, Sebanz (2009) che verte sull'at-

tenzione e sulle azioni congiunte (*joint action*): parlarsi è infatti compiere un’azione congiunta. Il linguaggio è un comportamento sociale e come tale andrebbe studiato.

Una seconda sfida che a mio avviso le teorie embodied devono raccogliere riguarda il loro legame con le teorie distribuzionali del significato. In base a queste ultime (si veda ad esempio Andrews *et al.*, 2014) il significato delle parole non è dato, come secondo le teorie embodied, dalla riattivazione dell’esperienza con i loro referenti, ma dalla relazione tra parole, in termini più tecnici dalla cooccorrenza statistica delle parole in corpora. Le parole non sono isolate ma occorrono in contesti – questa è l’importante intuizione che le teorie distribuzionali colgono. Se fino a qualche anno fa teorie embodied e teorie distribuzionali del significato erano in netta antitesi (Glenberg, Robertson, 2000), oggi è possibile pensare ad una proficua interazione tra questi due approcci al significato delle parole (ad es. Andrews *et al.*, 2014). Coniugare i due approcci consente di spiegare meglio alcuni fenomeni, per esempio come ci rappresentiamo le parole astratte.

Una terza sfida di rilievo riguarda il modo in cui ci rappresentiamo concetti e parole astratte. La gran parte delle evidenze sulla *embodied cognition* riguarda concetti e parole concreti, come “palla” o “bottiglia”. Per una teoria secondo cui i concetti si fondano sui processi percettivi, motori ed emozionali, spiegare come ci rappresentiamo concetti non dotati di singoli referenti concreti, esperibili tramite i sensi, come “libertà” e “verità”, non è affatto scontato. Anche se la relazione tra concetti astratti e concreti non va intesa tanto come una dicotomia ma come un continuum, la difficoltà con i concetti astratti inizia dalla loro definizione. Intendo qui i concetti astratti come quei concetti che si differenziano da quelli concreti perché possiedono: a. un diverso tipo di “grounding”, si tratta di entità progressivamente meno legate all’esperienza fisica (Barsalou, 2003); b. una maggiore complessità. Come scritto da Barsalou (2003), «abstract concepts often capture complex configurations of physical and mental events»; c. una maggiore variabilità del significato, sia entro che tra i soggetti. Il concetto di “tazza” di ciascuno di noi è flessibile e si modifica di continuo, ma non quanto il concetto di “libertà”; allo stesso modo, c’è più convergenza e similarità tra i concetti di “tazza” che tra quelli di “libertà” di persone diverse (per una versione più articolata della definizione, si veda Borghi, Binkofski, 2014). Negli ultimi anni sono state proposte diverse teorie embodied sui concetti astratti (per una rassegna, si veda Pecher *et al.*, 2011; Borghi, Binkofski, 2014). La teoria WAT, Words As social Tools, da noi proposta (Borghi, Cimatti, 2009; Borghi, Binkofski, 2014; in italiano si veda Liuzza *et al.*, 2010), si distingue dalle altre per il valore che attribuisce all’influenza che l’acquisizione linguistica, nei suoi aspetti esperienziali e sociali, ha sulla rappresentazione dei concetti (ad es. Granito *et al.*, in stampa). Questa teoria si caratterizza per alcuni principi di base:

- a. Embodiment e *grounding*: sia i concetti che le parole astratte sono embodied e grounded nei sistemi di azione, percezione, emozione.
- b. Modalità di acquisizione: la modalità di acquisizione è più percettivo-motoria per le parole concrete, più linguistica e sociale per quelle astratte. Con parole come “fantasia” l’esperienza linguistica ci aiuta a mettere assieme stati corporei, esperienze interne ed esterne, ecc. assai variegati; con le parole concrete l’apporto del linguaggio è meno importante dato che i membri delle categorie concrete sono di solito percettivamente simili.
- c. Rappresentazione neurale: il linguaggio è più cruciale per la rappresentazione neurale di concetti e parole astratte.
- d. Differenze tra le lingue: dato il rilievo del linguaggio per la loro rappresentazione, concetti e parole astratti sono più influenzati dalla diversità tra le lingue (per un’altra teoria influente e assai recente, che sottolinea l’importanza delle emozioni, si veda Kousta *et al.*, 2011, Vigliocco *et al.*, 2014). La sfida negli anni a venire sarà quella di verificare se effettivamente le teorie embodied siano in grado di spiegare i concetti astratti nella loro diversità. Sarà il futuro a decidere se si riuscirà a convergere verso un’unica teoria o se più teorie spiegheranno diversi sotto-tipi di concetti astratti (Borghi *et al.*, 2014).

L’ultima sfida che, a mio avviso, le teorie embodied devono affrontare potrebbe essere chiamata “parole tra mente estesa e corpo esteso” (per una trattazione più ampia si veda Borghi *et al.*, 2013). Negli ultimi anni si stanno diffondendo, soprattutto in ambito filosofico, le teorie della mente estesa (Kiverstein, Clark, 2009; Noe, 2004), secondo cui i processi cognitivi non possono essere racchiusi entro i confini del nostro cervello/corpo. Un esempio è dato dal telefono cellulare, che può fare da complemento alla nostra memoria incamerando diversi numeri telefonici che diversamente non ricorderemmo. Di grande interesse in questo ambito sono le proposte che sottolineano come le parole possano essere parte di questa mente estesa. Il filosofo Andy Clark (1998) ha parlato ad esempio della “magia delle parole” (‘magic of words’): le parole sono infatti da intendersi come artefatti esterni dotati del potere di aumentare e fare da complemento alle nostre capacità computazionali. In contemporanea negli ultimi anni nel campo delle neuroscienze cognitive sono stati condotti diversi studi su quello che potremmo chiamare il “corpo esteso” (in italiano Caruana, 2012; Borghi, Scorolli, 2012). Diverse evidenze, ottenute con scimmie e con umani, hanno dimostrato che l’uso attivo di strumenti cambia la rappresentazione dello spazio corporeo estendendo lo spazio vicino (Berlucchi, Aglioti, 1997; Berti, Frassinetti, 2000; Maravita, Iriki, 2004; Farnè *et al.*, 2005; Umiltà *et al.*, 2008). In un lavoro recente abbiamo coniugato le due linee di ricerca, dimostrando che le parole, similmente agli strumenti, sono in grado di estendere i confini del nostro corpo, rendendo più

vicino quello che è lontano (Scorrolli *et al.*, in revisione). Un’importante sfida per le teorie embodied riguarda proprio la loro relazione con le teorie della mente estesa, che può consentire di studiare i processi mentali andando oltre lo studio delle loro rappresentazioni neurali. Un modo per affrontare questa sfida può consistere nell’intendere le parole come strumenti per agire/interagire con il mondo esterno.

2.7 Conclusioni

Le teorie embodied hanno avuto un grande sviluppo negli ultimi anni: se il presente delle scienze e neuroscienze cognitive è in gran parte embodied, a mio avviso il futuro lo sarà completamente. Le teorie embodied dovranno però riuscire ad affrontare sfide importanti; ne ho delineate alcune che riguardano primariamente le teorie sul linguaggio. Più in generale, a mio avviso dovranno essere compiuti sforzi teorici e concettuali: sarà necessaria maggiore precisione terminologica; occorrerà avanzare previsioni più puntuali e teoricamente fondate, anche grazie all’aiuto di modelli computazionali; sarà indispensabile una maggiore interazione tra discipline differenti; infine, soprattutto, sarà necessario cercare di capire nel dettaglio come il nostro corpo, ma anche il contesto in cui siamo immersi, influenza i nostri processi cognitivi.

Il futuro è embodied, ma ancora molto resta da fare e da capire.

Riferimenti bibliografici

- AGLIOTI S.M., CESARI P., ROMANI M., URGESI C., 2008, “Action anticipation and motor resonance in elite basketball players”, in *Nat Neuroscience*, 11, 1109-1116.
- ANDREWS M., FRANK, S., VIGLIOCCO, G., 2014, “Reconciling Embodied and Distributional Accounts of Meaning in Language”, in *Topics in Cognitive Science*, VI, 3, 359-370.
- AVENANTI A., SIRIGU A., AGLIOTI S.M., 2010, “Racial bias reduces empathic sensorimotor resonance with other-race pain”, in *Current Biology*, 20, 1018-1022.
- BARSALOU L.W., 1999, “Perceptual symbol systems”, in *Brain and Behavioural Sciences*, 22, 577 e 660.
- BARSALOU L.W., 2003, “Abstraction in perceptual symbol systems”, in *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 358, 1177-1187.
- BARSALOU L.W., 2008, “Grounded cognition”, in *Annual Review of Psychology*, 59, 617-645.

- BERLUCCHI G., AGLIOTI S., 1997, "The body in the brain: Neural bases of corporeal awareness", *Trends in Neurosciences*, 20, 560-564.
- BERTI A., FRASSINETTI F., 2000, "When Far Becomes Near: Remapping of Space by Tool Use", in *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 415-420.
- BORGHİ A.M., 2005, "Object concepts and action", in (a cura di) D. PECHER R.A. ZWAAN, *Grounding Cognition: The role of perception and action in memory, language, and thinking*, Cambridge, Cambridge University Press, 8-34.
- BORGHİ A.M., 2012, "Action language comprehension, affordances and goals", in (a cura di) Y. COELLO, A. BARTOLO, *Language and Action in Cognitive Neuroscience (Contemporary topics in cognitive neuroscience series)*, New York, Psychology Press, 125-143.
- BORGHİ A.M., GLENBERG A., KASCHAK M., 2004, "Putting Words in Perspective", in *Memory and cognition*, 32, 863-873.
- BORGHİ A.M., BINKOFSKI F., 2014, *Words As social Tools: An Embodied View on Abstract Concepts*, New York, Springer.
- BORGHİ A.M., CANGELOSI A., 2014, "Action-language integration: from humans to cognitive robots", in *Topics in Cognitive Science*, VI, 3, 344-358.
- BORGHİ A.M., CAPIRCI O., GIANFREDA G., VOLTERRA V., 2014, "The body and the fading away of abstract concepts and words: a sign language analysis", in *Frontiers in Psychology*, V, 811, doi: 10.3389/fpsyg.2014.00811.
- BORGHİ A.M., CIMATTI F., 2009, "Words as tools and the problem of abstract words meanings", in (a cura di) N. TAATGEN, H. VAN RIJN, *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Amsterdam, Cognitive Science Society, 2304-2309.
- BORGHİ A.M., CIMATTI F., 2010, "Embodied cognition and beyond: Acting and sensing the body", in *Neuropsychologia*, 48, 763-773.
- BORGHİ A.M., NICOLETTI R., 2012, "Movimento e azione", in (a cura di) R. CUBELLI, R. JOB, *Psicologia dei processi cognitivi*, Roma, Carocci, 121-144.
- BORGHİ A.M., PECHER D., 2011, "Introduction to the special topic Embodied and Grounded Cognition", in *Frontiers in Psychology*, II, 187, doi: 10.3389/fpsyg.2011.00187.
- BORGHİ A.M., SCOROLLI C., 2012, "Parole come strumenti che estendono il corpo", in *Sistemi intelligenti*, XXIV, 1, 117-126.
- BORGHİ A.M., SCOROLLI C., CALIGIORE D., BALDASSARRE G., TUMMOLINI L., 2013, "The embodied mind extended: Words as social tools", in *Frontiers in Psychology*, IV, 214, doi: 10.3389/fpsyg.2013.00214.
- BRUZZO A., BORGHİ A.M., GHIRLANDA S., 2008, "Hand-object interaction in perspective", in *Neuroscience Letters*, XDXXXXI, 61-65.
- BUCCINO G., LUI F., CANESSA N., PATTIERI I., LAGRAVINESE G., BENUZZI F., RIZZOLATTI G., 2004, "Neural circuits involved in the recognition of actions

- performed by nonconspicuous: An fMRI study”, in *Journal of cognitive neuroscience*, XVI, 1, 114-126.
- BUCCINO G., RIGGIO L., MELLI G., BINKOFSKI F., GALESE V., RIZZOLATTI G., 2005, “Listening to action-related sentences modulates the activity of the motor system: a combined TMS and behavioral study”, in *Cognitive Brain Research*, 24, 355-363.
- BUCCINO G., SATO M., CATTANEO L., RODÀ F., RIGGIO L., 2009, “Broken affordances, broken objects: A TMS study”, in *Neuropsychologia*, XXXVII, 14, 3074-3078.
- CALIGIORE D., BORGHI A.M., PARISI D., BALDASSARRE G., 2010, “TRoPICALS: A Computational Embodied Neuroscience Model of Experiments on Compatibility Effects”, in *Psychological Review*, 117, 1188-1228.
- 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”, in *Cerebral Cortex*, 15, 1242-1249.
- CAPPA S.F., PULVERMÜLLER F., 2012, “Cortex special issue: language and the motor system”, in *Cerebral Cortex*, XXXVIII, 7, 785-787.
- CARUANA F., 2012, “Strumenti incarnati: cosa succede nel cervello quando estendiamo il corpo”, in *Sistemi intelligenti*, 1, 127-140.
- CARUANA F., BORGHI A.M., 2013, “Embodied cognition: Una nuova psicologia”, in *Giornale Italiano di Psicologia*, I, 23-48, doi: 10.1421/73973 (articolo target).
- CHARTRAND T.L., BARGH J.A., 1999, “The chameleon effect: The perception-behavior link and social interaction”, in *Journal of Personality and Social Psychology*, LXXVI, 6, 893-910.
- CHATTERJEE A., 2010, “Disembodying cognition”, in *Language and Cognition*, 2-1, 79-116.
- CHERSI F., THILL S., ZIEMKE T., BORGHI A.M., 2010, Sentence processing: Linking Language to Motor Chain (Special topic edited by Angelo Cangelosi, *Action and language integration in cognitive systems*), in *Frontiers in neurobotics*, IV, 4.
- CLARK A., 1998, “Magic words: How language augments human computation”, in (a cura di) P. CARRUTHERS, J. BOUCHER, *Language and thought: Interdisciplinary themes*, Cambridge, Cambridge University Press.
- COSTANTINI M., AMBROSINI E., SCOROLLI C., BORGHI A.M., 2011, “When objects are close to me: affordances in the peripersonal space”, in *Psychonomic Bulletin & Review*, XVIII, 32-38.
- DAMASIO A.R., 1995, *L'errore di Cartesio*, Milano, Adelphi.
- D'AUSILIO A., PULVERMÜLLER F., SALMAS P., BUFALARI I., BEGLIOMINI C., FADIGA L., 2009, “The motor somatotopy of speech perception”, in *Current Biology*, XIX, 5, 381-385.

- DAVIS J. I., MARKMAN A.B., 2012, “Embodied Cognition as a Practical Paradigm: Introduction to the Topic, The Future of Embodied Cognition”, in *Topics in Cognitive Science*, 4, 685-691.
- DOVE G., 2011, “On the need for embodied and disembodied cognition”, in *Frontiers in Psychology*, 1, 242, doi: 10.3389/fpsyg.2010.00242.
- DOVE G., (in corso di stampa), “Beyond the body? The future of embodied cognition”, in *Frontiers in Cognitive Science*.
- FARNÈ A., IRIKI A., LADAVAS E., 200, “Shaping multisensory action space with tools: evidence from patients with cross-modal extinction”, in *Neuropsychologia*, 43, 238-248.
- FISCHER M.H., ZWAAN R., 2008, “Embodied Language: A Review of the Role of the Motor System in Language Comprehension”, in *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 825-850.
- FLUMINI A., RANZINI M., BORGI A.M., 2014, “<i>Nominasuntconsequentiareferum</i>—Sound—shape correspondences with every-day objects figures”, in *Journal of Memory and Language*, 76, 47-60.
- FODOR J.A., 1975, *The Language of Thought*, New York, Crowell.
- GALANTUCCI B., SEBANZ N., 2009, “Joint Action: Current Perspectives”, in *Topics in Cognitive Science*, 1, 255-259.
- GALLESE V., LAKOFF G., 2005, “The brain’s concepts: the role of the sensory-motor system in conceptual knowledge”, in *Cognitive Neuropsychology*, 22, 455-479.
- GENTNER D., 2010, “Psychology in Cognitive Science: 1978-2038”, in *Topics in Cognitive Science*, 2, 328-344.
- GIBSON J.J., 1979, *The ecological approach to visual perception*, Boston, Houghton Mifflin.
- GLENBERG A.M., 1997, “What memory is for”, in *Behavioral & Brain Sciences*, XX, 1-55.
- GLENBERG A.M., KASCHAK, M.P., 2002, “Grounding language in action”, in *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 558-565.
- GLENBERG A.M., ROBERTSON D.A., 2000, “Symbol grounding and meaning: A comparison of high-dimensional and embodied theories of meaning”, in *Journal of Memory and Language*, XXXIII, 3, 379-401.
- GRANITO C., SCOROLLI C., BORGI A.M. (in corso di stampa), *Naming a Lego world. The role of language in the acquisition of abstract concepts*, in *PLOS One*.
- HAUK O., JOHNSRUDE I., PULVERMÜLLER F., 2004, “Somatotopic representation of action words in human motor and premotor cortex”, in *Neuron*, 41, 301-307.
- JEANNEROD M., 2006, *Motor Cognition: What actions tell the self*, Oxford, Oxford University Press.
- JIRAK D., MENZ M., BUCCINO G., BORGI A.M., BINKOFSKI F., 2010, “Grasping language. A short story on embodiment”, in *Consciousness and Cognition*, 19, 711-720.

- HURLEY S., 1998, *Consciousness in Action*, Cambridge, Harvard University Press.
- KIVERSTEIN J., CLARK A., 2009, “Introduction: mind embodied, embedded, enacted: one church or many?”, in *Topoi*, 28, 1-7.
- KOUSTA S. T., VIGLIOCCO G., VINSON D. P., ANDREWS M., DEL CAMPO E., 2011, “The representation of abstract words: why emotion matters”, in *Journal of Experimental Psychology: General*, CXXXIX, 1, 14.
- LAKOFF G., 2012, “Explaining embodied cognition results”, in *Topics in Cognitive Science*, III, 4, 773-785.
- LIUZZA M.T., CIMATTI F., BORGHİ A.M., 2010, *Lingue, corpo e pensiero: Le ricerche contemporanee*, Roma, Carocci.
- LIUZZA M.T., SETTI A., BORGHİ A.M., 2012, “Kids observing other kids’ hands: Visuomotor priming in children”, in *Conscious Cogn*, 21, 383-392.
- MAHON B., CARAMAZZA A., 2008, “A critical look at the embodied cognition hypothesis and a new proposal for grounding conceptual content”, in *Journal of Physiology*, 102, 59-70.
- MARANGOLO P., CIPOLLARI S., FIORI V., RAZZANO C., CALTAGIRONE C., “Walking but not barking Improves Verb Recovery: Implications for Action Observation Treatment in Aphasia Rehabilitation”, in *Plos One*, 7, e38610, 1-7, 2012.
- MARAVITA A., IRIKI A., 2004, “Tools for the body. Trends in Cognitive Science”, 8, 79-86.
- MARTIN A., 2007, The representation of object concepts in the brain, in *Annual Review of Psychology*, 58, 25-45.
- MAURER D., PATHMAN T., MONDLOCH C.J., 2006, “The shape of boubas: Sound-shape correspondences in toddlers and adults”, in *Developmental Science*, IX, 3, 316-322.
- MEAD G.H., 1934, *Mind, self, and society*, Chicago, University of Chicago Press.
- MERLEAU-PONTY M., 1962, *Phenomenology of Perception*, London-New York, Routledge-Kegan Paul.
- MYACHYKOV A., SCHEEPERS C., FISCHER M.H., KESSLER K., 2014, “TEST: A Tropic, Embodied, and Situated Theory of Cognition”, in *Topics in Cognitive Science*, VI, 3, 442-460.
- METEYARD L., CUADRADO S. R., BAHRAMI B., VIGLIOCCO G., 2012, “Coming of age: a review of embodiment and the neuroscience of semantics”, in *Cerebral Cortex*, 48, 788-804.
- MOLNAR-SZAKACS I., WU A.D., ROBLES F.J., IACOBONI M., 2007, “Do You See What I Mean? Corticospinal Excitability During Observation of Culture-Specific Gestures”, in *Plos one*, 7, e626, 1-7.
- NEWMAN-NORLUND R.D., VAN SCHIE H.T., VAN ZUIJLEN A.M.J., BEKKERING H., 2007, “The human mirror neuron system is more active during complementary compared with imitative action”, in *Nature Neuroscience*, 10, 817-818.

- NÖE A., 2004, *Action in perception*, Cambridge, The MIT Press.
- PECHER D., BOOT I., VAN DANTZIG S., 2011, "Abstract concepts: sensory-motor grounding, metaphors, and beyond", in *Psychol Learn Motiv*, 54, 217-248.
- PECHER D., ZWAAN R.A., 2005, *Grounding cognition. The role of perception and action in memory, language, and thinking*, Cambridge, Cambridge University Press.
- PEZZULO G., BARSALOU L.W., CANGELOSI A., FISCHER M.A., McRAE K., SPIVEY M., 2011, "The mechanics of embodiment: A dialogue on embodiment and computational modeling", in *Frontiers in Cognition*, II, 5, 1-21.
- PICKERING M. J., GARROD S., 2013, "An integrated theory of language production and comprehension", in *Behavioral and Brain Sciences*, XXXVI, 4, 329-347, ISO 690.
- PRINZ J.J., 2002, *Furnishing the mind. Concepts and Their Perceptual Basis*, Cambridge, The MIT Press.
- PULVERMÜLLER F., FADIGA L., 2010, "Active perception: Sensorimotor circuits as a cortical basis for language", in *Nature Reviews Neuroscience*, XI, 5, 351e360.
- RANZINI M., BORGI A.M., NICOLETTI R., 2011, "With hands I do not centre! Action- and object-related effects of hand-cueing in the line bisection", in *Neuropsychologia*, 49, 2918-2928.
- SARTORI L., CAVALLO A., BUCCHIONI G., CASTIELLO U., 2012, "From simulation to reciprocity: The case of complementary actions", in *Society for Neuroscience*, 7, 146-158.
- SCOROLLI C., 2014, "Embodiment and Language", in (a cura di) L. SHAPIRO, *The Routledge Handbook of Embodied Cognition*, New-York-Abingdon, Routledge-Taylor&Francis, 127-138.
- SCOROLLI C., BORGI A.M., 2007, "Sentence comprehension and action: Effector specific modulation of the motor system", in *Brain research*, 1130, 119-124.
- SCOROLLI C., DAPRATI E., NICO D., BORGI A.M. (in revisione), "Reaching for objects or asking for them: Distance estimation in 7 to 15 years-old children".
- SCOROLLI C., MIATTON M., WHEATON L., BORGI A.M., 2014, "I give you a cup, I get a cup: A kinematics study on social intention", in *Neuropsychologia*, 57, 196-204, doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2014.03.006.
- SHAPIRO L., 2011, *Embodied Cognition*, New York, Routledge.
- THILL S., CALIGIORE D., BORGI A.M., ZIEMKE T., BALDASSARRE, 2013, "Theories and Computational Models of Affordance and Mirror Systems: An Integrative Review", in *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 37, 491-521.
- TONI I., DE LANGE F. P., NOORDZIJ M. L., HAGOORT P., 2008, *Language beyond action*, in *Journal of Physiol*, 102, 71-79.

- UMILTÀ M.A. *et al.*, 2008, “When pliers become fingers in the monkey motor system”, in *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105, 2209-2213.
- VIGLIOCCO G. *et al.*, 2014, “The Neural Representation of Abstract Words: The Role of Emotion”, in *Cerebral Cortex*, XXIV, 7, 1767-1777.
- WILLEMS R.M., FRANKEN J.C., 2012, “Embodied cognition: Taking the next step”, in *Frontiers in Psychology*, doi: 10.3389/fpsyg.2012.00582.
- WILLEMS R.M., HAGOORT P., 2007, “Neural evidence for the interplay between language, gesture and action: a review”, in *Brain and Language*, 101, 278-289.
- WILSON M., 2002, “Six views on embodied cognition”, in *Psychonomic Bulletin & Review*, IX, 4, 625-636.
- ZWAAN R., 2014, “Embodiment and language comprehension: reframing the discussion”, in *Trends in Cognitive Science*, 18, 229-234.

