

LA LINGUA ITALIANA NEL MONDO

5



Ministero degli Affari Esteri
Direzione Generale
per la Promozione e la Cooperazione Culturale



ACCADEMIA DELLA CRUSCA



Accademia della Crusca

L'ITALIANO DEI SAPERI

Ricerca, scoperta, innovazione

A cura di
Nicoletta Maraschio e Domenico De Martino

Testi di
Valentina Bambini, Marco Biffi, Domenico De Martino, Giulio Peruzzi,
Elena Puliti, Simona Rinaldi, Raffaella Setti, Maria Luisa Villa

Le Lettere
2013

L'editore ringrazia tutti coloro che hanno concesso diritti su testi e immagini e resta a disposizione degli eventuali altri aventi diritto.

Nessuna parte del libro può essere riprodotta in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo senza l'autorizzazione dei proprietari dei diritti e dell'editore.

In copertina: Pala di Baldassarre Suarez (accademico dal 1650), che raffigura una ricotta conservata grazie a un pezzo di pane che ne assorbe il siero.

Accademia della Crusca
Via di Castello 46 - 50141 Firenze
+39 55 454277/8 - FAX +39 55 454279
www.accademiadellacrusca.it

Collaborazione editoriale di Giulia Stanchina e Antonio Vinciguerra
Impaginazione a cura di Stefano Rolle

Copyright © 2013 by Casa Editrice Le Lettere – Firenze
ISBN 978 88 6087 722 2
www.lelettere.it

INDICE

NICOLETTA MARASCHIO - DOMENICO DE MARTINO, <i>Premessa</i>	p.	VII
MARCO BIFFI - DOMENICO DE MARTINO, <i>VIVIT: un portale per vivere italiano</i>	»	1
VALENTINA BAMBINI, <i>La lingua di Dante entra in risonanza: contributi italiani allo studio dei correlati neurobiologici del linguaggio</i>	»	7
<i>Parole della neurolinguistica</i> (Raffaella Setti)	»	24
GIULIO PERUZZI, <i>La fisica e la lingua italiana. Alcune considerazioni ed esempi da Galileo ai nostri giorni</i>	»	27
MARIA LUISA VILLA, <i>La scienza e il posto dell'italiano nel futuro multilingue</i>	»	39
<i>Parole della scienza</i> (Raffaella Setti)	»	46
SIMONA RINALDI, <i>Restauro: problematiche attuali e nuove ricerche</i>	»	51
<i>Parole del restauro</i> (Raffaella Setti)	»	56
ELENA PULITI, <i>Moda fra decoro e cross-fertilization. Appunti di ricerca</i>	»	61
<i>Parole della moda</i> (Raffaella Setti)	»	80
<i>Bibliografia delle schede lessicografiche</i>	»	83
<i>Tavole</i>	»	85

VALENTINA BAMBINI

LA LINGUA DI DANTE ENTRA IN RISONANZA:
CONTRIBUTI ITALIANI ALLO STUDIO DEI CORRELATI
NEUROBIOLOGICI DEL LINGUAGGIO

1. *Introduzione*

Chi proviene da una formazione filologico-linguistica e per la prima volta affronta le neuroscienze del linguaggio rimane colpito da un fatto eclatante: molte delle categorie riportate nei manuali hanno una realtà neurobiologica, ossia determinano diversi comportamenti del cervello umano. I verbi attivano porzioni della corteccia prossime alle zone preposte all'elaborazione motoria, mentre i nomi sono immagazzinati in scomparti separati sulla base di categorie semantiche; le regole sintattiche attivano aree cerebrali distinte da quelle che elaborano suoni e significati; la comprensione di un nome usato metaforicamente produce attività neurale differente rispetto a quella prodotta dall'elaborazione dello stesso nome usato letteralmente, supportando quindi la distinzione tra semantica e pragmatica. La ricerca sulle basi neurobiologiche del linguaggio ha avuto negli ultimi anni un enorme sviluppo, principalmente grazie all'avanzamento tecnologico introdotto dalle tecniche di neuroimmagine. Se un tempo l'unico metodo per derivare informazioni sui sostrati cerebrali del linguaggio era lo studio della patologia, oggi è possibile ottenere informazioni sulle aree coinvolte nello svolgimento di vari compiti nei soggetti sani. Si è aperto un orizzonte sconfinato per la ricerca, che ha consentito e consentirà una comprensione via via maggiore del funzionamento del linguaggio nel cervello.

Questo avanzamento tecnologico ha riguardato il mondo della ricerca sul linguaggio nel suo complesso, che sempre più ha adottato le nuove metodiche e ha visto il definirsi di un nuovo settore, le neuroscienze del linguaggio, marcatamente in chiave interdisciplinare. In questo breve scritto concentreremo l'attenzione su alcuni contributi salienti dati dai ricercatori italiani alla descrizione delle basi neurobiologiche del linguaggio. Alcuni ambiti di ricerca derivano da una tradizione di studi linguistici configuratasi nel nostro paese, particolarmente

attenta agli aspetti sintattici. Altri affondano le radici nella tradizione della neuropsicologia, sensibile a temi come la distinzione in categorie grammaticali, rispetto alle quali i pazienti esibiscono comportamenti differenti. Nell'uno e nell'altro caso, come vedremo, i risultati raggiunti dai gruppi italiani, su stimoli e parlanti italiani, sono in armonia con quelli raggiunti dalla comunità internazionale, a indicare come, al di là delle barriere nazionali e linguistiche, le funzioni della mente – e il linguaggio in particolare – rappresentino un patrimonio che ci unisce anziché dividerci.

2. *Cenni storici*

Storicamente, lo studio delle relazioni tra cervello e linguaggio trova origine nell'ambito della neurologia. A partire dalla fine dell'Ottocento sono i neurologi, infatti, i primi a descrivere il rapporto tra linguaggio e cervello, basandosi sull'associazione tra deficit linguistici e lesioni cerebrali. Ciò ha portato ad un modello del linguaggio – divenuto classico – che prevede il coinvolgimento fondamentale di due regioni poste nell'emisfero sinistro del cervello: l'area di Broca, nel lobo frontale, e l'area di Wernicke, nel lobo temporale, dedicate rispettivamente alla produzione e alla comprensione linguistiche e connesse da un fascio di fibre, detto “fascicolo arcuato”, che supporta la ripetizione.

È con gli anni Novanta del secolo scorso che lo studio del rapporto tra linguaggio e cervello trova rinnovato e decisivo impulso, portando ad una interdisciplinarietà tra le neuroscienze e la linguistica. A contribuire in maniera sostanziale è certamente l'ampliamento delle tecniche di indagine a disposizione, e in particolare l'introduzione delle tecniche di neuroimmagine, specialmente della risonanza magnetica funzionale. A differenza del metodo delle lesioni di matrice ottocentesca, le neuroimmagini consentono di superare i limiti delle indagini autoptiche confinate alla regione cerebrale danneggiata, permettendo di osservare la distribuzione dell'attività nel cervello vivo e al lavoro. Si deve proprio ad uno studioso italiano l'identificazione delle basi fisiologiche delle moderne tecniche di neuroimmagine. Fu infatti il torinese Angelo Mosso a stabilire l'associazione tra funzioni cognitive e variazioni nel flusso sanguigno, attraverso una sorta di misurazione del “peso del pensiero” (Sandrone *et al.* 2013). Le neuroimmagini si basano sui principi del metabolismo cerebrale, misurando cambiamenti nei livelli di ossigenazione del sangue in risposta a differenti attività cognitive. Quando un soggetto compie un compito, cresce l'attività in specifiche regioni del cervello, procurando una maggiore necessità di glucosio e ossigeno, cui corrisponde un aumento del flusso sanguigno. Il flusso sanguigno funziona come un marcatore indiretto dell'attività neurale, consentendo di individuare le aree attivate durante il compito e, inferenzialmente, le funzioni cognitive localizzate in quelle aree (Perani 2008).

Con la diffusione delle tecniche di neuroimmagine, il contributo della linguistica alle ricerche sulle basi neurobiologiche del linguaggio è diventato via via maggiore. Se le prime pionieristiche indagini sperimentali si limitavano a considerare modalità linguistiche basilari, come la produzione e la comprensione, e compiti molto semplici su parole isolate (Petersen *et al.* 1998), gli studi più recenti hanno di gran lunga affinato la griglia di analisi, in risposta alle teorie e ai modelli linguistici più attuali. Ideando una varietà di paradigmi sperimentali, per lo più basati sul metodo sottrattivo, ossia sul confronto tra compiti linguistici che differiscono specificamente per il fenomeno linguistico oggetto di indagine, si è proceduto a individuare il sostrato biologico di vari aspetti del linguaggio, includendo componenti come la sintassi, la semantica, e distinzioni via via più fini, tra diverse categorie semantiche (Cappa 2012) e persino tra diversi usi pragmatici (Bambini 2012).

Anche nel panorama italiano, l'introduzione delle neuroimmagini ha potenziato il dialogo tra le neuroscienze e gli argomenti di studio della linguistica. Già nel 1983 Giovanni Nencioni, in un bellissimo saggio che tenta di rispondere a che cosa sia la linguistica, si soffermava sull'importanza del dialogo tra linguisti e neurologi, inaugurato da Roman Jakobson, sottolineando come i primi possano trarre informazioni sul funzionamento del linguaggio e i secondi sulla interpretazione dei disturbi afasici (Nencioni 1983). Gli anni 2000 hanno visto il concretizzarsi di questa interdisciplinarietà, ora sulla scia di temi di elezione della linguistica italiana, ora su temi scaturiti da osservazioni neuropsicologiche e trattati con via via maggiore precisione linguistica. Il beneficio è stato reciproco: la linguistica ha trovato validazione sperimentale di modelli teorici, in particolare – per anticipare temi che saranno meglio descritti nei prossimi paragrafi – di alcuni aspetti della Grammatica Universale, delle tassonomie semantiche, della complessità della metafora; dall'altro lato, la neuroimmagine, che, per dirla con le parole di Moro 2011, risulterebbe essere “muta” senza Aristotele, ossia senza opportune griglie di analisi in base alle quali strutturare i compiti linguistici, ha potuto trarre dalla linguistica paradigmi per avanzare ipotesi neurobiologiche articolate, superando la dicotomia comprensione/produzione da cui la ricerca aveva preso le mosse. Nel 2008 la Società di Linguistica Italiana dedicava una sessione del convegno annuale a “Cervello e Linguaggio”, i cui interventi sono confluiti in corposi atti (Bambini *et al.* 2012); anche le riviste italiane ormai sono sempre più sensibili ai temi di neurolinguistica: si vedano ad esempio i vari fascicoli tematici dell'«Italian Journal of Linguistics» o di «Lingue e Linguaggio» dedicati alla neurolinguistica. Naturalmente, la convergenza dei due domini di ricerca non è esente da dibattito e discussione, in particolar modo per quel che concerne la diversa granularità dei primitivi utilizzati per lo studio del cervello e delle unità di analisi linguistica, ovvero la difficoltà di mettere in rapporto sinapsi e fascicoli con fonemi e sintagmi (Grimaldi 2012). Si tratta di un dibattito che riguarda non soltanto la neurolingui-

stica ma le neuroscienze cognitive in generale (Bambini-Bertinetto 2012; Legrenzi-Umlà 2009). Ciò nonostante, l'adeguamento progressivo dei protocolli e l'affinamento delle tecniche rendono ormai difficile ed anacronistico porre barriere disciplinari nel settore della neurobiologia del linguaggio, che si presenta oggi come uno dei più vivaci nel nostro paese.

3. *Il linguaggio nel cervello tra universalità e variazione*

Uno degli aspetti più interessanti della linguistica moderna è certamente il tema della sintassi universale rintracciabile nella varietà delle lingue del mondo. L'Italia è stata un laboratorio particolarmente attivo per l'elaborazione delle teorie e dei modelli sintattici, merito non solo della tradizione italiana ma anche della circostanza storica dei seminari tenuti da Noam Chomsky presso la Scuola Normale Superiore di Pisa nel 1979 (Graffi 2001). Non è dunque sorprendente che siano proprio di matrice italiana le ricerche che, a partire dal 2000, hanno contribuito in maniera sostanziale ad accrescere la consapevolezza dell'unicità della sintassi, e della sua autonomia in termini di correlati neurali. In una serie di studi di neuroimmagine, Andrea Moro e colleghi hanno portato evidenze empiriche a supporto dell'ipotesi che il cervello umano possieda una rete dedicata per l'elaborazione della sintassi, distinta dall'elaborazione di altri aspetti del linguaggio. Non solo: simulando l'apprendimento linguistico, è stato osservato che tale rete cerebrale è dedicata all'elaborazione delle sole regole sintattiche compatibili con la Grammatica Universale, il che dimostra non soltanto l'indipendenza della sintassi, ma anche il suo ancoraggio neurobiologico (Moro 2006).

Riper corriamo i capisaldi dei lavori in questione. In un primo esperimento (Moro *et al.* 2001), si è cercato di isolare la sintassi rispetto agli altri livelli di strutturazione linguistica, utilizzando errori selettivi ed eliminando l'accesso al lessico attraverso l'uso di pseudoparole. Ai partecipanti sono stati presentati stimoli contenenti diversi tipi di errori: fonologico, nelle stringhe di suoni ("il gulco gianigtcava la brala"); morfosintattico, nell'accordo ("il gulco gianigiavano la brala") e sintattico, relativo all'ordine delle parole ("gulco il gianigiava brala la"). La rilevazione dell'errore sintattico si differenzia dagli altri casi, attivando una rete cerebrale che include l'area di Broca e alcune aree sottocorticali. Nel secondo studio (Tettamanti *et al.* 2002), l'attenzione è stata rivolta alle regole sintattiche, simulandone l'acquisizione all'interno della macchina di risonanza magnetica. Ai partecipanti venivano presentate pseudofrasi di tipo diverso: alcune rispettavano le regole sintattiche della grammatica italiana ("Molte tille bilbavano il daffio"), altre seguivano regole sintattiche non esistenti in italiano ma compatibili con la Grammatica Universale, ad esempio "l'articolo deve seguire il nome cui si riferisce" ("Molte tille bilbavano daffio il"), e altre ancora seguivano regole sintattiche incompatibili con la Grammatica Universale.

le, ad esempio “l’articolo segue la seconda parola nella frase” (“Molte tille il bilbavano daffio”). Mentre l’acquisizione di regole compatibili con la Grammatica Universale attiva l’area di Broca, insieme alla corteccia dorsolaterale e al giro angolare di sinistra, l’acquisizione di regole non grammaticali sembra reclutare regioni dell’emisfero destro. Infine, un terzo esperimento (Musso *et al.* 2003) ha esteso i risultati al di là della specifica lingua, utilizzando materiali sia italiani sia giapponesi, e testando partecipanti di madrelingua tedesca, mai esposti prima a lingue straniere. Ancora una volta, soltanto l’acquisizione di regole compatibili con la Grammatica Universale produce un aumento di segnale nella regione di Broca. Viceversa, quando si tratta di apprendere regole impossibili per la Grammatica Universale, il segnale nella regione di Broca diminuisce (fig. 6). La letteratura internazionale converge su questi risultati raggiunti rispetto alla sintassi, replicati in vari lavori su altre lingue (ad esempio Monti *et al.* 2009; Monti-Osherson 2012) e ormai riconosciuti come una base fondamentale del funzionamento del linguaggio nel cervello umano (Kandell *et al.* 2013, pp. 14-15).

Se la ricerca sulle basi neurali della sintassi ha toni universali, ci sono poi aspetti di una lingua che sono specifici, come l’inventario fonetico, o il grado di trasparenza ortografica, che a loro volta determinano variazioni nella rappresentazione cerebrale. La questione del grado di trasparenza ortografica, ossia il grado di consistenza nella corrispondenza tra segmenti ortografici e segmenti fonemici di una lingua, diventa cruciale quando si entra nel campo dei disturbi dello sviluppo, e in particolar modo della dislessia, poiché sembra determinarne l’incidenza nella popolazione. Sembra infatti che la prevalenza della dislessia possa variare dal 3-4% al 15% passando da una popolazione di parlanti di una lingua ad ortografia trasparente come l’italiano ad una popolazione di parlanti di una lingua a ortografia opaca come l’inglese. Queste stime, tuttavia, riflettono la manifestazione superficiale della patologia nella lingua in questione, nonché le capacità discriminatorie dei test diagnostici nella specifica lingua, ma non le ragioni neurologiche del disturbo. La neuroimmagine ha consentito di mostrare come le diversità culturali non influiscano sull’unicità neurobiologica del disturbo: uno studio italiano in collaborazione con centri francesi e inglesi ha messo in luce alterazioni del funzionamento cerebrale comuni ai dislessici di diverse lingue (Paulesu *et al.* 2001). Più nello specifico, i dislessici italiani eseguono meglio alcuni compiti linguistici rispetto ai dislessici francesi e inglesi, ma comune a tutti e tre i gruppi è un’ipoattivazione che interessa principalmente regioni temporali e occipitali dell’emisfero di sinistra. Il tema della dislessia è diventato un fulcro importante di ricerca nel nostro paese, anche in risposta anche alla crescente attenzione del sistema scolastico e legislativo (si veda la legge 170 del 2010; Stella-Savelli 2011). Alcune ricerche condotte da Daniela Perani e colleghi hanno contribuito a chiarire i possibili sostrati biologici di questo disturbo, identificando nei dislessici una riduzione del volume

della materia grigia nelle aree associate con il linguaggio e la lettura (Brambati *et al.* 2004). Di nuovo, la ricerca italiana conferma, con metodi rinnovati e raffinati, evidenze empiriche su anomalie morfologiche nella dislessia raccolte in passato tramite studi *post-mortem* (Galaburda-Kemper 1979). Meritano menzione anche le ricerche sugli aspetti linguistici e cognitivi del disturbo, che raggiungono una descrizione via via più dettagliata dei meccanismi di lettura nei dislessici italiani (Zoccolotti *et al.* 2005), e dei domini linguistici in cui il deficit può manifestarsi, inclusa la dimensione sintattica (Vender-Delfitto 2010).

Nella tensione tra aspetti universali e aspetti lingua-specifici nella rappresentazione cerebrale del linguaggio si inserisce un ulteriore elemento di complessità: il caso di più lingue in un unico cervello. Anche su questo tema il contributo italiano è stato significativo, specialmente nel dimostrare il ruolo di variabili quali l'età di acquisizione e il livello di padronanza nel modulare i sistemi neurali che sottostanno alle funzioni del linguaggio in caso di bilinguismo. Un esperimento di risonanza magnetica ha confrontato due gruppi di soggetti bilingui italiano-tedesco durante compiti di elaborazione: il primo gruppo con acquisizione di entrambe le lingue dalla nascita, l'altro con acquisizione della seconda lingua dopo i 6 anni (Wartenburger *et al.* 2003). Nel caso dell'acquisizione precoce, i sostrati neurali delle due lingue si sovrapponevano, mentre nel secondo caso divergevano, con un reclutamento nelle regioni inferiori e parietali più esteso per la lingua appresa più tardivamente. Un altro risultato importante riguarda la correlazione tra livello di padronanza e quantità di attivazioni (Perani-Abutalebi 2005). Si è visto che nella comprensione sussiste una correlazione positiva tra livello di padronanza e attivazioni cerebrali, mentre in produzione la correlazione diventa negativa. Quando soggetti italiani che hanno appreso l'inglese tardivamente e raggiungendo un basso livello di padronanza ascoltano storie in inglese, attivano una rete molto meno estesa di quella attivata dall'ascolto di storie nella lingua nativa. Quando si tratta però di soggetti che, pur avendo acquisito tardivamente l'inglese, hanno raggiunto una elevata padronanza, allora l'ascolto di storie in inglese attiva la corteccia temporale più estesamente, equiparando ciò che accade nella prima lingua. In altre parole, quando ascoltiamo una lingua straniera, maggiore è la nostra competenza maggiore sarà la quantità di attivazioni cerebrali, come sarebbe nella prima lingua. Viceversa, quando dobbiamo esprimerci nella lingua straniera, maggiore è la nostra competenza e minore sarà l'attivazione. Anche in questo caso, la ricerca sui bilingui italiani porta a risultati conformi alla ricerca sul bilinguismo in altre lingue, inclusi i casi in cui a combinarsi sono lingue di famiglie molto distanti tra loro. Questi dati, insieme ai risultati sulle regole sintattiche descritti sopra, sembrano suggerire che la Babele linguistica è in realtà un mito storico, o meglio un epifenomeno che nasconde la base biologica universale della facoltà di linguaggio.

4. Nomi, verbi, oggetti, azioni e altre distinzioni salienti per il cervello

Mentre gli studi sulla sintassi derivano da una tradizione italiana prettamente linguistica, ci sono poi altri studi sulla neurobiologia del linguaggio che affondano le radici nella scuola italiana di neuropsicologia, che ha avuto nel linguaggio uno dei temi di ricerca più esplorati. Già negli anni Settanta i neurologi italiani si distinguevano per il loro importante contributo nella descrizione e classificazione delle afasie, anche adottando tecniche all'avanguardia negli studi di gruppo rispetto al caso singolo (Cappa 2013). Negli anni successivi, la ricerca si è concentrata su aspetti maggiormente legati al funzionamento del sistema linguistico e alla sua organizzazione in livelli di rappresentazione e classi distinte, certamente anche per influsso della linguistica, portando ad una definizione via via più articolata del sostrato neurale del linguaggio.

Una distinzione fondamentale riguarda nomi e verbi. Casi di pazienti afasici con profili differenti in questo dominio compaiono in letteratura già negli anni Ottanta: furono osservati pazienti con deficit più severi nella produzione di nomi rispetto a verbi, e altri pazienti con il comportamento opposto, sia per la lingua italiana (Miceli *et al.* 1984; 1988) che inglese (Damasio-Tranel 1993). Diversi studi successivi hanno confermato la dissociazione nome-verbo, correlandola a differenti sedi della lesione: i pazienti con deficit nei verbi hanno in genere lesioni frontali o frontoparietali, mentre i pazienti con deficit nei nomi hanno tendenzialmente lesioni temporali (Cappa-Perani 2003). È del 1999 il primo studio di neuroimmagine a supporto di queste osservazioni cliniche (Perani *et al.* 1999). Il lavoro confronta l'elaborazione di verbi e di nomi in un compito di decisione lessicale, riportando attivazioni maggiori nelle regioni frontali inferiori di sinistra per i verbi rispetto ai nomi. La sterminata letteratura che farà seguito a questi studi – riassunta in Vigliocco *et al.* 2011 e Crepaldi *et al.* 2011 – confermerà con varie metodiche e vari protocolli le differenze tra nomi e verbi, che si qualificano dunque come oggetti distinti per il cervello, in italiano così come in altre lingue tipologicamente differenti.

L'Italia è stata anche la culla di un risultato eccezionale nelle neuroscienze cognitive, vale a dire la scoperta dei neuroni a specchio, che ha avuto notevoli ripercussioni anche sullo studio dei correlati neurobiologici del linguaggio, e in particolare della semantica verbale. Con neuroni a specchio ci si riferisce ad una popolazione di neuroni nella corteccia ventrale premotoria delle scimmie, individuata dal gruppo di ricerca coordinato da Giacomo Rizzolatti (Di Pellegrino *et al.* 1992; Gallese *et al.* 1996), che reagisce non soltanto quando la scimmia compie una azione, ma anche quando la scimmia osserva la medesima azione compiuta da un altro individuo. Molti lavori portano prove empiriche a favore della esistenza del sistema a specchio anche negli umani, e descrivono attivazioni motorie in una serie di compiti cognitivi, inclusi alcuni processi linguistici. In particolare, gli studi di neuroimmagine hanno fornito numerose evidenze

sperimentali a favore del coinvolgimento del sistema motorio durante l'elaborazione di verbi che fanno riferimento ad azioni concrete. Lo studio di Tettamanti *et al.* (2005) riporta l'attivazione delle aree premotorie durante la presentazione acustica di frasi come "Io afferro la mela" e "Io calcio la palla". Non solo: le attivazioni sembrano essere organizzate somatotopicamente, ossia con una corrispondenza tra le regioni attivate e l'effettore biologico espresso linguisticamente dal verbo: in altre parole, "afferrare" e "prendere" hanno schemi di attivazione differenti da "calciare", "pestare" e "saltare". Con una diversa tecnica, Buccino *et al.* (2005) hanno inoltre dimostrato che anche la risposta neurofisiologica registrata a livello dei muscoli (i cosiddetti potenziali motori evocati) è sensibile all'effettore biologico espresso dal verbo. I potenziali motori registrati dai muscoli della mano sono specificamente modulati (più precisamente ridotti in ampiezza) durante l'ascolto di frasi che esprimono azioni effettuate con la mano, quando paragonate a frasi che esprimono azioni effettuate con il piede o azioni astratte. Viceversa i potenziali motori evocati registrati dai muscoli dell'arto inferiore sono specificamente modulati durante l'ascolto di frasi che esprimono azioni effettuate con il piede, rispetto alle azioni che si eseguono con la mano o ad azioni astratte.

Un altro risultato interessante riguarda l'interazione tra i verbi di azione e il fenomeno – puramente linguistico – della negazione. È proprio il sistema di attivazioni motorie che consente ad un fenomeno che è solo nel linguaggio e non nel mondo di diventare visibile per il cervello. In un esperimento molto elegante, che mette insieme la tradizione italiana di "neurosintassi" e le ricerche sul sistema a specchio, sono state confrontate le risposte a frasi come quelle di cui sopra che esprimono azioni ("Io afferro la palla"), con le corrispettive frasi negate ("Io non afferro la palla"), e con controparti astratte (Tettamanti *et al.* 2008). La negazione diventa visibile soltanto nel caso degli enunciati che esprimono azioni concrete, inibendo l'attivazione dei correlati sensorimotori, ovvero facendo registrare un segnale di intensità minore nelle aree cerebrali interessate. Questo risultato, replicato anche con metodi comportamentali su tempi di reazione (Bartoli *et al.* 2013), apre l'interessante dibattito della dipendenza del linguaggio dall'azione e viceversa. L'eco della scoperta del sistema a specchio è stata infatti immensa, e si estende da considerazioni a livello fonologico (Fadiga *et al.* 2002), fino al livello pragmatico, e persino all'evoluzione del linguaggio (Gallese 2007). Uno sguardo d'insieme consente di notare come la ricerca nel nostro paese sia attivissima su questi temi. Attivissimo è peraltro anche il dibattito critico sui processi di *embodiment* nel linguaggio (Lingnau *et al.* 2009): per quanto i risultati descritti sopra sembrano essere molto robusti e largamente replicati (Pulvermüller 2012), rimane da comprendere il senso che tale ipotesi può avere in un modello generale del linguaggio, e in particolar modo rispetto alla sintassi (Tettamanti-Moro 2012).

A fronte di molta ricerca sul verbo e sulla rappresentazione dell'azione, non

mancano altri lavori – su pazienti e di neuroimmagine – sulla categoria dei nomi. Le osservazioni sui pazienti hanno fatto emergere disturbi selettivi per categoria semantica. Vi sono pazienti con deficit nella denominazione di entità biologiche, che generalmente si associano a lesioni del lobo temporale, spesso bilaterali e con estensione alle regioni anteriori. Quando invece ad essere selettivamente interessate sono le entità non biologiche, perlopiù i nomi di utensili, la sede della lesione è generalmente unilaterale sinistra, in aree temporo-parietali (Gainotti 2000). Anche in questo caso, la letteratura di neuroimmagine conferma i dati neuropsicologici, oltre a tentare di fornire ulteriori sottospecificazioni di queste tassonomie semantiche (Patterson *et al.* 2007). Anche la morfologia del nome sembra avere un corrispettivo neurobiologico: vari studi su pazienti condotti da Carlo Semenza suggeriscono che vi è una diversa rappresentazione dei nomi composti rispetto ai nomi non composti (Semenza-Mondini 2006), e che in una lingua come l'italiano è ulteriormente possibile distinguere tra composti con testa a sinistra (“pescespada”) e composti con testa a destra (“astronave”; Semenza *et al.* 2011; Arcara *et al.* 2013). I nomi propri sembrano caratterizzarsi diversamente rispetto ai nomi comuni (Semenza 2009), e così pure i nomi massa rispetto ai nomi numerabili (Mondini-Semenza 2008), quasi a definire via via una grammatica delle parti del discorso.

5. La metafora e la neuropragmatica

Un altro tema molto studiato dalla neuropsicologia italiana fin dagli anni Novanta è quello dei deficit nell'elaborazione degli aspetti figurati del linguaggio. Lungi dall'essere prerogativa dei poeti, la metafora e il linguaggio figurato hanno un tasso di frequenza elevatissimo anche nel linguaggio ordinario. Si calcola che vengano prodotti circa cinque usi non letterali per ogni minuto di conversazione (Cacciari 2011). Per la teoria linguistica, il linguaggio figurato è il dominio preferenziale per indagare i meccanismi di integrazione contestuale, in che modo i parlanti riempiano il divario tra il significato letterale e il significato comunicato nello specifico contesto d'uso. Si tratta dell'ambito della pragmatica, inaugurato dai filosofi e oggi divenuto tema anche per le neuroscienze del linguaggio (Bertuccelli Papi 1993; Bianchi 2009). Diverse ricerche canadesi e anglosassoni fin dagli anni Ottanta del secolo scorso hanno contribuito a descrivere il profilo delle abilità pragmatiche nei pazienti affetti da lesioni all'emisfero destro, riscontrando deficit nella comprensione di ironie, metafore ed espressioni idiomatiche (Joanette *et al.* 1990; Bambini-Bara 2012). È però italiano il primo studio di neuroimmagine a supporto dei dati neuropsicologici sul linguaggio figurato (Bottini *et al.* 1994). In questo lavoro, gli autori hanno confrontato la risposta ottenuta a frasi metaforiche e a frasi letterali. Per le metafore, si osserva una rete molto più estesa di regioni, che vengono attribuite a

funzioni cognitive non linguistiche, come immaginazione e memoria, a supporto dell'elaborazione del significato figurato.

La ricerca degli ultimi anni mostra un panorama più articolato, e svincola il tema del linguaggio figurato dall'emisfero destro, pur lasciando aperta la questione – estremamente rilevante – di quali siano le funzioni linguistiche dell'emisfero destro. In un recente esperimento di risonanza magnetica funzionale, abbiamo riproposto il confronto tra frasi letterali e metaforiche, prestando maggiore cura alla costruzione dell'esperimento, per meglio isolare lo scarto pragmatico (Bambini *et al.* 2011). Il disegno sperimentale si è basato sul confronto tra coppie di enunciati (l'uno letterale, l'altro metaforico), generate a partire da un unico insieme di parole bersaglio (es. "squalo"), per ciascuna delle quali è stato individuato un associato letterale (es. "pesce") ed uno metaforico (es. "avvocato") e inserite all'interno di matrici di uguale struttura sintattica, in modo che differenze nei risultati tra stimoli letterali e metaforici non potessero essere attribuite a differenze nella complessità linguistica. Gli stimoli finali, presentati ai soggetti visivamente, erano del tipo seguente: "Sai che cos'è quel pesce? Uno squalo" *versus* "Sai che cos'è quell'avvocato? Uno squalo". Un altro punto importante del disegno sperimentale è il compito, che è stato concepito in modo da garantire non solo il mantenimento del livello di attenzione nei soggetti, ma anche una comprensione naturalistica delle metafore, possibilmente non alterata da operazioni metalinguistiche. Dopo la presentazione degli stimoli, appariva sullo schermo una coppia di aggettivi (es. "feroce" e "geografico"). Ai partecipanti, ignari dello scopo dello studio e della presenza di metafore tra gli stimoli, era richiesto di scegliere l'aggettivo che meglio si adattasse semanticamente alla frase precedente. La comprensione delle frasi metaforiche, rispetto a quelle letterali, produce attivazioni maggiori in varie regioni cerebrali, distribuite su entrambi gli emisferi: aree frontali che si occupano di elaborare il materiale linguistico, aree prefrontali e della corteccia cingolata che svolgono funzioni attentive e aree temporo-parietali che supportano processi di riconoscimento delle intenzioni comunicative altrui (fig. 7).

A comprendere le metafore è dunque una rete di regioni cerebrali, in un'interazione di funzioni cognitive in grado di integrare materiali linguistici e contesto per il riconoscimento dell'intenzione del parlante e il raggiungimento del significato comunicato. Questa rete, sebbene complessa, nondimeno è identificabile, ha specifiche traiettorie di sviluppo nel bambino e di decadimento nella patologia, possiede correlati comportamentali e psicofisiologici definiti (Bambini-Resta 2012). I dati di risonanza descritti sopra sono infatti pienamente compatibili con gli studi più recenti condotti sui pazienti rispetto alla comprensione del linguaggio figurato. Deficit nella comprensione del linguaggio figurato si riscontrano in varie popolazioni cliniche, come conseguenza della compromissione ora dell'una ora dell'altra funzione, come è ragionevole che sia per compiti di alto livello (Stemmer 2008). Una serie corposa di ricerche coordina-

te da Costanza Papagno, ad esempio, ha dimostrato che anche i pazienti con cerebrolesione a sinistra hanno difficoltà nel comprendere le espressioni idiomatiche, così come anche i pazienti affetti da demenza (Papagno-Romero Lauro 2010), presumibilmente come conseguenza di un deterioramento nelle funzioni cognitive supportate da regioni prefrontali bilaterali. La neuroimmagine sembra confermare questa ipotesi (Romero Lauro *et al.* 2008).

L'insieme delle conoscenze che progressivamente si stanno raccogliendo su questi temi ha legittimato la nascita della neuropragmatica, che aspira a capire come il cervello integri rappresentazioni linguistiche e contesto giungendo a scambi comunicativi efficaci (Bambini-Bara 2012). Per la tradizione di studi in pragmatica e pragmatica cognitiva (Bara 2010), la neuropragmatica trova in Italia un terreno fertile e promettente, e un recente fascicolo dell'«*Italian Journal of linguistics*» prova a fare il punto su questi temi (Bambini 2010). Oltre al linguaggio figurato, molti lavori in neuropragmatica esplorano il tema del riconoscimento delle intenzioni comunicative e degli atti linguistici, che sembrano variare nel cervello in funzione della complessità, andando da enunciati standard fino all'ironia e all'inganno (Enrici *et al.* 2011). Anche lo studio della dimensione del discorso e della conversazione, oltre il livello della singola frase, sta producendo importanti contributi relativi a come il cervello integri il contesto linguistico, in condizioni di normalità e di patologia (Marini *et al.* 2011). Non conosciamo ancora con precisione i correlati anatomici dell'unificazione del significato nel cervello, ed è altamente probabile che la complessità delle operazioni comporti un correlato neurale a sua volta complesso e distribuito. Tuttavia, la neuropragmatica sembra la chiave per trattare questa complessità, avvicinandosi alle basi neurobiologiche del linguaggio non solo come facoltà astratta bensì anche nei suoi usi comunicativi, sociali, e persino poetici. Ad esempio, si comincia a studiare l'elaborazione delle metafore letterarie, con il loro alone di interpretazioni multiple ed altamente evocative e i loro effetti estetici (Bambini *et al.* in corso di stampa). Per questa strada, infatti, potrebbe entrare in risonanza non soltanto la lingua di Dante, ma anche la sua poesia, alla ricerca del senso del bello nel linguaggio umano e nei suoi prodotti.

6. Note conclusive

Nei paragrafi precedenti si è cercato di tratteggiare i contorni principali della ricerca italiana sui correlati neurobiologici del linguaggio. Ci siamo concentrati sui risultati della neuropsicologia e delle neuroimmagini, per il largo impatto che hanno avuto nel definire un modello del funzionamento del linguaggio nel cervello. Nel fare ciò si sono necessariamente lasciate da parte altre metodiche, più recenti o con una diversa capacità discriminativa, che vale la pena di menzionare seppur per sommi capi.

Molta ricerca è stata svolta utilizzando la registrazione dei potenziali evento-correlati, onde cerebrali estratte dall'elettroencefalogramma in risposta a specifici stimoli. Il vantaggio di questa metodologia risiede nell'elevata risoluzione temporale, ovvero è possibile misurare le risposte cerebrali con una granza del millisecondo. È stato possibile confrontare le risposte ad errori di tipo sintattico e semantico, giungendo dunque ad identificare due diverse fasi di elaborazione (De Vincenzi-Di Matteo 2004), in sintonia con modelli elaborati su dati da altre lingue (Friederici 2002). Con questa metodica è poi possibile sviluppare ulteriori ricerche sulla cronometria dell'elaborazione linguistica: ad esempio, si riesce anche a discriminare la diversa sensibilità ai contrasti fonemici e allofonici nei parlanti dialettali, più rapida nel primo che nel secondo caso (Miglietta *et al.* 2013), inaugurando un filone di ricerca "neurodialettologico" che – dato l'articolato profilo dialettale italiano (Loporcaro 2013) – appare di notevole interesse.

La stessa risonanza magnetica funzionale ha beneficiato di sviluppi metodologici, e a tal proposito meritano particolare menzione le tecniche di trattografia, che permettono di visualizzare i diversi fascicoli cerebrali, connessioni di materia bianca che collegano le regioni del cervello. Si è potuto osservare, ad esempio, che il fascicolo arcuato che connette le aree di Broca e di Wernicke consiste non soltanto nella via diretta descritta già dai neurologi ottocenteschi ma anche in una via indiretta e parallela, che passa per la cosiddetta regione di Geschwind, nel lobo parietale inferiore (Catani *et al.* 2005; fig. 8). Il fascicolo arcuato è particolarmente sviluppato nell'uomo, rendendo possibile lo sviluppo del linguaggio ad un livello di complessità inarrivabile per le altre specie. Proseguendo le indagini in questa direzione, diventa possibile ancorare maggiormente il linguaggio al piano anatomico, non solo in termini di regioni circoscritte, ma anche in termini di reti cerebrali interconnesse responsabili per il funzionamento linguistico, distinguendo i diversi livelli di competenza linguistica e comunicativa, in ontogenesi così come in filogenesi, fino a proporre un modello unitario (Catani-Bambini in corso di stampa).

Un altro promettente avanzamento metodologico è rappresentato dalla chirurgia a paziente sveglio. Si tratta di tecniche che – attraverso la stimolazione diretta della corteccia – consentono di indagare il ruolo causale di specifiche regioni cerebrali in determinati processi cognitivi. Un lavoro di grande importanza in questo ambito, realizzato dall'equipe di Lorenzo Magrassi, ha dimostrato il ruolo fondamentale di una regione del lobo parietale – il giro parietale superiore –, nei processi di scrittura (Magrassi *et al.* 2010). Quando si stimola questa regione, si generano errori di computazione, lettere malformate e in alcuni casi una completa cessazione delle abilità di scrittura. Dunque anche un'abilità come la scrittura – acquisita dalla nostra specie in tempi relativamente recenti e per motivazioni culturali – ha trovato uno specifico correlato neurale nel cervello umano, presumibilmente attraverso meccanismi di coop-

tazione di preesistenti funzioni cognitive (Dehaene *et al.* 2005).

La lingua di Dante è ormai dunque entrata nella macchina della risonanza magnetica, e in generale nei laboratori di ricerca del nostro paese, diventando uno dei domini più indagati, da parte sia di neuroscienziati sia di linguisti. Sarebbe però sbagliato ricercare attraverso le metodiche delle neuroscienze una specificità neurobiologica dell'italiano. Nel ripercorrere gli avanzamenti della ricerca italiana sui fondamenti neurobiologici del linguaggio, si è cercato di enfatizzare come i risultati ottenuti da studiosi italiani – talvolta anche in anticipo rispetto alle tendenze internazionali – convergano con quelli ottenuti da ricercatori di altri paesi. Sotto la lente degli esperimenti delle neuroscienze, la lingua di Dante appare non dissimile da quella di Balzac, di Goethe, di Shakespeare. Piuttosto, è alla specificità del linguaggio umano che la risonanza ci avvicina, a quell'unicità e universalità della facoltà di linguaggio che Dante già intravedeva – seppur con un po' di fantasia – nelle pagine del *De vulgari eloquentia*, definendo la parola come qualcosa che è inutile tanto agli angeli quanto agli animali, e dato solo all'uomo.

Bibliografia

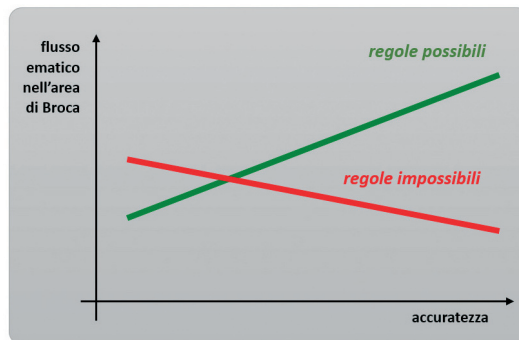
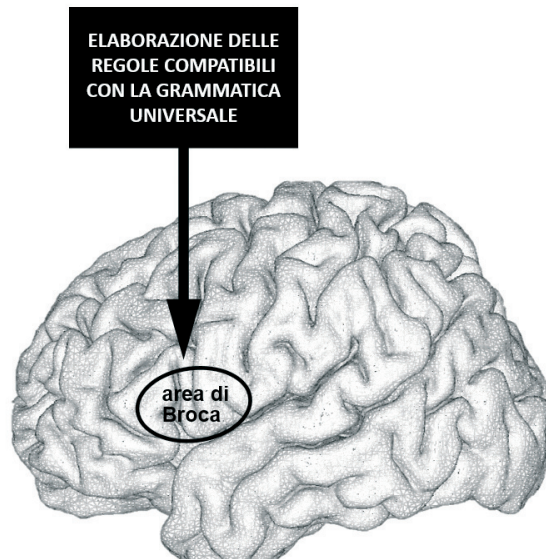
- Arcara *et al.* 2013 = Giorgio Arcara *et al.*, *Compound headedness in the mental lexicon: An event-related potential study*, in «Cognitive neuropsychology», 31 (1-2), pp. 164-83.
- Bambini 2010 = Valentina Bambini, *Neuropragmatics: A foreword*, in «Italian Journal of Linguistics/Rivista di Linguistica», 22, pp. 1-20.
- Bambini 2012 = V. Bambini, *Neurolinguistics*, in Jan-Ola Östman - Jef Verschueren (a cura di), *Handbook of Pragmatics*, Amsterdam/Philadelphia, John Benjamins, pp. 1-34.
- Bambini-Bara 2012 = V. Bambini - Bruno Bara, *Neuropragmatics*, in Jan-Ola Östman - Jef Verschueren (a cura di), *Handbook of Pragmatics*, Amsterdam/Philadelphia, John Benjamins, pp. 1-22.
- Bambini-Bertinetto 2012 = V. Bambini - Pier Marco Bertinetto, *Prefazione*, in Bambini *et al.* 2012, pp. 11-17.
- Bambini-Resta 2012 = V. Bambini - Donatella Resta, *Metaphor and experimental pragmatics: When theory meets empirical investigation*, in «Humana.Mente, Journal of Philosophical Studies», 23, pp. 37-60.
- Bambini *et al.* 2011 = V. Bambini *et al.*, *Decomposing metaphor processing at the cognitive and neural level through functional magnetic resonance imaging*, in «Brain Research Bulletin», 86, pp. 203-16.
- Bambini *et al.* 2012 = V. Bambini *et al.* (a cura di), *Linguaggio e cervello - Semantica / Language and the brain - Semantics*, Atti del XLII congresso internazionale della Società di Linguistica italiana (SLI), Pisa, 25-27 settembre 2008, Roma, Bulzoni.
- Bambini *et al.* in corso di stampa = V. Bambini *et al.*, *A dataset of metaphors from the Italian literature: Exploring psycholinguistic variables and the role of context*, in «PLoS ONE».
- Bara 2010 = Bruno Bara, *Cognitive Pragmatics*, Cambridge (MA), MIT Press.

- Bartoli *et al.* 2013 = Eleonora Bartoli *et al.*, *The disembodiment effect of negation: negating action-related sentences attenuates their interference on congruent upper limb movements*, in «Journal of Neurophysiology», 109, pp. 1782-92.
- Bertuccelli Papi 1993 = Marcella Bertuccelli Papi, *Che cosa è la Pragmatica?*, Milano, Bompiani.
- Bianchi 2009 = Claudia Bianchi, *Pragmatica cognitiva. I meccanismi della comunicazione*, Roma-Bari, Laterza.
- Bottini *et al.* 1994 = Gabriella Bottini *et al.*, *The role of the right hemisphere in the interpretation of figurative aspects of language: a positron emission tomography activation study*, in «Brain», 117, pp. 1241-53.
- Brambati *et al.* 2004 = Simona M. Brambati *et al.*, *Regional reductions of gray matter volume in familial dyslexia*, in «Neurology», 63, pp. 742-45.
- Buccino *et al.* 2005 = Giovanni Buccino *et al.*, *Listening to action-related sentences modulates the activity of the motor system: a combined TMS and behavioral study*, in «Cognitive Brain Research», 24, pp. 355-63.
- Cacciari 2011 = Cristina Cacciari, *Psicologia del linguaggio*, Bologna, il Mulino.
- Cappa 2012 = Stefano Cappa, *Imaging semantics and syntax*, in «NeuroImage», 61, pp. 427-31.
- Cappa 2013 = S. Cappa, *La neuropsicologia del linguaggio: il contributo della patologia*, in Stefano Rastelli (a cura di), *La ricerca sperimentale sul linguaggio: acquisizione, uso, perdita*, Pavia, Pavia University Press, pp. 101-7.
- Cappa-Perani 2003 = S. Cappa - Daniela Perani, *The neural correlates of noun and verb processing*, in «Journal of Neurolinguistics», 16, pp. 183-89.
- Catani-Bambini in corso di stampa = Marco Catani - Valentina Bambini, *A model for Social Communication and Language Evolution and Development (SCALED)*, in «Current Opinion in Neurobiology».
- Catani *et al.* 2005 = M. Catani *et al.*, *Perisylvian language networks of the human brain*, in «Annals of Neurology», 57, pp. 8-16.
- Catani *et al.* 2013 = M. Catani *et al.*, *Connectomic approaches before the connectome*, in «NeuroImage», 80, pp. 2-13.
- Crepaldi *et al.* 2011 = Davide Crepaldi *et al.*, *A place for nouns and a place for verbs? A critical review of neurocognitive data on grammatical-class effects*, in «Brain and Language», 116, pp. 33-49.
- Damasio-Tranel 1993 = Antonio Damasio - Daniel Tranel, *Nouns and verbs are retrieved with differently distributed neural systems*, in «Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America», 90 (11), pp. 4957-60.
- De Vincenzi-Di Matteo 2004 = Marica De Vincenzi - Rosalia Di Matteo, *Come il cervello comprende il linguaggio*, Bari, Laterza.
- Di Pellegrino *et al.* 1992 = Giuseppe Di Pellegrino *et al.*, *Understanding motor events: a neurophysiological study*, in «Experimental Brain Research», 91, pp. 176-80.
- Enrici *et al.* 2011 = Ivan Enrici *et al.*, *Intention processing in communication: A common brain network for language and gestures*, in «Journal of Cognitive Neuroscience», 23, pp. 2415-31.
- Fadiga *et al.* 2002 = Luciano Fadiga *et al.*, *Speech listening specifically modulates the excitability of tongue muscles: A TMS study*, in «European Journal of Neuroscience», 15, pp. 399-402.
- Friederici 2002 = Angela Friederici, *Towards a neural basis of auditory sentence processing*, in «Trends in Cognitive Sciences», 6, pp. 78-84.

- Gainotti 2000 = Guido Gainotti, *What the locus of brain lesion tells us about the nature of the cognitive defect underlying category-specific disorders: a review*, in «Cortex», 36, pp. 539-59.
- Galaburda-Kemper 1979 = Albert Galaburda - Thomas Kemper, *Cytoarchitectonic abnormalities in developmental dyslexia: a case study*, in «Annals of Neurology», 6, pp. 94-100.
- Gallese 2007 = Vittorio Gallese, *Before and below 'theory of mind': embodied simulation and the neural correlates of social cognition*, in «Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences», 362, pp. 659-69.
- Gallese et al. 1996 = V. Gallese et al., *Action recognition in the premotor cortex*, in «Brain», 119, pp. 593-609.
- Graffi 2001 = Giorgio Graffi, *Two hundred years of syntax*, Amsterdam, John Benjamins Publishing Co.
- Grimaldi 2012 = Mirko Grimaldi, *Toward a neural theory of language: Old issues and new perspectives*, in «Journal of Neurolinguistics», 25, pp. 1-24.
- Joanette et al. 1990 = Yves Joanette et al., *Right Hemisphere and Verbal Communication*, New York, Springer-Verlag Publishing.
- Kandel et al. 2013 = Eric Kandel et al., *Principles of Neural Science*, Fifth Edition, McGraw-Hill Professional.
- Legrenzi-Umlità 2009 = Paolo Legrenzi - Carlo Umlità, *Neuro-mania*, Bologna, il Mulino.
- Lingnau et al. 2009 = Angelika Lingnau et al., *Asymmetric fMRI adaptation reveals no evidence for mirror neurons in humans*, in «Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America», 106, pp. 9925-30.
- Loporcaro 2009 = Michele Loporcaro, *Profilo linguistico dei dialetti italiani*, Roma-Bari, Laterza.
- Magrassi et al. 2010 = Lorenzo Magrassi et al., *Central and peripheral components of writing critically depend on a defined area of the dominant superior parietal gyrus*, in «Brain Research», 1346, pp. 145-54.
- Marini et al. 2011 = Andrea Marini et al., *A multi-level approach to the analysis of narrative language in aphasia*, in «Aphasiology», 25, pp. 1372-92.
- Miceli et al. 1984 = G. Miceli et al., *On the basis of the agrammatics' difficulty in producing main verbs*, in «Cortex», 20, pp. 207-20.
- Miceli et al. 1988 = Gabriele Miceli et al., *Patterns of dissociation in comprehension and production of nouns and verbs*, in «Aphasiology», 2, pp. 351-58.
- Miglietta et al. = Sandra Miglietta et al., *Conditioned allophony in speech perception: An ERP study*, in «Brain and Language», 126 (3), pp. 285-90.
- Mondini-Semenza 2008 = Sara Mondini - Carlo Semenza, *Mass and count nouns activate different brain regions: an ERP study on early components*, in «Neuroscience Letters», 430 (1), pp. 48-53.
- Monti-Osherson 2012 = M. Monti - Daniel Osherson, *Thought beyond language: neural dissociation of arithmetic and natural language*, in «Psychological Science», 23 (8), pp. 914-22.
- Monti et al. 2009 = Martin Monti et al., *The boundaries of language and thought in deductive inference*, in «Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America», 106, pp. 12554-59.
- Moro 2004 = Andrea Moro, *Autonomia della sintassi e tecniche di neuroimmagine*, in «Lingue e linguaggio», 1, pp. 135-47.

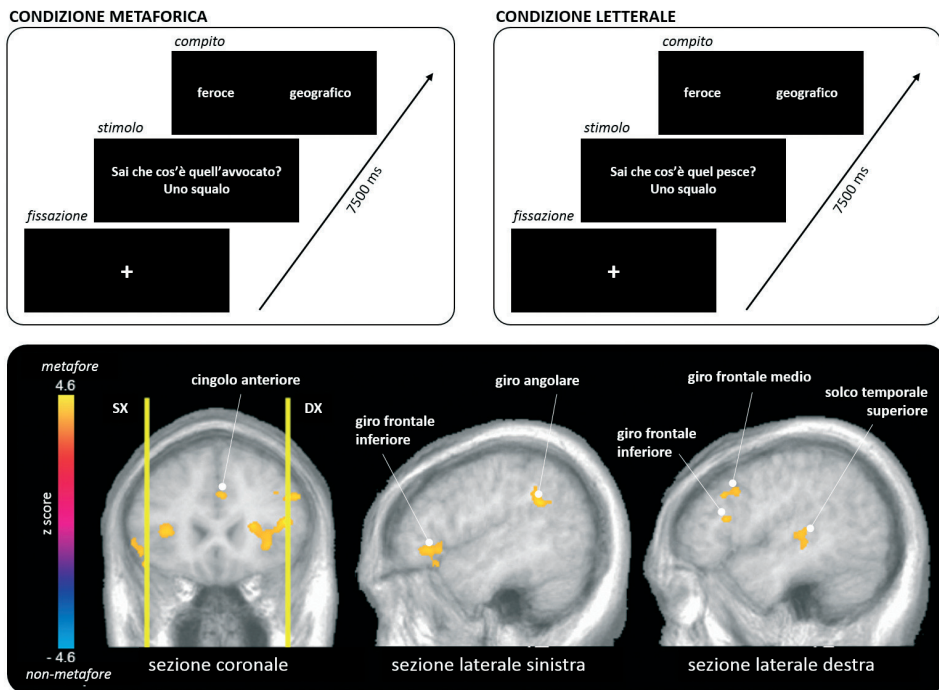
- Moro 2006 = A. Moro, *I confini di Babele*, Milano, Longanesi, 2006.
- Moro 2011 = A. Moro, *Senza Aristotele la risonanza magnetica è muta*, in Vittorio Lingiardi - Nicla Vassallo (a cura di), *Terza cultura*, Milano, Il Saggiatore, pp. 169-71.
- Moro *et al.* 2001 = A. Moro *et al.*, *Syntax and the brain: disentangling grammar by selective anomalies*, in «NeuroImage», 13, pp. 110-18.
- Musso *et al.* 2003 = Maria Cristina Musso *et al.*, *Broca's area and the language instinct*, in «Nature Neuroscience», 6, pp. 774-81.
- Nencioni 1983 = Giovanni Nencioni, *Lingua e linguistica*, in Cesare Segre (a cura di), *Intorno alla linguistica*, Milano, Feltrinelli, pp. 11-26.
- Papagno-Romero Lauro 2010 = Costanza Papagno - Leonor Romero Lauro, *The neural basis of idiom processing: Neuropsychological, neurophysiological and neuroimaging evidence*, in «Italian Journal of Linguistics/Rivista di Linguistica», 22, pp. 21-40.
- Patterson *et al.* 2007 = Karalyn Patterson *et al.*, *Where do you know what you know? The representation of semantic knowledge in the human brain*, in «Nature Reviews Neuroscience», 8, pp. 976-87.
- Paulesu *et al.* 2001 = Eraldo Paulesu *et al.*, *Dyslexia: cultural diversity and biological unity*, in «Science», 291, pp. 2165-67.
- Perani 2008 = Daniela Perani, *Functional neuroimaging of cognition*, in Georg Goldenberg *et al.* (a cura di), *Handbook of Clinical Neurology*, London, Elsevier, 88, pp. 61-111.
- Perani-Abutalebi 2005 = D. Perani - Jubin Abutalebi, *The neural basis of first and second language processing*, in «Current Opinion in Neurobiology», 15, pp. 202-6.
- Perani *et al.* 1999 = D. Perani *et al.*, *The neural correlates of verb and noun processing. A PET study*, in «Brain», 122, pp. 2337-44.
- Petersen *et al.* 1988 = Steven E. Petersen *et al.*, *Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single-word processing*, in «Nature», 331, pp. 585-89.
- Pulvermüller 2012 = Friedemann Pulvermüller, *Meaning and the brain: The neurosemantics of referential, interactive, and combinatorial knowledge*, in «Journal of Neurolinguistics», 25, pp. 423-59.
- Romero Lauro *et al.* 2008 = Leonor Romero Lauro *et al.*, *Idiom Comprehension: A Prefrontal Task?*, in «Cerebral Cortex», 18, 1, pp. 162-70.
- Sandrone *et al.* 2013 = Stefano Sandrone *et al.*, *Weighing brain activity with the balance: Angelo Mosso's original manuscripts come to light*, in «Brain» 2013.
- Semenza 2009 = C. Semenza, *The neuropsychology of proper names*, in «Mind and Language», 24, pp. 347-69.
- Semenza-Mondini 2006 = C. Semenza - Sara Mondini, *Neuropsychology of compound words*, in Gary Libben - Gonia Jarema (a cura di), *The representation and processing of compound words*, Oxford, Oxford University press, pp. 71-95.
- Semenza *et al.* 2011 = C. Semenza *et al.*, *Reading compounds in neglect dyslexia: the headedness effect*, in «Neuropsychologia», 49, pp. 3116-20.
- Stella-Savelli 2011 = Giacomo Stella - Enrico Savelli, *Dislessia oggi. Prospettive di diagnosi e intervento in Italia dopo la Legge 170*, Trento, Centro Studi Erickson.
- Stemmer 2008 = Brigitte Stemmer, *Neuropragmatics. Disorders and Neural Systems*, in Brigitte Stemmer - Harold A. Whitaker (a cura di), *Handbook of the Neuroscience of Language*, Cambridge, MA, Elsevier, pp. 367-79.
- Tettamanti-Moro 2012 = M. Tettamanti - Andrea Moro, *Can syntax appear in a mirror (system)?*, in «Cortex», 48, pp. 923-35.
- Tettamanti *et al.* 2002 = Marco Tettamanti *et al.*, *Neural correlates for the acquisition of natural language syntax*, in «NeuroImage», 17, pp. 700-9.

- Tettamanti *et al.* 2005 = M. Tettamanti *et al.*, *Listening to action-related sentences activates fronto-parietal motor circuits*, in «Journal of Cognitive Neuroscience», 17, pp. 273-81.
- Tettamanti *et al.* 2008 = M. Tettamanti *et al.*, *Negation in the brain: Modulating action representation*, in «NeuroImage», 43, pp. 358-67.
- Vender-Delfitto 2010 = Maria Vender - Denis Delfitto, *Towards a pragmatic of negation: the interpretation of negative sentences in developmental dyslexia*, in «GG@G (Generative Grammar in Geneva)», 6, pp. 1-27.
- Vigliocco *et al.* 2011 = Gabriella Vigliocco *et al.*, *Nouns and verbs in the brain: A review of behavioural, electrophysiological, neuropsychological and imaging studies*, in «Neuroscience and Biobehavioral Reviews», 35, pp. 407-26.
- Wartenburger *et al.* 2003 = Isabell Wartenburger *et al.*, *Early Setting of Grammatical Processing in the Bilingual Brain*, in «Neuron», 37, pp. 159-70.
- Zoccolotti *et al.* 2005 = Pierluigi Zoccolotti *et al.*, *Word length effect in early reading and in developmental dyslexia*, in «Brain and Language», 93, pp. 369-73.



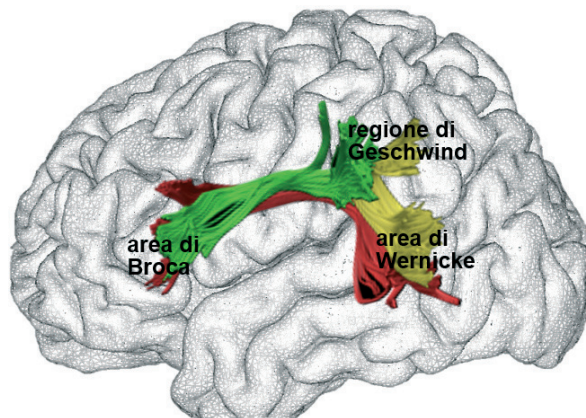
6. Risposta cerebrale durante l'acquisizione di regole sintattiche

La figura in alto mostra la regione di Broca, che risulta essere selettivamente coinvolta nell'acquisizione della sintassi. Il grafico in basso fornisce una rappresentazione semplificata della modulazione della risposta cerebrale nella regione di Broca, misurata in termini di aumento del flusso ematico, in funzione della accuratezza nel compito di acquisizione delle regole sintattiche. Nel caso delle regole possibili secondo la Grammatica Universale (in verde), il flusso ematico aumenta all'aumentare dell'accuratezza nel compito di apprendimento. Nel caso delle regole impossibili (in rosso), si verifica la correlazione inversa: all'aumentare dell'accuratezza, il flusso ematico nell'area di Broca diminuisce (adattamento da Musso *et al.* 2003).



7. Correlati neurofunzionali della comprensione delle metafore

La figura mostra le regioni cerebrali che rispondono maggiormente per l'elaborazione di frasi metaforiche rispetto alle frasi letterali. In alto viene fornita una rappresentazione schematica delle due condizioni sperimentali: metaforica (a sinistra) e letterale (a destra), includendo la croce di fissazione, la frase bersaglio, e il compito di scelta dell'aggettivo. In basso sono raffigurate le attivazioni cerebrali derivanti dal confronto tra le due condizioni. A sinistra viene fornita la sezione coronale, che indica anche la localizzazione delle due successive sezioni laterali, nell'emisfero sinistro (al centro) e nell'emisfero destro (a destra). Si osservano attivazioni frontali e temporo-parietali in entrambi gli emisferi, oltre che nella corteccia cingolata anteriore, che riflettono processi di elaborazione linguistica e di teoria della mente, finalizzati all'integrazione pragmatica del significato (adattamento da Bambini *et al.* 2011).



FASCICOLO ARCUATO

- segmento anteriore
- segmento lungo
- segmento posteriore

8. Il fascicolo arcuato nell'uomo

La figura illustra le connessioni tra l'area di Broca nel giro frontale inferiore e l'area di Wernicke nel giro temporale superiore e medio dell'emisfero di sinistra. Oltre che dal fascicolo arcuato classico descritto già nell'Ottocento, detto anche segmento lungo (in rosso), le due regioni sono connesse da una via indiretta che passa per la regione di Geschwind, nel lobo parietale inferiore, composta da un segmento anteriore (in verde) e da uno posteriore (in giallo) (adattamento da Catani et al. 2005).

FINITO DI STAMPARE
NEL MESE DI OTTOBRE 2014
PER CONTO DELLA
CASA EDITRICE LE LETTERE
DALLA TIPOGRAFIA ABC
SESTO FIORENTINO - FIRENZE