

## **Il cervello bilingue: rassegna sugli studi neurobiologici e cognitivi più recenti**

**Lucia Maria Collerone**

Università degli Studi di Messina

[lcollerone@unime.it](mailto:lcollerone@unime.it)

**Abstract** This article provides a synthesis of the most recent researches on second language acquisition, through a neurobiological and cognitive perspective.

In the last few years the neuroimaging technologies have given to the researchers the possibility to obtain a more precise description of human brain while producing different cognitive abilities.

The results given by these technologies are a further possibility for the researches to have information that can be integrated to those stated by the studies with a linguistic or psychological setting, with the aim to build up a more complete knowledge of the neuropsychological mechanisms that underlie the way a non native language is learned. The final purpose could be to develop effective models and theories of foreign language education, which integrated knowledge that come from different disciplinary sectors that is the foundation of a recent international area of research named “Educational Neuroscience”(PATTERN & CAMPBELL, 2011; SHRANG, 2011).

**Keywords:** secondary bilingualism; bilingual brain; neuroscientific researches; neuropsychological mechanisms, Educational Neuroscience

### **1.Introduzione**

Il gran numero di ambiti di ricerca che si interessano del bilinguismo ha dato origine a una lunga e numerosa schiera di approcci, teorie, campi d’indagine e prospettive che hanno interessato molte aree scientifiche e disciplinari.

Questo articolo restringe il suo campo d’interesse alla prospettiva d’indagine delle Neuroscienze Cognitive e intende essere una rassegna sugli studi più recenti che si sono concentrati sui meccanismi neurobiologici e cognitivi del “bilinguismo secondario”, in cui alla conoscenza della lingua materna appresa in modo informale, si somma in un secondo momento, la conoscenza di una o più lingue (L2, L3...).

Negli ultimi trent’anni la struttura e il funzionamento cerebrale dell’essere umano sono stati oggetto di grande interesse grazie anche all’ideazione delle tecniche di neuro-immagine che forniscono un’ accurata descrizione del cervello, non solo dal punto di vista anatomico, ma anche funzionale.

Le conoscenze provenienti da tali studi neuroscientifici possono essere viste come integrazioni alla ricerca sul bilinguismo secondario, conseguiti nell’ambito di altri percorsi di ricerca come ad esempio all’interno degli studi di Linguistica Applicata e in modo specifico nell’ambito della Glottodidattica, con lo scopo ultimo di avere una

visione il più possibile ampia dei processi matetici, sottostanti all'apprendimento di una lingua non nativa.

Non è in effetti difficile tracciare un percorso di ricerca che, partendo già dagli anni '70 e '80, testimonia le ricadute delle scoperte neuroscientifiche nella ricerca glottodidattica.

In Italia ad esempio, si può fare riferimento agli studi di Freddi (1990), Titone (1996), Danesi (1998) e ai più recenti Fabbro (2004), Dalosio (2007), Salmon Mariani (2008) che si sono interessati all'indagine degli aspetti neurologici e psicologici sottostanti all'apprendimento linguistico generale.

Lo studio dei meccanismi neuropsicologici che influenzano l'apprendimento può rafforzare la prospettiva umanistico-affettiva del soggetto che apprende, propria della glottodidattica o ancora può portare alla creazione di strategie metodologiche e tecniche didattiche rispettose e favorevoli tali meccanismi e quindi, facilitanti l'apprendimento (PIVA, 2007).

A livello internazionale l'"Educazione Neuroscientifica" (PATTERN & CAMBPBEL, 2011; SHRANG, 2011) è un recentissimo percorso di ricerca in cui Neuroscienze e Scienza dell'Educazione collaborano strettamente, con l'intento comune di sviluppare metodi d'insegnamento supportati dalla conoscenza della mente e del cervello.

Lo studio dei correlati neurofisiologici del bilinguismo può trovare anche collegamenti significativi nell'area di ricerca della Linguistica Applicata che studia il bilinguismo individuale, cioè si interessa delle caratteristiche della mente bilingue.

Colin Baker (2011) nella quinta edizione dell'opera: "Foundations of Bilingual Education and Bilingualism" elenca le dimensioni che dovrebbero essere indagate e tenute in considerazione quando si studia il bilinguismo individuale (la capacità, il dominio e l'equilibrio d'uso tra L1 e L2, l'età di apprendimento di L2; la competenza culturale raggiunta; la differenza tra bilinguismo per scelta o determinato dalle circostanze) che sono percorsi di ricerca condivisi dagli studi sul bilinguismo in una prospettiva neuroscientifica..

Lo studio neurobiologico delle strutture cerebrali che sostengono acquisizione di una L2 è uno dei campi d'azione degli studi neuroscientifici al quale si possono correlare i seguenti ambiti di ricerca:

- gli studi neuro funzionali che indagano su come le aree cerebrali siano funzionalmente usate;
- gli studi neurofisiologici sui cambiamenti che avvengono nelle strutture cerebrali che tradizionalmente sono considerate alla base del processo di elaborazione linguistica;
- gli studi sulle eventuali interferenze nell'uso delle diverse lingue.

A questi percorsi di ricerca bisogna aggiungere anche gli studi che indagano i fattori che sono reputati determinanti nell'apprendimento di una L2:

- i vincoli ai quali la struttura cerebrale è sottoposta; se si possa, quindi, parlare di un "periodo critico" o di un "periodo ottimale" per l'apprendimento competente di una L2;
- se vi siano possibili legami tra l'età di acquisizione della L2, la "proficiency" (competenza) raggiunta e le modalità di esposizione alla L2;
- i fattori relativi alle caratteristiche individuali e di contesto, cioè i fattori più strettamente psicologici e sociali. Fattori come ad esempio, la motivazione a non essere distinguibili dai parlanti nativi, risultano essere determinanti per il

raggiungimento di performance linguistiche in L2 con alti livelli di competenza e sembrano inoltre, influire fortemente anche su vincoli cerebrali come quelli della pronuncia (WRAY, 2008; KINSELLA, 2009). In questo articolo tali fattori non saranno oggetto di approfondimento perché si intende prediligere un'analisi ristretta agli elementi neurobiologici del bilinguismo secondario.

## **2. Le strutture cerebrali del bilinguismo**

Le tecniche di neuroimaging hanno aperto nuove possibilità di studio su quali siano le attivazioni cerebrali nello svolgimento di una funzione cognitiva, ma soprattutto i network neurali, che sottostanno a tali attività umane che possono essere studiate in vivo, in modo non invasivo.

Tali tecniche però, non sono ancora abbastanza mature per dare delle risposte definitive su come collegare la localizzazione dei substrati neurali e l'apprendimento del linguaggio.

Tali tecnologie sono in continua evoluzione e le risposte fino ad ora ottenute non possono ritenersi esaustive in termini di conoscenza, ma devono essere considerate come un *work in progress* in continua evoluzione e aggiornamento. (MUÑOZ & SINGLETON, 2011).

In generale, l'idea alla base delle ricerche neurobiologiche sul bilinguismo secondario è che l'acquisizione di L2 richieda un adattamento delle strutture cerebrali, che tradizionalmente sono utilizzate per il processo di elaborazione linguistica e che parlare una seconda o più lingue, possa avvenire grazie alla plasticità neuronale e all'uso funzionalmente diverso che viene fatto dei network neurali, attivabili nel collegamento tra le diverse aree cerebrali, che possono così essere usate per funzioni diverse, senza variazioni qualitative, ma quantitative di materia cerebrale (WILLEM & HAGOORT 2007; GOMEZ RIZ 2010; PARKER JONES 2011).

Una delle linee teoriche più accreditate nel campo del bilinguismo è quella secondo la quale l'apprendimento di una seconda lingua (L2), quando già si sia acquisita una prima lingua (L1), venga rappresentata nel cervello in modo differente rispetto alla prima, quindi, L1 e L2 avrebbero localizzazioni cerebrali diverse.

Abutalebi e Green (2007) hanno studiato i meccanismi di produzione linguistica in soggetti bilingui e hanno specificato un modello che integra sistemi neurali separati, responsabili di aspetti distinti del controllo cognitivo, coinvolti nella produzione del linguaggio bilingue. Questi sistemi includono la corteccia prefrontale (aggiornamento del linguaggio, inibizione del linguaggio non in uso e correzione degli errori), la corteccia anteriore cingolata (attenzione, monitoraggio dei conflitti, cancellazione degli errori), i gangli della base (selezione del linguaggio), e il lobulo inferiore parietale (mantenimento delle rappresentazioni e della memoria di lavoro).

Studi precedenti avevano già confermato che il lobo temporale sinistro si attiva di più quando si ascolta la lingua madre, rispetto a qualsiasi altra lingua (DEHAENE 1997; BAVELIER 1998), mentre le rimanenti parti del giro frontale inferiore sinistro e dell'emisfero destro sarebbero responsabili del processo di elaborazione di L2 (ZOU et al. 2011).

Inoltre, se di L2 si fa un uso fluente o si è bilingui dalla nascita (bilinguismo primario), si attivano aree temporali sinistre simili, sia in L1 che in L2, mentre le aree attivate sono diverse in caso di una scarsa competenza nella L2 (PETITTO & DUNBAR 2004; BLOCH et al. 2009).

È stata fatta una chiara distinzione tra il sistema di mediazione del significato delle parole e la grammatica di una L2 rispetto a L1.

Il sistema semantico sembra essere comune alle due lingue, mentre la rappresentazione sintattica di L2 è diversa.

Paradis (2004) afferma che esiste una fondamentale distinzione tra l'apprendimento di L1 e L2 per quello che riguarda l'apprendimento della grammatica, poiché la grammatica in L1 è appresa in modo implicito mentre in L2, se essa viene appresa dopo quello che definisce come "periodo critico", può essere acquisita solo in modo esplicito, attraverso l'uso di una memoria procedurale e quindi, in modo cosciente e non automatizzato.

Ulmann (2004) ha proposto il Modello dichiarativo/procedurale che afferma che nei non monolingui le parole sono rappresentate in un sistema di memoria dichiarativa che coinvolge network fronto-striato (area di Broca e gangli della base), mentre le regole grammaticali sono rappresentate in un sistema cognitivo che media l'uso delle procedure (le aree temporali sinistre).

Secondo l'ipotesi di Chalsen e Felser (2006), nota come la "Shallow Structure Hypothesis" (Ipotesi di scivolamento della struttura), gli adulti fanno un basso uso delle informazioni sintattiche durante il processo di elaborazione di parole e frasi e necessitano di un maggior riferimento a spunti lessicali e semantici, quindi usano un processo meno automatizzato.

La motivazione di tale modalità d'approccio alla sintassi, meno automatizzato e più necessariamente collegato ad apporti semantico-lessicali, sarebbe dovuta, secondo questi studiosi, a cambi maturazionali nel cervello durante l'infanzia e l'adolescenza, che renderebbero più difficile apprendere processi di elaborazione di routine procedurale in età adulta (FELSER & CLASHEN 2009).

L'"ipotesi di convergenza" di Green (2003) ripresa da Abutalebi (ABUTALEBI & GREEN 2007; ABUTALEBI 2008), afferma che c'è un comune network neurale che supporta la rappresentazione sia di L1 che di L2.

Tale rappresentazione viene mediata attraverso una struttura di controllo, che include la corteccia cingolata anteriore, i gangli della base, il lobulo parietale inferiore e, in modo predominante, la corteccia prefrontale, che è anche in grado di mantenere separati i due sistemi linguistici, evitando le interferenze (GOLLAN et al. 2011).

Il modo in cui questo network opera, dipende dalla proficiency che un individuo ha della L2 (KOTS 2009; LEONARD et al., 2011): più precisamente la proficiency è accompagnata da un passaggio graduale, uno scivolamento da elaborazioni controllate ad automatizzate e da un riduzione dell'attività prefrontale, per cui man mano che la competenza linguistica aumenta, la differenza neurale tra parlante nativo e parlante di L2 native-like diminuisce.

Molti sono gli studi di neuroimaging che supportano l'idea che, quando la competenza in L2 è native-like, vengano riportate attivazioni neuronali comuni in aree cerebrali simili, temporo-parietali e frontali sinistre che sono usate quando i monolingui svolgono compiti uguali, sia nei compiti di produzione di singole parole (ad es. HERNANDEZ et al. 2001) che in compiti di recupero (CHEE, TAN & THIEL 1999, 2001; GOLESTANI et al. 2006; STEIN et al. 2009).

Bisogna aggiungere anche che molti studi hanno dimostrato come i bilingui, con un basso livello di competenza, impiegano attività cerebrali addizionali in compiti come il recupero di parole (retrieval task), soprattutto nelle aree prefrontali (Briellmann et al. 2004), nei compiti di decisione lessicale (Pillai et al. 2003, Hongyan et al. 2010), in compiti di giudizio semantico (CHEE et al. 2001; RUESCHEMEYER, ZYSSET & FRIEDERICI 2006).

In caso di scarsa competenza in L2 alcune aree non usuali, come le regioni visive posteriori bilaterali, sono reclutate per il processamento delle parole, sia se le parole sono presentate nella forma scritta che in quella orale (LEONARD et al. 2011).

Anche l'esposizione alla L2 può avere grande rilevanza nell'influenzare la minor o maggior dipendenza dal sistema semantico-lessicale nei bilingui.

Perani et al. (2003) hanno dimostrato che chi ha una maggiore esposizione alla L2, necessita di una minore attivazione della corteccia prefrontale sinistra; inoltre, egli indica come vi sia una possibilità di reversibilità del sistema di apprendimento della lingua nei primissimi anni di vita dei bambini, tra i 3 e gli 8 anni d'età; per questo in caso di adozione si tenderebbe a dimenticare L1 sostituendola con L2.

Il periodo puberale viene considerato come il tempo limite per l'acquisizione native-like di un'altra lingua (LENNENBERG 1967), ma è dimostrato che viene ugualmente mantenuta una certa plasticità (OSTERHAITA et al. 2008; HYLTENSTAM et al. 2009) che consente di apprendere un'altra lingua, causando cambiamenti cerebrali anche dopo brevi periodi (5 mesi) di training intensivo, per l'uso generale della L2 (STEIN et al. 2010;) e anche solo 5 giorni di training per l'acquisizione di parole nuove in L2 (DOBEL et al. 2010).

Si può riassumere dicendo che la competenza in L2 e l'esposizione possono essere degli elementi determinanti per il processamento lessico-semantico, mentre l'età di acquisizione non ha molta influenza su di esso (INDEFREY 2006; PERANI & ABUTALEBI 2005).

Invece, nel dominio grammaticale il substrato neurale sembra essere maggiormente dipendente dagli effetti dell'età di acquisizione, piuttosto che dalla proficiency.

Mentre l'acquisizione della competenza native like relativa a sintassi e lessico, sembra restare possibile per chi apprende una L2 da adulto, il controllo delle regole di pronuncia non sembra poter raggiungere tale livello di competenza quando la L2 viene appresa dopo i primi anni della vita di un bambino.

La pronuncia è la sola parte "fisica" della lingua con complesse richieste neuromuscolari e la pronuncia corretta dipende in gran parte dai feedback sensoriali, dal modo e dal luogo in cui si origina il movimento dei muscoli coinvolti nell'articolazione linguistica (SCOVEL 2000).

Golestani et al. (2006, 2007) hanno dimostrato che le abilità di produrre e articolare i suoni di una lingua straniera sono correlabili all'attivazione di diverse strutture nella corteccia prefrontale, nell'insula sinistra, nella corteccia temporale sinistra e nelle cortecce parietali bilaterali.

Alcuni studi hanno mostrato come nei processi, quali l'articolazione e il monitoraggio post-articolatorio, si evidenzia un'attivazione di aree cerebrali più vaste per i bilingui che per i monolingui (attivazione dell'insula: BAMIOU et al., 2003 attivazione del putamen Klein et al. 1999; attivazione dei gangli della base PARKER JONES et al. 2011), un fatto che potrebbe riflettere direttamente la mancanza di familiarità con i comandi motori necessari per produrre il suono obiettivo.

Nel caso in cui un segmento fonico di L2 è inesistente nella lingua nativa o molto difficile da discriminare e riprodurre, vengono coinvolte anche le aree della rappresentazione motoria (corteccia premotoria) e le aree del mappaggio articolatorio oro-sensoriale e uditivo che permettono di collegare i movimenti della bocca, all'emissione dei segmenti fonici (CALLAN D.E. et al. 2004; PORT 2010).

Ci sono prove evidenti che il sistema motorio genera rappresentazioni interne dei suoni del linguaggio (IMAMIZU 2003; Wilson & IACOBONI 2006) e, in un parlante nativo, esse corrispondono agli input uditivi ricevuti. I movimenti orali

necessari per la produzione dei suoni della lingua nativa sono molto ben appresi e automatici, perché integrano i precontrolli motori, i feedback uditivi e le informazioni somatosensoriali. Invece, in una lingua straniera, gli input uditivi e somatosensoriali non combaciano con le rappresentazioni interne e diventa necessario fare un mappaggio delle nuove percezioni nelle proprie rappresentazioni interne, in modo da essere in grado di produrre il suono del parlato in lingua straniera. All'inizio dell'apprendimento di una L2, i suoni della nuova lingua sono addirittura elaborati come stimoli uditivi assimilabili a non parole (suoni privi di significato), con un coinvolgimento maggiore dell'emisfero destro (SUGIURAL et al. 2011).

Infine, gli studi neurocognitivi sulle rappresentazioni motorie dei suoni della lingua (SAYGIN et al. 2004), sul linguaggio correlato all'azione (WILSON & IACOBONI 2006) e sui gesti co-linguistici (SPENCER et al. 2008; WILLEMS & HAGOORT 2009) hanno dimostrato una correlazione nel cervello, tra il linguaggio, l'azione e i gesti.

Il cervello non è solo capace di tenere in conto del fluire di molte informazioni, ma lo fa in modo qualitativamente simile anche se gli input hanno caratteristiche percettive diverse e interessano aree cerebrali differenti. Il trattamento dei dati percettivi unimodali viene processato in una modalità che potremmo definire amodale, in nodi cerebrali (hub neurali) che hanno proprio il compito di integrazione delle informazioni (SHEFFEL & SHAW 2008; BLOMERT et FLOYER 2010; YILDIRIM & JACOBS, 2011).

Nel caso della comprensione del linguaggio, il cervello usa molti tipi di informazioni, in un modo qualitativamente simile, per giungere alla comprensione.

Le informazioni usate sono, appunto, quelle che provengono dalla conoscenza delle parole, dai gesti co-linguistici, dalle immagini, dalle informazioni che giungono dalle caratteristiche della voce o da precedenti discorsi.

### **3. Età di acquisizione della lingua e “periodo critico”**

In senso stretto con il termine età di acquisizione ci si riferisce all'età in cui un concetto o abilità è acquisito, cioè a quello che viene definito come “periodo critico” o “periodo sensibile” dell'apprendimento.

I ricercatori hanno tentato di comprendere come l'acquisizione precoce o ritardata abbia effetti sull'apprendimento delle abilità studiate.

Nel dominio non linguistico sono stati riconosciuti importanti effetti dell'età di acquisizione sull'attivazione di abilità come quelle sensoriali e soprattutto visive. Molti, infatti, sono stati gli studi sulla deprivazione sensoriale e il più famoso è senz'altro quello sugli effetti della deprivazione della percezione binoculare durante il periodo critico, che conduce ad una riduzione della capacità di percezione stereoscopica, dimostrata su molte specie animali (HUANG et al. 1999).

Inoltre, l'esperienza dei così detti “bambini lupo”(enfants sauvages), abbandonati nella foresta e allevati da animali, dimostra come esista anche un periodo critico per l'acquisizione del linguaggio e come questo sia legato al contatto sociale che deve esistere per attivare una struttura cerebrale per una funzione specie specifica come il linguaggio (PENNISI 2006; KUHL 2007).

L'età di acquisizione, come accennato in precedenza, è di grande interesse anche per gli studiosi che si interessano di bilinguismo e di apprendimento di una L2, perché permette di delineare i vincoli temporali che condizionano il conseguimento della proficienza nella lingua straniera.

Molti sono gli studi che hanno tentato di delineare il periodo migliore per apprendere una L2 e hanno dato indicazioni diverse che si possono riassumere come segue.

Prima dell'età di 5 anni l'esposizione al bilinguismo permette lo sviluppo di entrambe le lingue e la loro padronanza e vi è una sovrapposizione delle aree del linguaggio usate, senza quindi richiedere sforzi cognitivi suppletivi per l'elaborazione delle due lingue (PETITTO & DUNBAR 2004; COSTANTINE et al. 2009), con un allungamento del termine di stabilizzazione della lateralizzazione del linguaggio, che si protrae fino ai 6 anni e, quindi, l'uso di entrambi gli emisferi per il processamento delle due lingue (PENG et al. 2011).

I bambini che alla nascita sono stati esposti alla sola L1 e che vengono esposti alla L2 tra i 2/ 9 anni, possono imparare i fondamentali morfo-sintattici della nuova lingua, già dal primo anno di esposizione, ma solo se sottoposti ad una esposizione estensiva e sistematica, in contesti diversificati sia ambientali che di relazione comunicativa.

I bambini e gli adulti differiscono sia qualitativamente che quantitativamente nella loro abilità di acquisire una nuova lingua.

Alcuni studiosi, tra i quali ricordiamo Hawkins e i suoi studi sulla grammatica generativa in L2 (2001) affermano che nei bambini l'acquisizione della L1 sia guidata da innate procedure di acquisizione linguaggio-specifiche. La tesi di Bley-Vroman, (1990) conosciuta come la "Fundamental difference hypothesis (FDH)" afferma invece, che negli adulti l'apprendimento sia guidato da meccanismi di apprendimento di dominio generale.

Un'altra possibilità, che giustifichi la differenza tra bambini e adulti, è che essi differiscono profondamente nelle loro capacità cognitive e negli input linguistici.

I bambini hanno minori abilità cognitive, ad esempio nella memoria e nella velocità di elaborazione e ciò potrebbe aiutare i bambini nell'apprendere la lingua evitando la iper regolarizzazione di input inconsistenti (HUDSON & NEWPORT, 2005).

Un'altra possibilità è che imparare una seconda lingua sia più difficile in relazione all'interferenza dovuta alla prima lingua, così come dimostrato da parecchie ricerche e studi anche recenti (per un riassunto sugli studi vedi Bardovi-Harlig & Stringer 2010).

Nello studio di viene confermato che nel bilinguismo vengono usate differenti regioni cerebrali.

Nei bilingui sembra che siano usate aree diverse per sopprimere le interferenze tra L1 e L2 (LUK et al. 2010) e che esista un network specifico per il controllo cognitivo, aree cerebrali non linguistiche, come la corteccia prefrontale centrale sinistra, che sembrano essere cruciali per il controllo dell'interferenza fonologica tra L1 e L2, (RODRIGUEZ-FORNELL et al. 2005).

Le interferenze tra le due lingue continuerebbero comunque ad esistere, con un'attivazione cross-linguistica tra L1 e L2, anche quando si svolgono compiti in cui è richiesto l'uso di una sola lingua (HOSHINO & THIERRY, 2011).

Durante il 32esimo Meeting annuale della Cognitive Science Society di Portland del 2010, Amy Perfors e David Dunbar hanno identificato nell'abilità di distinguere i suoni fonologici, l'abilità di base che attiverrebbe effetti a cascata sulle abilità linguistiche e che condizionerebbe l'acquisizione o il funzionamento di altri aspetti del linguaggio di livello superiore, con i quali la funzione di base ha un legame di interdipendenza, soprattutto nell'acquisizione di L2, in un'età successiva ai 9 anni.

#### 4. Conclusioni

Apprendere una seconda lingua è per il cervello dell'essere umano, un compito complesso che richiede un adattamento delle strutture cerebrali, non solo specifiche per la produzione linguistica generale, ma anche di altre strutture neurali riutilizzate per la nuova funzione e sottoposte a vincoli specifici. Un'istituzione che intenda garantire apprendimenti duraturi, attraverso scelte metodologico-didattiche facilitanti, non può non tenere conto delle informazioni che le ricerche in ambito neuro scientifico e cognitivo forniscono.

Imparare una seconda lingua richiede tempo e non può essere considerato un apprendimento 'naturale e automatico', ma 'appreso e strategico', perché ciò che si deve ingenerare è la rottura della simmetria del cervello che lo sintonizza su una sola lingua e attivare le strutture cerebrali per una nuova funzione, ad esempio il lessico passivo può essere appreso in modo diretto attraverso l'esposizione alla lingua, ma la produzione competente è veicolata da procedure automatizzate delle regole sintattiche e training fonologici che prediligano anche lo studio dell'articolazione oro buccale, per rendere la produzione più vicina a quella del parlante nativo.

#### Bibliografia

ABUTALEBI, J. & GREEN D. (2007), «Bilingual language production: The neurocognition of language representation and control» in *Journal of Neurolinguistics*, n.20, vol. 3, pp.143-154.

BAMIOU D.E., MUSIEK F.E.& LUXON L.M. (2003), «The insula (Island of Reil) and its role in auditory processing: Literature review» in *Brain Research Reviews*, n.42, vol. 2, pp. 143-154.

BARDOVI-HARLIG K. & STRINGER D. (2010), «Variables In Second Language attrition. Advancing The State Of The Art» in *Studies In Second Language Acquisition*, n.32, pp.1-45.

BAVELIER D., CORINA D. JEZZARD P., CLARK A., KARNI A., LALWANI, A. et al. (1998)., «Hemispheric for English and ASL: left-invariance-right variability» in *Neuroreport*, n.9,pp. 1537-42.

BLEY-VROMAN, R. (1990), «The logical problem of foreign language learning» in *Linguistic Analysis*, n.20, vol. pp.3-49.

BLOCH C., KAISER A., KUENZLI E., ZAPPATORE D., HALLER S., FRANCESCHINI R., LUEDI G., RADUE E.AND NITSCH C. (2009), «The age of second language acquisition determines the variability in activation elicited by narration in three languages in Broca's and Wernicke's» in *Neuropsychologia*, n.4, vol. 3, pp. 625-633.

BLOMERT L., FROYEN D.(2010), «Multi-sensory learning and learning to read» in *International Journal of Psychology*, n.77, vol. 3, pp. 195-204.

BRIELLMANN, R. S., M. M. SALING, A. B. CONNELL, A. B. WAITES, D. F. ABBOTT & G. D. JACKSON (2004), «A high-field functional MRI study of quadrilingual subjects» *Brain and Language*, n.89, pp.531-542.

CALLAN D. E., JONES J.A., CALLAN A.M., AKAHANE-YAMADA R. (2004), «Phonetic perceptual identification by native- and second-language speakers differentially activates brain regions involved with acoustic phonetic processing and those involved with articulatory–auditory/orosensory internal models» in *NeuroImage*, n.22, pp.1182– 1194.

CHEE, M.W.L., TAN E.W. L. & THIEL T. (1999), «Mandarin and English single word processing studied with functional magnetic resonance imaging» in *Journal of Neuroscience*. n.19, vol.8, pp.3050-56.

CHEE M. W. L., HON N., LING LEE H., SIONG SOON C. (2001), «Relative language proficiency modulates BOLD signal change when bilinguals perform semantic judgments.» in *Neuroimage*, n.13, pp.1155-1163.

CLAHSEN, H. & C. FELSER (2006), «Grammatical processing in language speakers» In *Applied Psycholinguistics*, n.27, vol.1, pp. 3-42.

DALOISO M. (2007), *Early Foreign Language Teaching*, Perugia, Ed.Guerra.

DEHAENE S. DEPOUX E. MEHELER, J, COHEN L. PAULESU E, PERANI D. ET AL. (1997), «Anatomical variability in the cortical representation of first and second language» in *Neuroreport*, n. 8, pp. 3809-15.

DOBEL C., JUNGHÖFER M., BREITENSTEIN C., KLAUKE B., KNECHT S., PANTEV C.,AND ZWITSERLOO P. (2010), «New Names for Known Things: On the Association of Novel Word Forms with Existing Semantic Information» in *Journal of Cognitive Neuroscience*, n.22, vol. 6, pp. 1251-126.

FABBRO F. (2004), *Neuropedagogia delle lingue. Come insegnare le lingue ai bambini*. Roma, Ed. Astrolabio.

FEDERMEIER, K. D., & KUTAS, M. (2001), «Meaning and modality: Influences of context, semantic memory organization, and perceptual predictability on picture processing» in *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, n. 27, col. 1, pp. 202-224.

FELSER C. & CLAHSN H.. (2009), «Grammatical processing of spoken language in child and adult language learners» in *Journal of Psycholinguistic Research*, n.38, pp. 305-319.

FREDDI G. (1990), *Il bambino e la lingua. Psicolinguistica e glottodidattica*. Torino, Ed. Petrini.

FUSTER J.M. (2006), «The cognit: A network model of cortical representation» in *International Journal of Psychophysiology*, n.60, pp. 125-13.

GOLLAN T.H., SANDOVAL T.& SALMON D.P. (2011), «Cross-Language Intrusion Errors in Aging Bilinguals Reveal the Link Between Executive Control and Language Selection» in *Psychological Science*; Published online before print, July 20, 2011.

GOLESTANI N., ALARIO F.-X., MERIAUX S., LE BIHAN D., DEHAENE S., PALLIER C. (2006), «Syntax production in bilinguals» *Neuropsychologia*, n.44, pp.1029–1040.

GOLESTANI N., MOLKO N., DEHAENE S., LEBIHAN D., PALLIER C.(2007), «Brain structure predicts the learning of foreign speech sounds» in *Cereb. Cortex*, n.17, pp. 575-582.

GOLLAN T.H., SANDOVAL T. AND SALMON D.P. (2011), «Cross-Language Intrusion Errors in Aging Bilinguals Reveal the Link Between Executive Control and Language Selection» in *Psychological Science*, n.22,vol. 9, pp. 1155-1164.

GREEN, D. W. (2003), *The neural basis of the lexicon and the grammar in L2 acquisition*, In R. van Hout, A. Hulk, F. Kuiken & R. Towell (eds.), *The interface between syntax and the lexicon in second language acquisition*. Amsterdam, John Benjamins.

HAGOORT, P., & VAN BERKUM, J.J. (2007), «Beyond the sentence given» in *Philos Trans R Soc Lond B Biol Science*, n.362, pp. 801-811.

HAGOORT, P. (2005), «On Broca, brain, and binding: A new framework» in *Trends in Cognitive Sciences*, n.9, vol. 9, pp. 416-423.

HAWKINS R. (2001), «The theoretical significance of Universal Grammar in second language acquisition» in *Second Language Research*, n.17, vol.4 , pp. 345–367.

HERNANDEZ, A. E., DAPRETTO M., MAZZIOTTA J. & BOOKHEIMER S. (2001), «Language switching and language representation in Spanish–English bilinguals: An fMRI study» in *Neuroimage*, n.14, pp.510-520.

HERNANDEZ, A., LI, P. (2007), «Age of Acquisition: Its Neural and Computational Mechanisms» in *Psychological Bulletin*, n.133, vol. 4, pp. 638-650.

HYLTENSTAM, K., BYLUND, E. ABRAHAMSSON N. & PARK H.S. (2009), «Dominant-language replacement: The case of international adoptees» in *Bilingualism: Language and Cognition*, n.12, vol. 2, pp. 121-140.

HONGYAN L., ZHIGUO H., TAOMEI G., DANLING P. (2010), «Speaking words in two languages with one brain: Neural overlap and dissociation» in *Brain Research*, n.1316, vol. 26, pp. 75-82.

HOSHINO N., THIERRY G.(2011), «Language selection in bilingual word production: electrophysiological evidence for cross-language competition» in *Brain Res.*, n.31, vol.1371, pp.100-109.

HUANG, Z., KIRKWOOD, A., PIZZORUSSO, T., PORCIATTI, V., MORALES, B., BEAR M., ET AL. (1999), «BDNF regulates the maturation of inhibition and the critical period of plasticity in mouse visual cortex» in *Cell*, n. 98, pp. 739-755.

HUDSON KAM, C., & NEWPORT, E.(2005), «Regularizing unpredictable variation: The roles of adult and child learners in language formation and change» in *Language Learning and Development*, n.1, vol.2, pp. 151-195.

INDEFREY, P. (2006), «A meta-analysis of hemodynamic studies on first and second language processing: Which suggested differences can we trust and what do they mean?» in Gullberg & Indefrey (eds.), pp.279-304.

IMAMIZU, H., KURODA, R., MIYAUCHI, S., YOSHIOKA, T., KAWATO, M.(2003), «Modular organization of internal models of tools in the human cerebellum» in *Proc. Natl. Acad. Sci.*, n.100, pp. 546-5466.

YILDIRIM J. & JACOBS R.A. (2011), «A Rational Analysis of the Acquisition of Multisensory Representations» in *Cognitive Neuroscience*, on-line article DOI: 10.1111/j.1551-6709.2011.01216.x

KINSELLA, C. (2009), “An investigation into the proficiency of successful late learners of French” Ph.D. dissertation. Trinity College Dublin.

KLEIN D., MILNER B., ZATORRE R. J., ZHAO V., NIKELSKI J. (1999), «Cerebral organization in bilinguals: a PET study of Chinese-English verb generation» in *Neuroreport*, n.10, pp. 2841-2846.

KOTZ S.A. (2009), «A critical review of ERP and fMRI evidence on L2 syntactic processing» in *Brain and Language*, n. vol.2, pp. 68-74.

KUHL P.K. (2007), «Is speech learning ‘gated’ by the social brain?» in *Developmental Science*, n.10, vol.1, pp. 110-120.

LENNEBERG, E. H. (1967), *Biological foundations of language*, New York, Wiley.

LEONARD M.K., TORRES C., TRAVIS K.E., BROWN T.T., HAGLER D.J. JR, ET AL. (2011), «Language Proficiency Modulates the Recruitment of Non-Classical Language Areas in Bilinguals» in *PLoS ONE*, n.6, vol. 6, e18240, doi:10.1371/journal.pone.0018240.

LUK G., ANDERSON J. A., CRAIK F.I., GRADY C., BIALYSTOK E. (2010), «Distinct neural correlates for two types of inhibition in bilinguals: Response inhibition versus interference suppression» in *Brain and Cognition*, n.74, vol. 3, pp. 347-357.

MIALL, R.C. (2003), «Connecting mirror neurons and forward models» in *Neuro-Report*, n.14, pp. 2135-2137.

MUÑOZ, C. (in press), «Input in foreign language learning: more significant than starting age?» in M.Howard (ed.), *International Review of Applied Linguistics in Language Teaching*, Monographic issue, «Input Perspectives on the Role of Learning Context in SLA,»

MUÑOZ C., SINGLETON D. (2011), «A critical review of age-related research on L2 ultimate attainment» in *Lang. Teach.*, n.44, vol.1, pp. 1-35.

OSTERHOUTA L., POLIAKOV B. A., INOUEA K., MCLAUGHLINA J., VALENTINEA G., PITKANENA I., FRENCK-MESTRED C., AND HIRSCHENSOHN J. (2008), «Second-language learning and changes in the brain» in *J. Neurolinguistics*, n.21, vol. 6, pp. 509-521.

PARADIS, M. (2004). *A neurolinguistic theory of bilingualism*, Amsterdam, John Benjamins Publishing Company.

PARADIS M. (2009), «Declarative and procedural determinants of second languages», Amsterdam, John Benjamins Publishing Company.

PARKER JONES O., GREEN D.W., GROGAN A., PLIATSIKAS C., FILIPPOPOLITIS K., ALI N., LEE H.L., RAMSDEN S., GAZARIAN K., PREJAWA S., SEGHER M.L., PRICE C.J. (2011), «Where, When and Why Brain Activation Differs for Bilinguals and Monolinguals during Picture Naming and Reading Aloud» in *Cereb Cortex.*, First published online: June 24, 2011, doi: 10.1093/cercor/bhr161.

PATTEN K.E. & CAMPBELL S.R. (2011), «Introduction: Educational Neuroscience» in *Educational Philosophy and Theory*, n.43, vol. 1, pp.1-6.

PENNISI A. PERCONTI P. (2006), *Le scienze cognitive del linguaggio*, Il Mulino

PERANI, D. & ABUTALEBIJ. (2005), «The neural basis of first and second language processing» in *Current Opinion in Neurobiology*, n.15, vol.2, pp. 202-206.

PERFORS A., DUNBAR A. (2010), «Phonetic training makes word learning easier. Cognition in flux» in *Proceedings of the 32nd Annual Meeting of the Cognitive Science Society Portland, Oregon, August 11-14*, / S. Ohlsson and R. Catrambone (eds.): pp.1613-1618.

PETITTO L.A. & KEVIN DUNBAR K. (2004), «New findings from Educational Neuroscience on Bilingual Brains, Scientific Brains, and the Educated Mind» *Conference on Building Usable Knowledge in Mind, Brain, & Education Harvard Graduate School of Education*, Oct. 6-8.

PENG G., WANG S.Y. (2011), «Hemisphere lateralization is influenced by bilingual status and composition of words» in *Neuropsychologia*, n.49, vol. 7, pp. 1981-1986.

PILLAI, J., ARAQUE J., ALLISON S., SETHURAMAN D., LORING D., THIRUVAIYARU C., ISON G., BALAN A. & LAVIN T. (2003), «Functional MRI study of semantic and phonological language processing in bilingual subjects: Preliminary findings» in *NeuroImage*, n.19, pp. 565–576.

PIVA C. (2007), *Considerazioni preliminari sul bilinguismo*, Cosenza, Edizioni Erranti.

PORT R.F. (2010), «Rich memory and distributed phonology» in *Language Sciences*, n.32, vol. 1, pp. 43-55.

RODRIGUEZ-FORNELLS A., ROTTE M., HEINZE H.-J., NOSSELT T., MUNTE T. F. (2002), «Brain potential and functional MRI evidence for how to handle two languages with one brain» in *Nature*, n.415, pp. 1026–1029.

RODRIGUEZ-FORNELLS A. VAN DER LUGT A., ROTTE M., BRITTI B. HEINZE H.J., F. MÜNTE T. (2005), «Second Language Interferes with Word Production in Fluent Bilinguals: Brain Potential and Functional Imaging Evidence» in *Journal of Cognitive Neuroscience*, n.17, vol.3, pp. 422–43.

RUESCHEMEYER, S. A., ZYSSET S. & FRIEDERICI A.D. (2006), «Native and non-native reading of sentences: An fMRI experiment.» in *NeuroImage*, n.31, vol. 354-365.

SALMON L., MARIANI M. (2008), *Bilinguismo e traduzione. Dalla neurolinguistica alla didattica delle lingue*, Milano, Franco Angeli.

SCHEFFEL D.L., SHAW J.C., SHAW R. (2008), «The Efficacy of a Supplementary Multisensory Reading Program for First-Grade Students» in *Reading Improvement*, n.45, vol. 3, p. 1-22.

SCHRAG F.(2011), «Does neuroscience matter for education?» in *Educational theory*, n.61, vol. 2, Board of Trustees, University of Illinois.

SCOVEL T. (2000), «A critical review of critical period researches» in *Annual Review of Applied Linguistics*, n.20, pp. 213-223.

SPENCER D. K., MANNING S.M. AND RODAK S. (2008), «Gesture Gives a Hand to Language and Learning: Perspectives from Cognitive Neuroscience» in *Developmental Psychology and Education. Language and Linguistics Compass*, n. 4 vol.2, pp. 569-588.

STEIN M., FEDERSPIEL A., KOENIG T., WIRTH M., LEHMANN C, WIEST R., STRIK W., BRANDEIS D., DIERKS T. (2009), «Reduced frontal activation with increasing 2nd language proficiency» in *Neuropsychologia*, n.47, vol. 13, pp. 2712-20.

STEIN M., FEDERSPIEL A., KOENIG T., WIRTH M., STRIK W., WIEST R., BRANDEIS D., DIERKS T. (2010), «Structural plasticity in the language system

related to increased second language proficiency» in *Cortex*. in press, corrected proof online, Oct.28. doi:10.1016/j.cortex.2010.10.007.

SUGIURAL L.S., MATSUBA-KURITA H., IPPEITA DAN I. AND HAGIWARA H. (2011), «Sound to Language: Different Cortical Processing for First and Second Languages in Elementary School Children as Revealed by a Large-Scale Study Using fNIRS» in *Cereb. Cortex*, n.21, pp. 2374-2393, doi:10.1093/cercor/bhr023.

TAN, L. (2003), «Neural systems of second language reading are shaped by native language» in *Human Brain Mapping*, n.18, pp. 158-166.

TITONE R. (1996), *La personalità bilingue*, Milano, Bompiani.

TOMMERDAHL, J. (2010), «A model for bridging the gap between neuroscience and education» in *Oxford Review of Education*, n.36, vol. 1, pp 97-109.

VAN BERKUM, J. J. A., ZWITSERLOOD, P., HAGOORT, P., & BROWN, C. M. (2003), «When and how do listeners relate a sentence to the wider discourse? Evidence from the N400 effect» in *Cognitive Brain Research*, n.17, vol. 3, pp. 701-718.

WILLEMS, R. M., OZYUREK, A., & HAGOORT, P. (2006), «When language meets action: The neural integration of gesture and speech» in *Cerebral Cortex*, n.17, vol.10, pp. 2322-2333,doi: 10.1093/cercor/bhl141.

WILSON S.M., IACOBONI M. (2006), «Neural responses to non-native phonemes varying in producibility: Evidence for the sensorimotor nature of speech perception» in *NeuroImage*, n.33, vol. 1, pp. 316-325.

WRAY, A. (2008), «The puzzle of language learning: From child's play to 'linguaphobia'» in *Language Teaching*, n.41, vol. 2, pp. 253-271.

ZOU L., DING G., ABUTALEBI J., SHU H., PENG D. (2011) «Structural plasticity of the left caudate in bimodal bilinguals» in *Cortex*. Jul 7- (E-publication ahead of print).