

rivista di neuroscienze
psicologia e scienze cognitive



<https://genistein.files.wordpress.com/2009/03/brain.jpg>

Come scrive il cervello

di

Rossella Ferrari

Origine della scrittura

La capacità della specie umana di elaborare il linguaggio attraverso la scrittura si è sviluppata da circa 4.000 anni, sia pur con modi e tempi diversi. L'acquisizione della lingua parlata avviene spontaneamente e senza istruzione specifica nella prima infanzia, mentre l'apprendimento della lettura e scrittura richiedono una guida e avviene in età più avanzata, in coincidenza di solito con l'inizio della scolarizzazione. In assenza di scolarizzazione le abilità di lettura e scrittura non si sviluppano nonostante la presenza di normali capacità cognitive; infatti, ancora oggi il tasso d'analfabetismo è alto, seppur in lenta e costante discesa.

L'apprendimento e l'uso del linguaggio scritto si basano su sistemi funzionali e neurologici dedicati, sviluppati adattando e modificando parti del sistema visivo a compiti specifici quali il riconoscimento di lettere e parole. Tali processi sono indipendenti dai sistemi di riconoscimento visivo d'altre classi di stimoli come, per esempio, oggetti o visi e da quelli del linguaggio parlato, con possibili dissociazioni fra capacità di leggere, scrivere, parlare e comprendere il linguaggio per via uditiva. Questi processi agiscono in maniera rapida, efficiente e automatica.

I dati ricavati dallo studio dei deficit di lettura e scrittura hanno permesso di chiarire i rapporti funzionali e anatomici fra meccanismi legati al riconoscimento visivo di oggetti e quelli specifici per la lettura, e disegnare un'architettura funzionale dettagliata sottostante i processi di elaborazione del linguaggio scritto e dei suoi rapporti con quelli specifici per il linguaggio parlato.¹

A differenza del linguaggio, il cui fine comunicativo è in discussione (Noam Chomsky), gli studiosi sembrano concordare sull'idea che la scrittura è stata inventata per un fine squisitamente comunicativo. Gli ominidi hanno affrontato con successo la questione di come trasmettere i significati non solo tra persone appartenenti alla stessa generazione, ma fra individui che vivono in tempi diversi; infatti, grazie alla scrittura la comunicazione è stata resa permanente. Inoltre, la comunicazione permanente ha sfruttato una serie di risorse disponibili nell'ambiente in cui avevano vissuto le successive generazioni di ominidi. La mente umana, nello svolgere le sue attività cognitive e comunicative, si è allargata oltre ai propri ristretti confini fisici: il suo essere situata in un corpo, a sua volta in costante interazione con l'ambiente, ha permesso di utilizzare alcuni aspetti modificabili come supporti esterni; per esempio, la possibilità di prendere un appunto

su un foglio cartaceo o elettronico ha allargato incredibilmente la memoria umana, poter scrivere una lettera o fare una telefonata ha ampliato la possibilità di comunicazione.

In condizioni naturali, la comunicazione umana segue sia la modalità linguistica sia extralinguistica e, quando si è cercato di renderla permanente, è stata privilegiata una di queste due. Ciò significa che la scrittura *non* è basata necessariamente sul linguaggio: la scrittura si è sviluppata sulla comunicazione extralinguistica per almeno 30.000 anni prima che l'invenzione dell'alfabeto s'imponesse, ossia più di 5.000 anni fa.

	Comunicazione extralinguistica	Comunicazione linguistica
Impermanenza nel tempo	Gesti	Linguaggio
Permanenza nel tempo	Scrittura pittografia e ideografica	Scrittura alfabetica

La scrittura permette la nascita della cultura critica e della scienza, proiettate verso il futuro e, nello stesso tempo, garantisce la conservazione del passato.²

Sistemi ortografici

L'identificazione e la nominazione di figure di alcuni simboli grafici (per esempio, i segnali stradali) sono caratterizzate da una corrispondenza diretta fra oggetto e simbolo, e i primi esempi risalgono alla preistoria; al contrario, la scrittura è caratterizzata da un processo di trasformazione d'ogni unità (fonema o parola) nella corrispondente unità scritta.

Oggi sono utilizzati tre sistemi ortografici:

- 1) il sistema ideografico/logografico*, usato in Cina e in parte in Giappone (Kanji), in cui a ogni singolo segno corrispondono suono e significato di una parola
- 2) il sistema sillabico**, come il sistema di scrittura giapponese (Kana) in cui i simboli corrispondono a sillabe
- 3) il sistema alfabetico***, in cui a ogni segno (composta da una o più lettere, o grafema)

corrisponde un suono (fonema) della corrispondente lingua parlata

Nei sistemi di scrittura alfabetici consonantici compaiono obbligatoriamente soltanto i segni corrispondenti ai suoni consonantici; in quelli regolari ogni segno scritto produce un fonema; in quelli fonologicamente trasparenti (o superficiali) la corrispondenza tra grafema e fonema tende a essere biunivoca. Nei sistemi di scrittura alfabetici ortograficamente opachi (o profondi) la corrispondenza tra grafema e fonema non è precisa.

Nelle lingue che usano il sistema alfabetico il grado di corrispondenza tra fonemi e grafemi è variabile: in alcune lingue come il serbo-croato l'applicazione delle regole di transcodificazione scritto-suono permette di ricavare la fonologia e l'ortografia di qualsiasi stringa di lettere o fonemi (ortografie trasparenti); per altre lingue, invece, come il francese o l'inglese, la corrispondenza tra grafema e fonema può essere molteplice.

Una variante del sistema ortografico è il sistema di scrittura dell'arabo e dell'ebraico: le lettere che compongono una parola scritta sono per lo più consonanti, mentre la maggior parte delle vocali sono omesse. Dato che differenti vocali possono essere inserite fra le consonanti, una stringa di consonanti è fonologicamente ambigua, potendo rappresentare parole diverse e "non parole".

L'ebraico ha quindi un'ortografia opaca, ma diversa dall'inglese, derivante dalla mancanza d'informazioni fonologiche, piuttosto che da un'inconsistenza delle regole della conversione scritto-suono che caratterizza l'ortografia inglese.

Infine, la posizione dell'accento in una parola scritta non è sempre prevedibile solo su basi fonologiche; per esempio, in italiano non c'è una regola costante che permetta di prevedere dove comparirà l'accento: di fronte a una parola scritta solo la precedente conoscenza del suono e del contesto condizioneranno la corretta pronuncia.¹

*Scrittura logografica=un grafema indica un'intera parola (per esempio: pittogrammi, ideogrammi); **Scrittura sillabica = un grafema denota una sillaba; ***Scrittura alfabetica =un grafema indica un solo fonema

Apprendimento della lettura e scrittura

L'apprendimento della lettura si può schematizzare in quattro stadi:

1) *stadio logografico* (in età prescolare), in cui si apprendono le proprietà salienti delle parole (per

esempio, il gruppo “mm” nella parola “mamma”), la parola è trattata come un disegno

- 2) *stadio alfabetico*, in cui sono discriminate le singole lettere, ossia la parola è analizzata lettera per lettera, sono messe in corrispondenza le lettere con i suoni, sono lette parole nuove
- 3) *stadio ortografico* (a 9-10 anni d'età), in cui si ha riconoscimento della forma globale di una buona parte delle parole, e in cui le strategie dello stadio precedente (conversione tra segni grafici e suoni) sono usate in parallelo, per esempio nella lettura di parole nuove, quindi la parola viene analizzata per unità ortografiche
- 4) *stadio lessicale*, in cui la parola è trattata come un'unità dotata di significato

L'apprendimento della scrittura, a sua volta, si può dividere in due stadi:

- 1) *stadio fonologico*, in cui il bambino usa regole di corrispondenza fonemi-grafemi
- 2) *stadio ortografico*: come nello stadio ortografico della lettura, il bambino usa rappresentazioni lessicali (in questo caso ortografiche) dell'intera parola

Strutture cerebrali

Un'estensiva esperienza visiva con gli oggetti può creare competenze percettive raffinate. Per esempio, gli esperti d'auto possono riconoscere con un'occhiata i modelli e le marche di centinaia d'auto e i *bird-watcher* possono identificare le specie degli uccelli visti velocemente attraverso il fogliame. L'acquisizione di queste esperienze percettive può portare a una specializzazione funzionale all'interno dei sistemi cerebrali dedicati alla processazione visiva.

La maggior parte delle persone è anche molto esperta della percezione delle parole. Per gli adulti, molta parte della vita si spende leggendo e i lettori adulti possono riconoscere le parole con grande efficienza. Come bambini, si è dedicato molto tempo all'apprendimento delle lettere e ogni giorno una persona alfabetizzata processa migliaia di lettere solo per interagire normalmente con un ambiente moderno. E' stato ipotizzato che un'estensiva esperienza visiva possa portare a una specializzazione neurale specifica per le lettere.

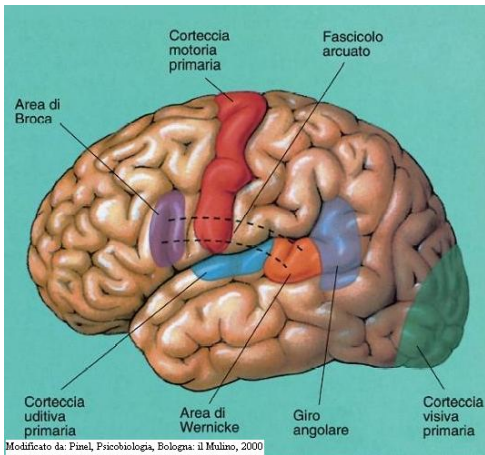
Per comprendere i meccanismi cerebrali sottostanti l'abilità di scrittura, occorre considerare le strutture anatomiche e funzionali oggi note come coinvolte, al tempo stesso, nel processo di scrittura e lettura, dato che sono strettamente interconnesse. Occorre tener presente, inoltre, che

le funzioni cognitive non hanno sede in un “centro nervoso” inteso come raggruppamento neuronale direttamente responsabile di una specifica funzione; infatti, per l’espletamento di un qualunque processo mentale è necessario un intero sistema d’aree corticali intimamente collegate tra loro, che lavorano in sintonia e s’integrano.

Alcuni grandi circuiti sembrano essere alla base di vari aspetti della lettura; per esempio, si pensa che il sistema posteriore dorsale (giro angolare, giro sopramarginale e solco temporale superiore) serva alle corrispondenze tra ortografia e fonologia. Le analisi semantiche delle parole sembrano avvenire prevalentemente nel lobo frontale inferiore sinistro e nel solco temporale superiore posteriore e la comprensione del contesto è considerata un compito dell’emisfero destro. Una rete ventrale posteriore comprensiva della regione occipitale-temporale potrebbe essere la base del processo visuale del testo stampato e responsabile delle abilità che si sviluppano tardivamente del riconoscimento rapido delle parole che, a sua volta, deriva dall’aumento dell’esperienza di lettura. La lettura di una parola e il recupero del suo significato è un processo automatico che in parte si svolge al di fuori della consapevolezza.

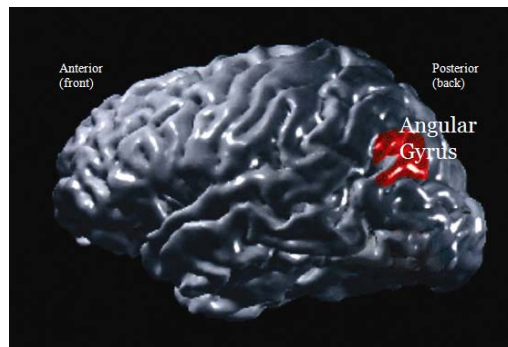
Le zone normalmente coinvolte nella lettura sono:

- 1) area occipitale posteriore: è l’area dove avviene l’analisi visiva elementare, ossia il riconoscimento del simbolo
- 2) area temporale occipitale inferiore: deposito di rappresentazioni ortografiche delle parole: è la zona incaricata di “vedere” le lettere e rendere automatico il processo di riconoscimento delle parole
- 3) area temporale superiore o Area di Wernicke: la forma visiva della parole viene convertita in forma sonora
- 4) Area di Broca: qui si attiva il programma neuromotorio per la produzione del suono (bocca, lingua, laringe)



QuickTime™ e un decompressore sono necessari per visualizzare quest'immagine.

QuickTime™ e un decompressore sono necessari per visualizzare quest'immagine.



All'interno di questo sistema, la regione che ha ottenuto la maggior attenzione come area candidata per il processo visivo precoce del testo stampato è il giro fusiforme sinistro. Una parte del giro mediofusiforme mostra un'attivazione maggiore per le parole che per le stringhe di consonanti della stessa lunghezza e per questo è stata chiamata "Visual Word Form Area"(VWFA) o "Area visiva che forma la parola".

QuickTime™ e un decompressore sono necessari per visualizzare quest'immagine.

La VWFA non differenzia tra parole e pseudoparole*, ma risponde più parole che pseudoparole come, per esempio, stringhe di consonanti; di conseguenza, si pensa che la VWFA sia coinvolta nella processazione degli stimoli simili alla parola ma il suo specifico ruolo rimane ancora controverso.

*pseudoparole= per esempio, le parole non pronunciabili

Lo studio di Kronbichler e coll. (2009) di risonanza magnetica funzionale (fMRI) ha confrontato forme devianti con le forme famigliari delle stesse parole fonologiche come, per esempio: TaXi e Taksi vs Taxi e ha trovato che entrambi i tipi di devianza hanno aumentato l'attivazione nelle regioni occipitali-temporali sinistre, corrispondenti alla VWFA. La sensibilità della VWFA ai due tipi di devianza può suggerire che questa regione rappresenti parole visuali ben note non solo come sequenza d'identità di lettere astratte ma anche informazioni sul tipico format delle parole visuali. Gli elementi devianti, insieme all'aumentata attivazione in una regione occipitale-temporale destra, occipitale sinistra e posteriore sinistra, potrebbero riflettere un aumento delle richieste per la processazione delle lettere dovute alle forme devianti.³

La specializzazione funzionale nel cervello è considerata un marchio di garanzia di un processo efficiente, quindi non sorprende che esistano aree cerebrali specializzate per processare le lettere. Per capire meglio le ragioni di tale specializzazione, l'emergenza del quadro di risposta nel flusso di processazione ventrale è stata studiata attraverso un paradigma d'apprendimento. In precedenza, è stato ipotizzato che un quadro di risposta specializzata, osservato durante la percezione delle lettere, poteva essere dovuto in parte all'esperienza di scrittura delle lettere. Il lavoro di James e coll. (2009) ha ipotizzato che l'integrazione della processazione delle lettere attraverso la scrittura porti alla specializzazione funzionale nel sistema visivo. Sono stati testati diversi tipi d'esperienza con stimoli simili a lettere ("pseudolettere"*) nel determinare (o meno) una specializzazione funzionale simile a quella che esiste per le lettere. I quadri d'attivazione neurale sono stati misurati utilizzando la fMRI prima e dopo tre diversi tipi di sessioni di addestramento. I partecipanti sono stati addestrati a riconoscere le pseudolettere con scrittura, stenodattilografia, o

pratica puramente visuale. I risultati hanno suggerito che solo dopo la pratica di scrittura, i quadri d'attivazione funzionale per le pseudolettere sono resi simili ai quadri visti per le lettere; il che significa che l'attivazione neurale nel giro fusiforme sinistro e nel pre-centrale dorsale era maggiore quando i partecipanti vedevano le pseudolettere rispetto ad altri stimoli simili, ma solo dopo l'esperienza di scrittura. L'attivazione neurale è aumentata anche dopo stenodattilografia nel giro fusiforme destro e pre-centrale sinistro, suggerendo che, in alcune aree, qualunque esperienza motoria può modificare la processazione visuale. I risultati dell'esperimento indicano un'interazione intima tra il sistema percettivo e motorio durante la percezione delle pseudolettere, che può essere estesa alla quotidiana percezione delle lettere.⁴

*pseudolettere = segni inventati, senza corrispondenza fra lunghezza dei suoni e quantità di segni

Modelli di lettura

I modelli di lettura maggiormente adottati oggi sono quelli a due vie (Fig.1) che prevedono l'esistenza di almeno due meccanismi separati implicati nell'elaborazione delle stringhe di lettere, uno lessicale e l'altro sublessicale.⁵

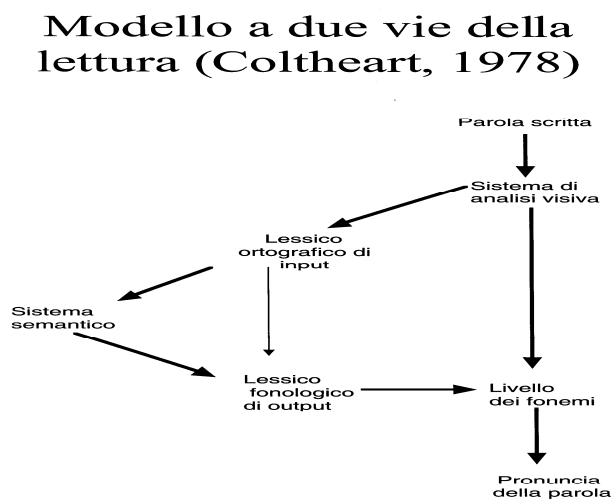


Fig. 1

Il primo meccanismo, specifico per le parole conosciute, opera attraverso un processo di mappatura diretta fra le caratteristiche visive della stringa di lettere, compie un'analisi visiva che identifica le singole lettere che compongono la parola e ne riconosce la posizione all'interno della

stringa e la rappresentazione lessicale, in precedenza immagazzinata, a essa corrispondente. Le rappresentazioni ortografiche sono funzionalmente separate dal lessico fonologico d'entrata e si raccordano con un sistema semantico amodale, a sua volta collegato al lessico fonologico di uscita.

Accanto alla via lessicale, il modello a doppia via prevede l'esistenza di una seconda procedura in grado di leggere parole nuove (mai viste prima) o non parole, quindi in grado di ricodificare fonologicamente stringhe di lettere. Tale operazione di ricodifica utilizza regole astratte di conversione scritto-suono che permettono di tradurre le informazioni grafemiche della stringa scritta nel corrispondente codice fonologico, senza un passaggio attraverso il sistema semantico. Una volta ottenuta una rappresentazione fonologica astratta sia attraverso la via lessicale sia non lessicale, l'informazione passa a un magazzino di memoria a breve termine (buffer fonologico) che mantiene (solo per il tempo necessario a pianificare i processi di articolazione per la produzione ad alta voce) la rappresentazione astratta elaborata negli stadi precedenti.¹

*grafema=un'intera parola; **fonema= il suono linguistico (*fono*) con valore distintivo, in quanto la sua sostituzione contribuisce a cambiare il significato di una parola e che non può essere scomposto in altri segmenti con la stessa funzione (cane-pane)

Riconoscimento della parola scritta

Secondo il *modello ad attivazione interattiva di McClelland e Rumelhart (1981)*⁶, le parole sono rappresentate a tre livelli distinti: *tratti ortografici di base* (per esempio: segmenti), *lettere* e *parole*. I tratti di base sono elaborati per primi e quelli riconosciuti nello stimolo trasmettono la loro attivazione al livello di rappresentazione superiore (lettere); a loro volta, le lettere inviano un'attivazione alle parole con esse compatibili. Il riconoscimento avviene al livello delle parole, "vince" la parola che ha accumulato il più alto grado d'attivazione. L'attivazione può fluire, oltre che dal basso verso l'alto (dai tratti ortografici alle parole) anche *dall'alto verso il basso* (dalle parole ai tratti ortografici) e avvengono processi d'attivazione e d'*inibizione* come, per esempio, tra parole alternative o fra tratti e lettere non compatibili. I concetti corrispondenti alle parole sono rappresentati come nodi di una *rete*; i legami tra i nodi corrispondono a vari tipi di *relazione semantica*. Una volta attivato un nodo, *l'attivazione si propaga* attraverso la rete ai nodi vicini.

L'attivazione diminuisce in funzione della distanza; questo tipo d'organizzazione può contribuire a spiegare il fenomeno del *priming semantico*: quando una parola-target (per esempio: "cane") è preceduta da un'altra parola a essa collegata per significato (per esempio: "gatto") la parola-target viene letta *più rapidamente e accuratamente* e ciò si può spiegare assumendo che l'attivazione del significato GATTO porti (tramite la rete) all'attivazione del significato CANE, che a sua volta attiva la parola "cane".

Si distinguono i principali fenomeni della lettura:

- a) *frequenza*: le parole più *frequenti* sono lette più rapidamente e accuratamente
- b) *regolarità*: quanto più le parole tendono alla *regolarità* tanto più è facilitata la loro lettura
- c) *interazione tra regolarità e frequenza*: l'effetto di regolarità è più forte per le parole a bassa frequenza d'uso
- d) *struttura morfologica*: la lettura di parole nuove (o a bassa frequenza) è facilitata se contengono *morfemi frequenti e riconoscibili*
- e) *lunghezza*: nella lettura ad alta voce, le parole più *lunghe* sono lette più rapidamente
- d) *vicinato*: le parole con meno *vicini ortografici* (ossia, parole che differiscono per una sola lettera dalla parola data) sono lette più facilmente

Il riconoscimento visuale della parola sembra basato su una gerarchia di rilevatori neuronali a complessità crescente dalle singole lettere a bigrammi (coppie ordinate di parole) e morfemi (il più piccolo elemento di una parola o di un enunciato dotato di significato). Nello studio di Vincker e coll. (2007) è stata impiegata la fMRI per verificare se tale gerarchia sia presente nella corteccia occipitale temporale sinistra, nel sito dell'area visuale che forma la parola, con una progressione dalla posizione anteriore a quella posteriore. Nello studio alcuni lettori adulti sono stati esposti a:

- 1) stringhe con caratteri falsi
- 2) stringhe con lettere infrequenti
- 3) stringhe con lettere frequenti ma con rari bigrammi
- 4) stringhe con bigrammi frequenti ma rari quadrigrammi
- 5) stringhe con quadrigrammi frequenti
- 6) parole reali

Lo studio ha evidenziato che l'area visuale temporale occipitale sinistra che forma la parola, lontana dall'essere una struttura omogenea, presenta un alto grado di organizzazione gerarchica spaziale e funzionale che deve risultare da un processo di sintonizzazione durante l'apprendimento della lettura.⁷

Dall'identificazione di lettere alla forma della parola scritta

La prima fase del processo di lettura si basa sulla capacità d'identificare, in parallelo, stringhe di lettere, in maniera rapida e indipendente dal numero di lettere che compongono la stringa (purché non sia superiore a sei), ossia in meno di mezzo secondo un lettore esperto è in grado di compiere un processo di decisione lessicale visiva (decidere se una stringa di lettere corrisponda o no a una parola), indipendentemente dalla ^{posizione}, dimensione e _{tipo} di CARATTERE delle lettere che compongono la stringa in esame. Ne consegue che, durante la lettura, sono trascurate alcune differenze di forma come in "a" e "A" mentre, al tempo stesso, si devono elaborare piccoli dettagli che permettono di distinguere fra loro due lettere come "e" e "c".

Infine, il processo di riconoscimento della parola tiene conto dell'ordine in cui sono disposte le lettere, così da distinguere "dito" da "todi".

Il primo passo consiste nell'identificare le lettere attraverso un meccanismo di combinazione di singoli segmenti orientati su piani diversi*, seguito da un processo che permette la "normalizzazione" delle singole lettere, indipendentemente dal carattere e forma (sistema astratto d'identificazione di lettere). Una volta identificate le singole lettere, il processo prosegue con l'identificazione di coppie di lettere che compongono le singole parole, anche se separate da altre lettere mediante l'attivazione di un rilevatore di diagrammi: per esempio il rilevatore *EN* si attiva in presenza della lettera *E* posta a sinistra della *N* anche se esistono altre lettere che le separano. Così, per esempio, la parola *TICS* è codificata dai seguenti diagrammi: *TI*, *TC*, *IC*, *IS* e *CS***.

Durante l'apprendimento della lettura si svilupperanno di preferenza quei rilevatori di diagrammi che s'incontrano più frequentemente nelle parole scritte: per esempio, per l'italiano si attiverà *EN* per riconoscere parole come "scienza", "mentre", "Firenze", ecc. mentre non si attiverà *ZH* perché tale combinazione è in pratica assente nell'italiano scritto.

Tale processo si estenderà poi al riconoscimento di frammenti di parola con dimensioni sempre maggiori, quali trigrammi, quadrigrammi e intere parole. In particolare, è stato proposto che il sistema astratto di riconoscimento di lettere è organizzato in unità complesse quali morfemi, sillabe o insiemi di consonante-vocale. L'utilità di tali raggruppamenti può facilitare il processo d'elaborazione necessario per realizzare la pronuncia o il significato della stringa in esame: per esempio, la decomposizione in morfemi faciliterà la lettura di parole complesse rappresentate in forma decomposta. Il risultato finale porterà alla rappresentazione astratta della stringa di lettere che compongono la parola (forma visiva della parola). Tale rappresentazione sarà elaborata da meccanismi di tipo sublessicale (conversione grafema-fonema) o sarà elaborata dal sistema semantico-lessicale.

A tale processo di riconoscimento "dal basso" si accompagna un meccanismo di *feedback* a partire dal sistema lessicale: la lettura di parole può avvenire in maniera parzialmente indipendente dalla forma fisica degli stimoli per cui è possibile che NUM3RI e \$IMBOLI assumano il valore di lettere.¹

*Per esempio *T* è composta da due segmenti orientati in maniera diversa (*I* e *-*) mentre *E* è formata da *-*, *e-* e *I*. Ovviamente tale meccanismo è valido per una scrittura di tipo ortografico. ** In alcuni esperimenti di *priming* si è dimostrato che il riconoscimento di una parola è facilitato dalla presentazione precedente di alcune lettere che la compongono purchè l'ordine delle lettere sia preservato (per es.: *grdn* facilita il riconoscimento della parola giardino a differenza di *rgdn*)

Processi di lettura e scrittura

La ricerca sui processi di lettura ha visto l'elaborazione di numerosi modelli, che s'ispirano all'approccio dell'*information processing*. Questi modelli, pur nella loro diversità, condividono l'assunto che la lettura implica un'elaborazione dell'informazione a diversi livelli d'analisi organizzati gerarchicamente: comprendere il significato di un testo implica processi (o sottoprocessi) d'analisi degli elementi visivi (i segni), degli insiemi di lettere, parole e significati. Ciò che è elaborato a ciascun livello d'analisi può costituire un input per il livello superiore, e può a sua volta essere influenzato dall'analisi a tale livello.

Nella lettura si possono individuare le seguenti componenti cognitive, ossia processi verbali semplici:

- a) decodificazione delle parole, cioè la trasformazione di un input stampato nella forma linguistica corrispondente
- b) riconoscimento delle lettere o *pattern* di lettere; questo processo facilita il riconoscimento della parola, anche se questo non significa necessariamente che la lettura sia un processo d'analisi lettera per lettera
- c) recupero del nome: è il processo con cui si produce il nome dopo averlo rintracciato nella memoria, ed è evidente nella lettura stessa ad alta voce
- d) accesso semantico: è l'attivazione dei tratti che compongono il significato di una parola, immagazzinati con la parola stessa nella memoria

La decodificazione di una parola non implica l'accesso semantico, che è invece condizione essenziale per la comprensione della lettura.

Dalle ricerche di Frederiksen (1982)⁸ emerge che i processi d'analisi della parola sono cinque e, precisamente:

- 1) codificazione percettiva di singole lettere
- 2) codificazione percettiva di *pattern* di lettere
- 3) traduzione fonemica, vale a dire l'applicazione di regole di corrispondenza lettera-suono
- 4) automaticità dell'articolazione delle parole (accentazione, caratteristiche prosodiche)
- 5) recupero dalla memoria delle categorie lessicali

Di queste componenti, la codificazione percettiva di *pattern* di lettere è quella che meglio discrimina i livelli di abilità in lettura.

Nei soggetti molto giovani le differenze dipendono da processi verbali semplici; in particolare, la decodificazione è un risultato dell'efficienza acquisita dai bambini nell'elaborazione delle lettere dell'alfabeto; l'efficienza comprende anche una componente generale d'accesso e di recupero del nome dalla memoria.

Segni visuali umani

I segni visuali umani sono stati selezionati per essere letti e distinti sulla sabbia, sul suolo semplice, carta, papiro, pareti e così via, non distinti da sfondi di scenari naturali. La distribuzione di configurazioni trovata negli scenari naturali è costante, in quanto invariata tra ambienti diversi e segni visuali, e le immagini naturali possiedono una distribuzione di configurazione simile.

Nelle forme topologiche dei segni visuali umani sembra esserci regolarità. La distribuzione di configurazione è molto simile in circa 100 sistemi di scrittura non logografica, scrittura cinese e simboli non linguistici. Questa distribuzione di configurazione non deriva da alcuna sovrapposizione semplice, immagini lineari casuali o scarabocchi.

La nozione topologica di “forma” nel senso di “tipo di configurazione” ha un vantaggio su quella geometrica, dove conta la specifica forma del contorno e l’orientamento: tipicamente, ogni dato segno visuale umano può subire una variabilità rilevante nella sua struttura geometrica senza perdere la sua identità ma, tipicamente, la sua topologia non può variare. Ciononostante, ancora non si sa perchè i segni visuali abbiano forme geometriche.

Le forme dei segni visuali sembrano essere selezionate principalmente per la visione a spese del movimento. Questa conclusione è stata tratta esaminando i segni stenografici con quelli dei marchi commerciali: i primi sono selezionati per la scrittura a spese della visione e i secondi sono selezionati per la visione (per essere riconosciuti facilmente dal sistema visivo) a spese del movimento. Più in generale, i segni stenografici non possiedono (ma i marchi commerciali sì), la distribuzione di configurazione trovata nei segni visuali. La complessità motoria non è legata al grado di frequenza dei tipi di configurazione, bensì alla complessità visuale.

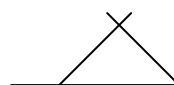
Sebbene la forma dei segni visuali possa essere primariamente selezionata per la visione, esistono pressioni selettive dovute alla scrittura. Per esempio, il segno “drum” richiede una minor complessità motoria rispetto ai suoi segni “limitrofi” vicini pur possedendo una complessità visuale simile:



drum



A'



A-

segni vicini

Il segno di “drum” è più comune dei suoi segni vicini (A' e A-), è inesistente negli scenari naturali e nei marchi commerciali, selezionati interamente per la visione, con poco o nullo contributo motorio. Questo suggerisce che il segno “drum” si può riscontrare come segno visuale semplicemente perché è facile da scrivere e non perché sia facile da vedere (e non perché riscontrabile negli scenari naturali). Inoltre, la nostra nozione di complessità motoria è in qualche modo naturale nella scrittura a mano ma non è appropriata per altri metodi di produzione di segni visuali come, per esempio, scolpire nella pietra o incidere nell'argilla. Sebbene le forme geometriche variano considerevolmente in funzione del genere di strumento, le forme topologiche variano molto meno, essendo primariamente selezionate per la visione (per esempio, i marchi commerciali che tendono a non essere disegnati a mano e possiedono ancora la distribuzione di configurazione).

L'ipotesi ecologica della forma di segni visuali suggerisce una nuova teoria della complessità dello stimolo visuale. Più che pensare che la complessità dello stimolo visuale sia il risultato di specifiche caratteristiche di stimolo (come il numero di angoli) o proprietà matematiche astratte, sembra maggiormente determinata dalla sua probabilità ecologica: i tipi di configurazione più improbabili sono visualmente più complessi (ossia, sono più complessi perché più improbabili e non il contrario).

A differenza del linguaggio parlato, la scrittura richiede un addestramento formale ma, come il linguaggio parlato, i modelli di competenze di scrittura postulano una dipendenza da feedback polisensoriale (visuale e somatosensoriale). E' probabile che la scrittura dipenda dalla funzione parietale, dal momento che un controllo dei movimenti degli arti superiori pone un'enfasi sugli spostamenti dello sguardo, sull'attenzione visuale focalizzata e sulle rappresentazioni predittive del movimento visuale. Queste guidano l'atto di raggiungere, puntare, afferrare e posizionare in modo preciso la mano in risposta agli stimoli visivi.⁹

Scrittura in corsivo

Nel lavoro di Hellige e coll. (2007) è stata studiata l'asimmetria degli emisferi cerebrali su individui madrelingua inglesi durante l'identificazione delle non-parole “consonante-vocale-consonante”(CVC) presentata in: forma stampata, corsivo scritto a mano o corsivo scritto a mano

ma con le lettere separate da piccole distanze. Per tutte e tre le condizioni si sono registrati pochi errori quando gli stimoli erano presentati nel campo visuale destro/emisfero sinistro (RVF/LH), rispetto al campo visuale sinistro/emisfero destro (LVF/RH), e gli errori qualitativi indicavano che l'ultima lettera mancava, molto più della prima, delle prove del LVF/RH ma non del RVF/LH. Nonostante la somiglianza generale, il vantaggio del RVF/LH era inferiore per entrambi i tipi di corsivo rispetto alla forma stampata. Inoltre, la differenza tra gli errori della prima e dell'ultima lettera era inferiore con il corsivo scritto a mano rispetto alla forma stampata, specialmente per le prove del LVF/RH. Questi risultati supportano il maggior contributo dato dall'emisfero destro all'identificazione del corsivo scritto a mano, probabilmente per la complessità visuale e le differenze qualitative della processazione del corsivo rispetto alle parole stampate.¹⁰

Scrittura narrativa

Lo studio di Brownsett e coll. (2010) è il primo riguardante la scrittura narrativa normale sotto il controllo visuale e somatosensoriale, utilizzando la PET*. Esiste un accordo generale sul fatto che la corteccia parietale superiore controlaterale (compresa la corteccia all'interno degli IPS**) sia coinvolta nella scrittura e ciò concorda con gli studi di lesione focale di pazienti con agrafia dovuta a un deficit nell'esecuzione motoria della scrittura piuttosto che a un deficit linguistico centrale. Tuttavia, questo studio ha dimostrato più ampiamente la diffusione dell'attività parietale. E' stata evidenziata un'attività bilaterale nella corteccia parietale superiore e negli IPS, presente anche nella corteccia somatosensoriale parietale superiore per l'arto superiore sinistro, debolmente presente nel SII (corteccia somatosensoriale di secondo ordine) bilaterale e nell'area sensoriale supplementare mediale. Questa attività parietale bilaterale dovrebbe comprendere un numero di processi paralleli. L'esecuzione della scrittura avviene sotto controllo polisensoriale, incluso l'afferrare la penna e i movimenti dell'arto superiore autodiretti per ottenere la forma delle lettere recuperate dalla memoria procedurale. I saccadi*** diretti, con sguardo focalizzato soprattutto sulla punta della penna, darebbero un contributo all'attività, sebbene gli studi sui movimenti oculari durante la scrittura siano scarsi.

Lo studio non è stato sufficientemente sensibile nel rilevare la distinzione tra un'attività differenziale coinvolta nel recupero di molteplici lettere differenti a formare parole e recupero ripetitivo della forma di ogni singola lettera. Processi aggiuntivi dovrebbero comprendere risorse attenzionali e visuospatiali richieste per controllare la disposizione e la ripartizione del testo. L'attività parietale molto estensiva associata alla scrittura non è stata abbinata a quanto osservato durante la produzione del discorso narrativo. Questo studio ha dimostrato un coinvolgimento molto limitato dei lobi parietali nell'organizzazione, esecuzione e monitoraggio dei movimenti complessi dei muscoli che controllano respirazione, laringe e articolazioni durante la produzione di un discorso normale. Questo dato si estende all'assenza (o soppressione) dell'attività all'interno della corteccia somatosensoriale secondaria, regione che risponde, tuttavia, a movimenti articolari senza significato.

Nel complesso, i risultati indicano che l'attività parietale estensiva è coinvolta nella pianificazione, esecuzione e monitoraggio della scrittura, anche se questo coinvolge solo la formazione ripetuta di una singola lettera. I lobi parietali danno un contributo scarso (o nullo) alla pianificazione, esecuzione e monitoraggio dell'articolazione durante la normale produzione del linguaggio parlato. L'attività parietale per il processo linguistico amodale e mnemonico è confinato al giro angolare sinistro; questa regione posteriore è stata spazialmente confrontata con quella associata all'esecuzione della scrittura, ma è un'area osservata ripetutamente negli studi di fMRI del linguaggio.¹¹

*PET=Positron Emission Tomography; **IPS= Intraparietal sulcus (solchi intraparietali); ***Saccade=movimento oculare del tipo più frequente. Consiste in rapidi movimenti degli occhi eseguiti per portare la zona di interesse a coincidere con la fovea. Vengono eseguite in media 3-4 saccadi al secondo. In media, durante la veglia, vengono quindi eseguite circa 150.000 in un giorno.

Modelli cognitivi di scrittura

Attivazione della forma ortografica

In analogia ai modelli di lettura, i modelli attuali di scrittura favoriscono quello a due vie secondo il quale la corretta ortografia può essere ottenuta attraverso due meccanismi, sostanzialmente

autonomi, il primo sublessicale, basato sul processo di conversione fonema-grafema e il secondo di tipo semantico-lessicale.

Il primo meccanismo è composto dai seguenti stadi:

- 1) *analisi acustico-fonologica* dell'input uditivo, con segmentazione in unità più piccole (fonemi, sillabe o alte unità funzionali come i morfemi)
- 2) *conversione* di tali unità fonologiche nelle corrispondenti unità ortografiche
- 3) *assemblaggio* delle unità ortografiche nella corretta stringa di lettere

Il prodotto finale di questo processo è inviato al buffer grafemico.

La seconda procedura di tipo sublessicale esige tempi maggiori della lessicale ed è valida per ottenere una corretta ortografia di parole regolari, caratterizzate da una corrispondenza fonema-grafema costante.

Tuttavia, in italiano e, in misura maggiore, in altre lingue a ortografia opaca, esistono molte parole la cui ortografia non può essere correttamente ottenuta solo attraverso l'applicazione di regole di conversione sublessicale: in italiano, dato che uno stesso suono può essere realizzato con lettere differenti, si potranno ottenere parole omofone, pseudomografe quali *quore* o *cuadro*. Per tali ragioni si è proposto che l'ortografia di parole ad alta frequenza e/o ortografia irregolare sia immagazzinata in un lessico ortografico di uscita. La rappresentazione ortografica astratta così ottenuta sarà inviata al *buffer* ortografico per la scrittura o per lo spelling (compitazione) ad alta voce.

Si ipotizza l'esistenza di una rappresentazione ortografica autonoma da quella fonologica, per la quale la corretta ortografia sarebbe ottenuta come conseguenza dell'attivazione della forma fonologica della parola che si vuol scrivere. Questa ipotesi è sostenuta dall'esistenza nel lessico di parole irregolari e dall'evidenza neuropsicologica; infatti, sono stati descritti pazienti che commettevano errori semantici nella denominazione di una sola modalità di output: per esempio, i pazienti di Hillis e Caramazza (1991)¹² commettevano errori semantici solo nella nominazione orale, con nominazione scritta corretta, mentre il quadro opposto si verifica nel paziente descritto da Hillis (1999)¹³.

Una seconda evidenza neuropsicologica deriva dall'osservazione di pazienti che avevano commesso errori di classe grammaticale solo in una modalità: per esempio, è stato descritto un paziente affetto da un deficit lessicale specifico per i verbi in nominazione orale e per i nomi in nominazione scritta. Tuttavia, nella maggioranza dei casi il danno cerebrale aveva colpito in maniera analoga la rappresentazione ortografica e fonologica: la maggioranza dei pazienti con danno al sistema lessicale o semantico compie un numero simile di errori in nominazione sia scritta che orale, anche se l'errore semantico può essere differente nella modalità scritta rispetto alla nominazione orale (per esempio, richiesto di nominare un "cucchiaino" il paziente dirà "forchetta" e scriverà "coltello").¹

Disegno

Il disegno e la scrittura sono processi complessi che richiedono sincronizzazione dell'attività cognitiva, linguaggio e abilità motorio-percettive e sono stati utilizzati nel trattamento dell'afasia* per migliorare la comunicazione. L'atto del disegnare un oggetto facilita la nominazione, mentre scrivere una parola diminuisce l'accuratezza della nominazione nei soggetti con afasia. Tuttavia, il rapporto tra disegnare un oggetto e il successivo output fonologico non è chiaro. Sebbene l'emisfero destro sia caratteristicamente muto, una ricerca sul cervello diviso (split) evidenzia che l'emisfero destro può integrare disegni e parole, probabilmente attraverso un network semantico. Harrington e coll. (2007) ha ipotizzato che il disegno attivi l'emisfero destro e che le regioni perilesionali sinistre, sparse nei soggetti con afasia, possano contribuire all'attivazione semantica che supporta la nominazione. Undici soggetti destrimani hanno partecipato a uno studio con fMRN che ha coinvolto disegno e scrittura immaginati e 6 su 11 soggetti hanno partecipato a un secondo studio con fMRI che ha coinvolto disegno e scrittura reali. Disegno e scrittura hanno prodotto gruppi simili di mappe cerebrali d'attivazione che comprendevano l'attivazione bilaterale delle aree premotorie, frontali inferiori, temporali inferiori posteriori e parietali. Il confronto tra disegno e scrittura ha rivelato differenze significative nelle aree del cervello note per la processazione del linguaggio e una maggior attivazione dell'emisfero destro col disegno, nelle aree del linguaggio come le aree di Brodmann (BA)46 e BA37.¹⁴

Lo studio di Harrington e coll. (2009) era finalizzato a comprendere come disegnare un oggetto familiare è legato alle semantiche lessicali e, quindi, trovare un metodo attuabile per la riabilitazione dell'afasia. E' stato ipotizzato che gli aspetti semantici del disegnare oggetti familiari rispetto al disegnare non-oggetti porterebbe a un'attivazione maggiore della corteccia temporale inferiore e frontale inferiore dell'emisfero sinistro. Per verificare questa ipotesi, otto soggetti destrimani sono stati sottoposti a un esperimento basato su fMRI che ha confrontato direttamente il disegno di oggetti familiari e non-oggetti impiegando immagini mentali. La simulazione del disegno ha coinvolto una larga, distribuita rete di strutture temporali, parietali e frontali. Confrontando il disegno d'oggetti familiari a non-oggetti, l'attivazione più forte era nell'emisfero sinistro all'interno delle cortecce frontale superiore, parietale inferiore e temporale inferiore. L'attivazione all'interno della corteccia temporale inferiore era associata alla processazione semantica visuale e la nominazione semantica. I risultati dello studio suggeriscono che l'attivazione frontale inferiore anteriore sia legata alla corteccia temporale inferiore e coinvolta nella selezione di caratteristiche semantiche specifiche dell'oggetto così come il recupero dell'informazione riguardante i suoi aspetti percettivi dell'oggetto.¹⁵

*Afasia= disturbo della comprensione e/o produzione del linguaggio non dovuto a deficit sensoriali primari, intellettivi, psichiatrici o debolezza dell'apparato muscolo-scheletrico. E' causata da lesioni alle aree del cervello primariamente deputate all'elaborazione del linguaggio (area di Broca e Wernicke) o ad altre aree di connessione con diversi centri del cervello variamente implicati nella funzione del linguaggio, in genere collocate nell'emisfero sinistro in soggetti destrimani, nel 60% nei soggetti mancini e, nel rimanente 40%, nell'emisfero destro o in entrambe.

Numeri

Si ritiene che esistano meccanismi indipendenti d'elaborazione per parole e numeri in cifra, e che le parole in numero (due tredici), composte da lettere, siano elaborate come le altre classi di parole.

All'interno del lessico i numeri rappresentano una classe particolare in quanto sono comunemente rappresentati in forme diverse dalle parole e richiedono meccanismi specifici d'elaborazione: in particolare, la lettura e la scrittura dei numeri arabi, formati da una serie di cifre di lunghezza variabile prevedono meccanismi diversi di produzione e comprensione. L'indipendenza del lessico

dei numeri da quello d'altre classi è stata definitivamente dimostrata dall'esistenza di pazienti che, in seguito a una lesione cerebrale, hanno dimostrato un deficit del lessico dei numeri a livello concettuale e lessicale, rispetto all'elaborazione di altre classi semantico-lessicali.¹

Difficoltà di scrittura

Errori

Quando una persona deve raggiungere un obiettivo, un sistema nel cervello controlla la sua performance e risponde vigorosamente quando registra un errore. Un potenziale d'azione correlato all'evento (ERP), noto come negatività errore-correlata (ERN) inizia nel momento d'insorgenza della risposta all'errore. La localizzazione della fonte delle mappe di ERN è diffusa nelle corteccia mediana frontale (MFC) e gli studi di neuroimaging hanno confermato la presenza dell'attivazione errore-correlata lungo l'MFC.

In base agli studi sull'ERP, è stato suggerito che l'rACC* (parte anteriore del MFC) possa elaborare le componenti emozionali dei processi di errore. La rACC è stata designata come il "dipartimento affettivo" del cervello, riceve più proiezioni dalle regioni cerebrali limbiche e ha più probabilità di essere attivata in studi che impiegano sonde emotive.

Per testare l'ipotesi per la quale l'attività della rACC riflette un tipo di risposta emozionale in caso di errore, è stata misurata l'attività emodinamica mentre i partecipanti effettuavano un compito d'interferenza di risposta, in cui gli errori erano penalizzati differentemente. Considerando la risposta emotiva a un errore come una reazione a una perdita, abbiamo ipotizzato che un'ulteriore penalizzazione monetaria avrebbe innalzato il senso di perdita nelle regioni cerebrali correlate all'emozione come l'rACC. Nel paradigma sperimentale, gli errori potevano determinare una perdita di danaro, o non vincere danaro, o nessuna delle due.

Le risposte emotive a una prestazione scarsa possono contribuire alla variabilità anatomica della processazione errore-correlata nel MFC, sebbene dovrebbero essere considerate altre

spiegazioni. Tuttavia, il quadro anatomico di questi cambiamenti BOLD (blood oxygenation level-dependent) errore-correlati possono costituire delle chiavi importanti per comprendere disordini dell'emozione come depressione e il disordine ossessivo-compulsivo.¹⁶

*rACC=Corteccia Cingolata Anteriore rostrale

Disgrafia

La disgrafia è una specifica disabilità dell'apprendimento che influisce sulla facilità con cui i bambini acquisiscono il linguaggio scritto e come utilizzano il linguaggio scritto per esprimere i loro pensieri.

“Disgrafia” è una parola greca, la base della parola “graf” si riferisce sia alla funzione della mano nella scrittura sia alle lettere formate dalla mano; il prefisso “dis” indica che esiste una disabilità.

“Graf” si riferisce alla produzione delle forme delle lettere con la mano, il suffisso “ia” si riferisce all'esistenza di questa condizione, così “disgrafia” è la condizione di disabilità della mano nello scrivere le lettere, ossia la disabilità della scrittura a mano e, qualche volta, dell'ortografia.

Occasionalmente, i bambini hanno proprio problemi d'ortografia e non di scrittura a mano.

Le ricerche hanno dimostrato che la codifica ortografica nella memoria di lavoro è legata alla scrittura a mano. Il “codice ortografico” si riferisce alla capacità d'immagazzinare parole scritte non familiari nella memoria di lavoro, mentre le lettere di una parola sono analizzate durante l'apprendimento della parola o l'abilità di creare una memoria permanente di parole scritte legate alla loro pronuncia e significato. I bambini con disgrafia non hanno un disordine motorio primario dello sviluppo (altra causa di scarsa scrittura a mano), ma possono avere difficoltà nel pianificare i movimenti sequenziali delle dita come il tocco del pollice alle dita successive della stessa mano.

La disgrafia può instaurarsi da sola o con dislessia (disabilità della lettura) o con disabilità dell'apprendimento della lingua orale e scritta. I bambini con dislessia hanno una disabilità nella codifica ortografica e fonologica, nella rapida nominazione automatica e nelle modifiche. La codifica fonologica si riferisce al codificare i suoni nelle parole pronunciate nella memoria di lavoro,

è necessaria per sviluppare la consapevolezza fonologica, ossia analizzare i suoni nelle parole pronunciate che corrispondono alle lettere dell'alfabeto. Se un bambino ha sia disgrafia sia dislessia, può avere difficoltà nel pianificare i movimenti sequenziali delle dita.

I disordini del linguaggio come, per esempio, la morfologia (parti di parole che connotano significati e grammatica), sintassi (strutture per ordinare le parole e comprendere le funzioni della parola), trovare le parole nella memoria e/o fare inferenze che vanno oltre a ciò che è nel testo, influenzano la lingua parlata così come quella scritta. I bambini che presentano questo genere di disordini del linguaggio possono presentare gli stessi disordini dei bambini con disgrafia e dislessia.¹⁷

Agrafia

Esiste una controversia circa le basi neurali della scrittura e la sua relazione con i siti che sovrintendono al linguaggio. L'obiettivo dello studio di Scarone e coll. (2009) era analizzare le aree funzionali coinvolte nel network della scrittura, basato sulle osservazioni di diversi disordini postoperatori della scrittura in una popolazione di pazienti senza agrafia preoperatoria. Sono stati analizzati i profili di agrafia postoperatoria di 15 pazienti sottoposti a chirurgia per glomi di basso grado (LGG) cerebrale in aree funzionali del linguaggio, utilizzando una mappatura elettrica in anestesia locale. Questi profili sono stati poi correlati ai siti delle lesioni visualizzati mediante imaging cerebrale preoperatorio.

I risultati hanno dimostrato che: a) la scrittura è supportata, almeno parzialmente, da una rete di cinque aree localizzate nell'emisfero dominante per il linguaggio (regione parietale superiore, giro sopramarginale, seconda e terza convoluzione frontale, area motoria supplementare e insula) e ognuna di queste aree sembra avere un ruolo differente nella scrittura. Solo i pazienti con le lesioni dell'area motoria supplementare non hanno recuperato l'agrafia nel periodo postoperatorio (50% dei casi). Questi risultati, e alla luce della recente letteratura, indicano la rilevanza d'ogni area della rete anatomo-funzionale così come le implicazioni cliniche di una miglior conoscenza della base neurale della scrittura, specialmente per la chirurgia cerebrale e per la riabilitazione funzionale.¹⁸

Trenta anni fa è iniziata l'osservazione di pazienti con deficit sproporzionato della scrittura di "non parole" rispetto alla scrittura di parole (agrafia fonologica); in alcuni casi l'incapacità di scrivere "non parole" non era sostenuta da un deficit fonologico in quanto il paziente riusciva a ripetere correttamente sia parole sia "non parole".

Un particolare tipo di disgrafia colpisce la scrittura di parole a ortografia irregolare per le quali la corretta ortografia non può essere recuperata attraverso le regole di conversione fonema-grafema: "non parole" omofone ma non omografe, ottenute applicando meccanismi di conversione sublessicale (agrafia lessicale o di superficie).

Soggetti normali per età e scolarità potevano compiere un numero considerevole d'errori (20%) ma con caratteristiche diverse: la maggior parte erano lapsus, mentre gli altri erano distribuiti fra errori che riflettevano l'uso di una strategia sublessicale propria della lingua dalla quale era presa a prestito la parola e solo una minoranza erano errori di superficie.

In una serie di lavori sono stati descritti alcuni casi di pazienti il cui il deficit di scrittura era conseguente a un danno del buffer ortografico: gli errori di scrittura erano infatti caratterizzati da una selettiva incapacità di recuperare le consonanti o le vocali (*Bologna* → *Blgn*). Di contro, tutti gli errori riflettevano un mantenimento della struttura grafo-tattica della lingua materna con mantenimento dei cluster grafo-tattici (insiemi di consonanti all'interno della parola come, per esempio: nt, st, pr). L'analisi degli errori dimostra quindi che il deficit di scrittura è conseguente a una scorretta rappresentazione ortografica e non sostenuto da un deficit fonologico.¹

Mancinismo

La "dominanza" è definita come la conquista di un emisfero cerebrale ed è carente nei portatori di handicap, nei bambini di età inferiore ai due anni, in soggetti con problemi neurologici.

Come noto, i metodi d'insegnamento favoriscono l'emisfero sinistro rispetto al destro: lettura, componimento, analisi logica, esami scritti, poco per arte e musica.

Nei destrimani comanda l'emisfero sinistro, razionale e verbale; sono in numero maggiore per abitudine e selezione della funzione che, fortemente stimolata, influisce sul sistema nervoso centrale.

I mancini possiedono una minor accentuazione di dominanza, un aspetto diversificato delle infinite possibilità di espansione. Il mancino ha una grande organizzazione dei centri di destra, è favorito nelle decisioni brevi, quando la rapidità di azione conta più della precisione. L'apprendimento dinamico visivo-spaziale avviene nell'emisfero destro, come nel destrimane, e i movimenti di risposta sono comandati dallo stesso emisfero (la mano sinistra è controllata direttamente dall'emisfero destro). Nei destrimani il trasferimento dell'informazione da un emisfero all'altro richiede millesimi di secondo in più e non è richiesta nei mancini, con conseguente guadagno di tempo come, per esempio, negli sport di squadra, combattimento, opposizione. Nei mancini l'emisfero destro controlla più funzioni che nel destrimane.

La "lateralità" è la predominanza di una parte del corpo, con un uso abituale di mano, piede, occhio, posti sul medesimo lato. E' una realtà corporea motoria, con un uso abituale e privilegiato di un emisfero rispetto all'altro.

La lateralizzazione definisce la dominanza destra e sinistra, è innata per ereditarietà, e acquisita per il continuo interscambio ambientale. Inizialmente è funzione neurofisiologica: fino a 5-6 anni ci può essere lateralizzazione, ma non conoscenza; dal settimo anno in poi si ha conoscenza del lato preferito. La lateralità è conseguenza diretta della dominanza emisferica, e termina a 7-8 anni circa.

La maggior parte degli esseri umani mostra qualche grado di lateralità; a differenza degli altri primati, la maggior parte degli uomini preferisce la mano destra per la manipolazione esperta. Indipendente dal retroterra culturale, il 90% degli uomini è destrimane. La lateralità è stata attribuita a fattori genetici ma l'esatta base e le correlazioni neuronali devono ancora essere stabilite completamente. Alcuni studi *post mortem*, strutturali e di fMRI hanno dimostrato asimmetrie degli emisferi strutturali e funzionali tra adulti destrimani e mancini. Tuttavia, questi studi non consentono d'inferire se le differenze correlate alla lateralità siano determinanti o riflettano una conseguenza di lungo termine dell'uso corrente della mano. Per risolvere questa ambiguità sono stati studiati individui primariamente mancini forzati – da bambini – a scrivere con la mano destra. I mancini "convertiti", modificati a destrimani per scrivere, di solito continuano a usare di preferenza la mano sinistra per molte delle loro attività. I quadri di riorganizzazione

neuronali trovati nei soggetti mancini convertiti portano a due distinte correlazioni neurali di lateralità nelle corteccie sensomotorie esecutive e associative.

Sebbene le rappresentazioni esecutive in SM1 (area sensomotoria primaria della mano) e PMd (corteccia premotoria dorsale) caudale siano più flessibili e possano essere influenzate dall'uso preferenziale della mano nel corso della vita, le rappresentazioni nelle aree sensomotorie di ordine superiore dell'emisfero dominante (ossia, nella corteccia parietale inferiore e PMd rostrilaterale) non possono essere invertite dall'addestramento; al contrario, queste rappresentazioni d'ordine superiore sono paradossalmente consolidate dagli sforzi d'invertire la lateralità della scrittura.¹⁹

Crampo dello scrivano

Il crampo dello scrivano è una distonia focale specifica primaria dell'età adulta, un fenomeno debilitante raro. Questa distonia è caratterizzata da abnormi movimenti o posizioni dell'arto superiore, a causa di contrazioni muscolari inappropriate e protratte che interferiscono con il movimento della scrittura.

Si ritiene generalmente che le distonie focali specifiche siano dovute a una combinazione tra vulnerabilità individuali e fattori ambientali; tuttavia, i fattori di rischio di queste distonie, incluso il crampo dello scrivano, sono poco conosciute.

L'associazione più forte con l'insorgenza del crampo dello scrivano risulta il tempo impiegato a scrivere ogni giorno e durante l'anno precedente l'insorgenza, suggerendo un suo ruolo d'innesco. Altre caratteristiche della scrittura come mancinismo, condizioni di stress o scelta dello strumento di scrittura non sono associate al crampo dello scrivano, mentre lo sono la miopia e i traumi alla testa (ma non i traumi periferici).

In queste condizioni, i meccanismi omeostatici che regolano la plasticità corticale possono essere compromessi, portando al consolidamento di programmi motori abnormi con quadri d'attivazione muscolare alterata. I pazienti con distonia focale hanno una plasticità corticale sensomotoria eccessiva e una risposta regolatoria omeostatica compromessa. Queste anomalie possono spiegare perché alcuni soggetti sono più predisposti alla distonia in condizioni che richiedono

maggiori risposte adattative, e possono rappresentare un endofenotipo della malattia. In questo contesto è concepibile che la miopia aumenti le richieste adattative per la corretta performance dei compiti motori, e può spiegare l'associazione tra miopia e crampo dello scrivano.²⁰

Leggere con le dita: il codice Braille

Il sistema Braille è un codice di lettura e scrittura tattile introdotto nella prima metà dell'Ottocento che permette ai ciechi di leggere e scrivere e si basa sulla combinazione di sei punti in rilievo che, disposti su due colonne e tre righe (cella Braille) consentono di rappresentare lettere dell'alfabeto, numeri, punteggiatura, simboli matematici e note musicali. Le lettere dell'alfabeto derivano dalla diversa combinazione e dal numero variabile dei punti in ogni singola cella, così da ottenere 64 diverse combinazioni.

La scrittura Braille (che avviene da destra a sinistra) avviene posizionando di un foglio di cartoncino o plastica in un'apposita tavoletta e l'uso di un punteruolo per imprimere in ogni singolo punto all'interno d'ogni cella, così da rappresentare ogni simbolo grafico.

La lettura, a sua volta, consiste nella percezione e riconoscimento delle diverse combinazioni dei punti in rilievo corrispondenti alle singole lettere, con un movimento di *scanning* delle righe composte dalle varie celle. Una volta esplorata una riga, si passa alla riga sottostante così da continuare la lettura del testo. La velocità di lettura, in genere inferiore a quella per via visiva, dipende dalla competenza del lettore, dall'età d'apprendimento, e da altre variabili.

La lettura in Braille avviene attraverso la percezione tattile, mediata dalla corteccia sensoriale-motoria posta nel lobo parietale, quindi è necessario un complesso processo di riorganizzazione funzionale della corteccia cerebrale così da poter trasformare i quadri di percezione tattile in stimoli linguistici.

La rappresentazione neuronale del dito "lettore" è maggiore rispetto alle altre dita e si è ipotizzato una relazione fra l'uso di un circuito cerebrale e la sua rappresentazione neurologica. Inoltre, la lettura in Braille determina un'attivazione delle aree occipitali in soggetti ciechi dalla nascita o

diventati tali in età prescolare. Analogamente, la stimolazione magnetica transcranica ripetitiva (rTMS) in zona occipitale, con effetti di deattivazione temporanea dell'area cerebrale sottostante, interferisce negativamente nella lettura in Braille.

Si può affermare che la lettura in Braille rappresenta un modello di plasticità neuronale per cui la corteccia cerebrale occipitale (geneticamente destinata all'elaborazione di stimoli visivi) è coinvolta in compiti di trasformazione linguistica di stimoli tattili, così da consentire la lettura attraverso il tatto.¹

Bibliografia

- 1) Denes G Parlare con la testa. 2009 Zanichelli editore
- 2) Bara BG Il sogno della permanenza. 2003 Bollati Boringhieri editore
- 3) Kronbichler M et al On the functional neuroanatomy of visual word processing: effects of case and letter deviance. *J Cogn Neurosci* 2009; 21(2): 222-29
- 4) James KH, Atwood TP The role of sensorimotor learning in the perception of letter-like forms: tracking the causes of neural specialization for lettera. *Cogn Neuropsychol* 2009; 26(1): 91-110
- 5) Coltheart M et al DRC: a dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review* 2001; 108(1): 2014-56
- 6) McClelland JL, Rumelhart DE An interactive activation model of context effects in letter perception. Part 1. An account of basic findings. *Psychological Review* 1981; 88(5): 375-407
- 7) Vincker F et al *Neuron* 2007; 55(1): 143-156 James KH, James TW. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience* 2005; 5(4): 452-64
- 8) Frederiksen C *Writing. The nature, development and teaching of written communication.* Hillsdale New Jersey, Laurence Erlbaum Associated Publishers 1982, vol 2
- 9) Changizi MA et al The structures of lettera and symbols throughout human history are selected to match those found in objects in natural scenes. *The American naturalist* 2006; 167(5): E117-E139
- 10) Hellige JB, Adamson MM Hemispheric differences in processing handwritten cursive. *Brain Lang* 2007; 202(3): 215-27
- 11) Brownsett SL, Wise RJ The contribution of the parietal lobes to speaking and writing. *Cerebral Cortex* 2010; 20: 517-23
- 12) Hillis AE, Caramazza A Category-specific naming and comprehension impairment: a double dissociation. *Brain* 1991; 114(Pt 5): 2081-94
- 13) Hillis AE, Caramazza A Mechanisms for accessing lexical representations for output: evidence from a category-specific semantic deficit. *Brain Lang* 1991; 40(1): 106-44
- 14) Harrington GS et al Comparison of the neural basis for imagined writing and dawning *Hum Brain Mapp* 2007; 28(5): 450-59
- 15) Harrington GS et al The neural basis for simulated deawing and the semantic implications. *Cortex* 2009; 45(3): 386-93.
- 16) Taylor SF et al Medial frontal cortex activity and loss-related responses to errors. *The Journal of Neuroscience* 2006; 26(15): 4063-70
- 17) International Dyslexia Association-Fact Sheet 2009
- 18) Scarone P et al Agraphia after awake surgery for brain tumor: new insights into the anatomo-functional network of writing. *Surg Neurol* 2009; 72(3): 223-241; Epub 2009 Jul 23
- 19) Kloppel S et al Can left-handedness be switched? Insights from an early switch of handwriting. *The J Journal of Neuroscience* 2007; 27(29): 7847-53
- 20) Roze E et al Case-control study of writer's cramp. *Brain* 2009;132: 756-64

Come pubblicare su Neuroscienze.net

Neuroscienze è una rivista on-line di informazione scientifica che tratta tematiche di Neuroscienze, Psicologia e Scienze Cognitive.

Chi può collaborare?

Se sei un medico, un neurologo, uno psichiatra, uno psicologo, o se hai conoscenze specifiche di neuroscienze, psicologia o scienze cognitive in genere, **Neuroscienze** ti offre la possibilità di collaborare inviando i tuoi lavori.

Che percorso farà il tuo articolo?

Gli articoli ricevuti verranno considerati per la pubblicazione dall'[Editorial Board](#) e successivamente inviati ai referee per la valutazione.

Come devono essere gli articoli?

Per poter essere pubblicato su **Neuroscienze**, il tuo lavoro deve rispettare le prescrizioni contenute nella pagina "[LINEE GUIDA PER GLI AUTORI](#)".

Come inviare il tuo articolo?

Per inviare il tuo articolo a **Neuroscienze** devi essere registrato al portale ed aver effettuato l'accesso con username e password forniti al momento dell'iscrizione. A quel punto potrai accedere direttamente alla zona riservata ed inserire autonomamente il tuo articolo.

Linee Guida per gli Autori

Tutti i manoscritti sono soggetti a revisione redazionale. La presentazione di un articolo per la pubblicazione NON implica il trasferimento del diritto d'autore da parte dell'autore all'editore. Tutti i documenti sono pubblicati sotto [Licenza Creative Commons](#). E' responsabilità dell'autore ottenere il permesso di riprodurre immagini, tabelle, ecc da altre pubblicazioni.

Requisiti

Titolo, Autore e sottotitolo: titolo, nome dell'autore e un sottotitolo sono necessari.

Parole chiave (keywords): per motivi di indicizzazione, un elenco di 3-10 parole chiave è essenziale.

Abstract: Ogni articolo deve essere accompagnato da un Abstract di un massimo di 10 righe.

Note: Evitare le note a piè di pagina. Quando necessario, numerarle consecutivamente e riportare le diciture appropriate a piè di pagina.

Bibliografia: nel testo segnalare i riferimenti degli autori (cognomi ed anno di pubblicazione) tra parentesi. L'elenco dei riferimenti deve essere in ordine alfabetico secondo il cognome del primo autore di ogni riferimento. Il cognome di ogni autore è seguito dalle iniziali del nome. Si prega di citare tutti gli autori: 'et al.' non è sufficiente. A questi devono seguire: l'anno tra parentesi, titolo, rivista, volume e numero delle pagine.

Esempi:

Articoli pubblicati su Giornale: Gillberg, C. (1990). Autism and pervasive developmental disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 31, 99–119.

Libri: Atkinson, J. (2000). *The developing visual brain*. Oxford: Oxford University Press Oxford Psychology Series.

Contributi a Libri: Rojahn, J, e Sisson, L. A. (1990). Stereotyped behavior. In J. L. Matson (Ed.), *Handbook of behavior modification with the mentally retarded* (2nd ed.). New York: PlenumPress.

Pubblica un Articolo

Dopo esserti registrato al portale, invia il tuo articolo dalla pagina:

http://www.neuroscienze.net/?page_id=1054