

IL BRAILLE: ASPETTI PERCETTIVI, LINGUISTICI E NEUROLOGICI
DELLA LETTURA ATTRAVERSO IL TATTO
CHIARA TADDEI

1. Cenni storici

Il sistema di lettura e scrittura Braille prende il nome dal suo inventore, Louis Braille (1809-1852) che, divenuto cieco a tre anni in seguito a un incidente nel laboratorio del padre artigiano, nel 1825 codificò l'alfabeto francese. Braille tenne conto delle peculiarità percettive dei polpastrelli delle dita, affrancandosi da quei metodi di lettura per ciechi basati sulla trasposizione in rilievo delle lettere dell'alfabeto, metodi evidentemente troppo complessi, che non rispondevano alle normali esigenze di concisione, precisione e chiarezza necessarie per una lettura scorrevole e sicura. Il francese prese a modello del suo sistema il codice di scrittura notturna del militare Charles Barbier de la Serre, in cui venivano utilizzate combinazioni di punti in rilievo per riprodurre i diversi fonemi della lingua francese e che aveva come scopo lo scambio di messaggi nell'oscurità. Braille modificò il sistema di Barbier, attuando un'opera di semplificazione e conservazione, ovverosia ridusse il numero dei punti e mantenne le lettere dell'alfabeto, in modo tale da realizzare un insieme di lettere dato dalla combinazione di un determinato numero di punti riconoscibili al tatto. Nel 1825 Braille aveva già codificato

l'alfabeto, tre anni dopo risolto le questioni riguardanti il codice musicale e nel 1829 completò il primo manuale del suo sistema.

Il Braille, scritto inizialmente a mano con tavoletta e punteruolo, punto dopo punto, successivamente battuto sulla carta da particolari macchine dattilografiche, attualmente impresso da stampanti e impiegato dai terminali tattili direttamente collegati col computer, si è dimostrato strumento fondamentale per l'educazione, il lavoro e il tempo libero dei non vedenti, in definitiva uno strumento di emancipazione ed integrazione al tempo stesso.

2. Caratteristiche del codice Braille

Il Braille è un codice di lettura e scrittura tattile basato su sei punti in rilievo, mediante il quale è possibile rappresentare le lettere dell'alfabeto, la punteggiatura, i numeri, i simboli matematici e quelli musicali. I caratteri sono ottenuti dalla combinazione di sei punti disposti in due colonne e tre righe a formare la cosiddetta cella Braille (fig.1), che, date le sue dimensioni¹, consente la percezione della cella stessa sia nella sua interezza che nei singoli elementi che la compongono. I caratteri dell'alfabeto derivano dalla diversa collocazione e dal numero variabile dei punti, combinando i quali si possono ottenere 64 configurazioni diverse a cui si aggiungono dei

¹ La cella Braille standard misura 7x4 mm, per un massimo di 6 punti e un minimo di uno (ad eccezione dello spazio, segnalato con una cella vuota).

gruppi di carattere Braille per rappresentare particolari simboli grafici (come le maiuscole o i numeri).

FIG.1 Cella Braille a 6 punti

Per convenzione, nell'insegnamento del Braille – soprattutto ad adulti – i singoli punti vengono indicati con un numero che ne identifica la posizione all'interno della cella: dunque, i punti sono numerati dall'uno al sei e, muovendo dall'alto nella colonna a sinistra, troviamo i punti 1 o punto in alto a sinistra, 2 o punto in centro a sinistra, 3 o punto in basso a sinistra; nella colonna di destra troviamo i punti 4 o punto in alto a destra, 5 o punto in centro a destra, 6 o punto in basso a destra.

1 ○ ○ 2
2 ○ ○ 5
3 ○ ○ 6

Il sistema di scrittura Braille segue delle regole combinatorie piuttosto schematiche, brevemente descritte nelle didascalie alle tabelle che seguono, nelle quali sono riportati i caratteri dell'alfabeto (Tab. 1-4). Come emerge dalle illustrazioni, è opportuno operare una distinzione tra lettura e scrittura, dato che, in Braille, la scrittura va da destra verso sinistra, ovverosia è speculare alla lettura, in quanto i punti in rilievo vengono percepiti (letti) dalla parte opposta del foglio.

TAB. 1

Le lettere dalla *a* alla *j* sono date dalla combinazione dei punti 1, 2, 4 e 5, per cui occupano la parte superiore della cella. La maggior parte dei caratteri è basata su questa prima serie di lettere che viene ripetuta con l'aggiunta di altri punti o riprodotta nella parte inferiore della cella.

<i>lettura</i>	<i>carattere</i>	<i>scrittura</i>	<i>lettura</i>	<i>carattere</i>	<i>scrittura</i>
OO OO OO	a	OO OO OO	OO OO OO	b	OO OO OO
OO OO OO	c	OO OO OO	OO OO OO	d	OO OO OO
OO OO OO	e	OO OO OO	OO OO OO	f	OO OO OO
OO OO OO	g	OO OO OO	OO OO OO	h	OO OO OO
OO OO OO	i	OO OO OO	OO OO OO	j	OO OO OO

TAB. 2

Le lettere da *k* a *t* rappresentano la seconda serie di caratteri tipicamente formati sulla base delle lettere della prima serie (*a-j*) aggiungendo i punti 3 e 6².

<i>lettura</i>	<i>carattere</i>	<i>scrittura</i>	<i>lettura</i>	<i>carattere</i>	<i>scrittura</i>	<i>lettura</i>	<i>carattere</i>	<i>scrittura</i>	<i>lettura</i>	<i>carattere</i>	<i>scrittura</i>
OO OO OO	k	OO OO OO	OO OO OO	l	OO OO OO	OO OO OO	m	OO OO OO	OO OO OO	n	OO OO OO

² Si noti che la lettera *w* non segue questa regola, in quanto non era stata prevista dall'inventore del codice perché non compresa nell'alfabeto francese. Introdotta in seguito, è data dalla combinazione dei punti 2, 4, 5, 6.

<i>lettura</i>	<i>carattere</i>	<i>scrittura</i>	<i>lettura</i>	<i>carattere</i>	<i>scrittura</i>	<i>lettura</i>	<i>carattere</i>	<i>scrittura</i>	<i>lettura</i>	<i>carattere</i>	<i>scrittura</i>
OO OO OO	o	OO OO OO	OO OO OO	p	OO OO OO	OO OO OO	q	OO OO OO	OO OO OO	r	OO OO OO
OO OO OO	s	OO OO OO	OO OO OO	t	OO OO OO	OO OO OO	u	OO OO OO	OO OO OO	v	OO OO OO
OO OO OO	w	OO OO OO	OO OO OO	x	OO OO OO	OO OO OO	x	OO OO OO	OO OO OO	z	OO OO OO

TAB. 3

Le vocali accentate sono rappresentate da caratteri che non richiamano in nessun modo la vocale corrispondente; inoltre la rappresentazione delle lettere accentate varia da lingua a lingua a seconda del carattere speciale utilizzato.

<i>lettura</i>	<i>carattere</i>	<i>scrittura</i>	<i>lettura</i>	<i>carattere</i>	<i>scrittura</i>	<i>lettura</i>	<i>carattere</i>	<i>scrittura</i>
OO OO OO	à	OO OO OO	OO OO OO	è	OO OO OO	OO OO OO	ì	OO OO OO
OO OO OO	ò	OO OO OO	OO OO OO	ù	OO OO OO			

TAB. 4

I principali segni di punteggiatura vengono riprodotti riprendendo i caratteri della prima serie e spostandoli nella parte inferiore della cella, punti 2, 3, 5 e 6.

<i>lettura</i>	<i>carattere</i>	<i>scrittura</i>	<i>lettura</i>	<i>carattere</i>	<i>scrittura</i>
OO OO OO	?	OO OO OO	OO OO OO	!	OO OO OO

<i>lettura</i>	<i>carattere</i>	<i>scrittura</i>	<i>lettura</i>	<i>carattere</i>	<i>scrittura</i>
oo oo oo	-	oo oo oo	oo oo oo	.	oo oo oo
oo oo oo	:	oo oo oo	oo oo oo	'	oo oo oo
oo oo oo	,	oo oo oo	oo oo oo	;	oo oo oo

Data la natura combinatoria del codice Braille, è palese la disposizione di un numero limitato di caratteri, che comporta, tra l'altro, la mancanza di lettere "di base" per rappresentare le **lettere maiuscole**. A ciò si ovvia antepoendo un carattere particolare alla minuscola, detto *segna maiuscola*, dato dai punti 4 e 6 (fig.2).

FIG.2 *Il carattere speciale di segna maiuscola ed esempio di formazione di lettera maiuscola.*

o	<i>Il segna maiuscola</i>	o	o	A
o	(\$)	o		

I **numeri** vengono rappresentati mediante le dieci lettere della prima serie precedute dal carattere speciale di *segna numero* (fig. 3), punti 3, 4, 5 e 6. Nel caso di numeri formati da più cifre, il segna numero viene posto solo davanti alla prima cifra.

FIG. 3 Il carattere speciale di segna numero e, di seguito, esempio di formazione di un numero.

$\begin{matrix} \circ \\ \circ \\ \circ\circ \end{matrix}$	<i>Il segna numero (#)</i>	$\begin{matrix} \circ \\ \circ \\ \circ\circ \end{matrix}$	\circ	1
--	--------------------------------	--	---------	-----

La rappresentazione dei **simboli matematici** (fig. 4) è una delle questioni più complesse da risolvere sia per la quantità notevole di simboli e, parallelamente, per il numero limitato dei caratteri Braille, sia perché la trascrizione di operazioni molto lunghe, richiedendo l'impiego di più righe e, contestualmente, non permettendo una visione d'insieme della struttura dell'operazione, comporta difficoltà nella comprensione.

FIG. 4 Esempio di alcuni caratteri matematici.

$\begin{matrix} \circ\circ \\ \circ \end{matrix}$	+	$\begin{matrix} \circ\circ \\ \circ\circ \end{matrix}$	-	$\begin{matrix} \circ \\ \circ\circ \end{matrix}$	x	$\begin{matrix} \circ\circ \\ \circ \end{matrix}$:	$\begin{matrix} \circ\circ \\ \circ\circ \end{matrix}$	=
---	---	--	---	---	---	---	---	--	---

Il Braille a 6 punti non è il solo sistema di scrittura esistente: troviamo anche il Braille a 8 punti (fig.5), in realtà non molto utilizzato nella produzione di testi, tuttavia spesso associato all'uso del computer in quanto rende più pratica ed efficiente la lettura con il *display* Braille. Infatti, la nascita del Braille a 8 punti è sorta proprio dalla necessità di codificare i diversi caratteri rappresentabili sullo schermo del computer: ciò ha comportato l'estensione del sistema

tradizionale a cui si sono aggiunti due punti. Ne è derivata la riproduzione di tutti i caratteri ricorrendo ad una singola cella: aggiungendo ai sei punti base il punto 7 e il punto 8, si possono ottenere 256 combinazioni diverse, pari al numero dei caratteri di una delle codifiche informatiche più diffuse, ovverosia il codice ASCII³.

FIG. 5 Cella Braille a 8 punti

1	●	●	2
2	●	●	5
3	●	●	6
7	●	●	8

Il Braille a 8 punti, proprio per il numero maggiore di configurazioni ottenute dalle varie combinazioni, rende parzialmente più agevole la lettura della matematica, in quanto consente di produrre un testo relativamente più compatto, meno ingombrante.

Per le sue caratteristiche, la scrittura Braille richiede molto più spazio della scrittura in nero⁴, fatto che ha comportato l'introduzione, in alcune lingue, di un codice alternativo, o meglio, modificato, detto

³ Il Braille a 8 punti, a differenza di quello a 6 punti, non prevede l'uso di caratteri speciali quali per le maiuscole e i numeri, caratteri rappresentati, rispettivamente, aggiungendo il punto 7 alla lettera minuscola e il punto 6 alle lettere della prima serie, lettere adibite, ricordo, alla resa dei numeri. Lo 0 fa eccezione, in quanto, altrimenti, risulterebbe identico alla *w*, per cui è dato dai punti 3, 4, 6. Le lettere accentate sono rese aggiungendo il punto 8 alle vocali.

⁴ In media, ad una pagina in nero corrispondono 4 pagine in Braille.

Braille di grado 2 o Braille contratto, in cui, tipicamente, viene utilizzato un singolo segno Braille per rappresentare singole parole o particolari gruppi di lettere (ad esempio, in inglese, si ricorre ad un carattere contratto per la rappresentazione del morfema funzionale *-ing*). In Italia questo tipo di codice esiste, ma non viene utilizzato a differenza di paesi anglosassoni e francofoni in cui la maggior parte dei testi è scritta in Braille contratto.

3. Scrivere in Braille

Come precedentemente accennato, vari sono gli strumenti di scrittura Braille che, ovviamente, si sono modificati nel tempo, consentendo una maggiore velocità, nonché precisione. Si passa da tavoletta e punteruolo alla dattilobraille nonché alle moderne e sofisticate stampanti Braille.

La tavoletta Braille (fig.6) è costituita da un piano rettangolare in plastica o in metallo che presenta una serie di scanalature orizzontali equidistanti e un telaio che consente di fissare il foglio e che viene impiegato come una sorta di guida su cui far scorrere un righello formato da due righe di caselline della medesima dimensione della cella Braille⁵.

⁵ Vi sono tre diversi formati di tavolette, che vanno da una dimensione grande, costituita da 30 caselle per 36 righe, a una media, data da 24 caselle e 22 righe, a una cosiddetta tascabile, di 24 caselle per 3 righe.

FIG.6. *Esempio di tavoletta Braille*



Il processo di scrittura prevede il posizionamento del foglio tra il piano e il telaio, del righello all'altezza a cui si vuole scrivere e l'uso del punteruolo per imprimere ogni singolo punto all'interno di ogni singola cella.

La dattilobraille è una macchina da scrivere in Braille che, fondamentalmente, si differenzia dalle macchine in nero in quanto non possiede un tasto per ogni carattere; nella fattispecie, dispone di sei tasti che corrispondono ai sei punti della cella Braille, di un tasto per la spaziatura, uno per andare a capo e uno per tornare indietro di una posizione⁶. La scrittura di un carattere è resa dalla pressione simultanea dei tasti relativi ai punti che lo compongono⁷.

⁶ Vi sono due tipi di dattilobraille, ovverosia meccaniche ed elettroniche. Tra queste ultime, le più sofisticate consentono operazioni aggiuntive rispetto a quelle di

Tra gli strumenti tecnologicamente più avanzati troviamo le stampanti Braille, di vario tipo, con caratteristiche diverse⁸, mediante le quali un testo al computer può essere riprodotto utilizzando semplicemente adeguati programmi di traduzione e formattazione.

4. Tatto, spazio e lettura Braille

La lettura Braille è un processo mentale complesso che coinvolge, tra l'altro, il controllo del movimento del dito lettore⁹, la percezione dei punti in rilievo, il riconoscimento di *pattern* specifici e una processazione lessicale e semantica: in questo sistema di lettura, la percezione visiva di caratteri in nero è sostituita dall'interpretazione tattile di punti rialzati (Sadato et al., 2004). La percezione attraverso il tatto coinvolge un insieme di sensazioni della pelle, quali il toccare lievemente, la pressione, la temperatura, impressioni combinate

scrittura: tipicamente, non solo prevedono la possibilità di impaginare e salvare un testo prima della stampa e il collegamento ad una stampante per riprodurre il testo sia in Braille che in nero, ma possono funzionare anche come vere e proprie stampanti Braille se collegate a un computer.

⁷ Dal centro e verso sinistra si trovano i tasti per i punti 1, 2, 3, mentre verso destra quelli per i punti 4, 5 e 6.

⁸ In particolare, differiscono relativamente a velocità di stampa, quantità di materiale stampabile, possibilità di riprodurre stampe su entrambi i lati della pagina (le cosiddette stampe a interpunto).

⁹ Generalmente, il dito lettore coincide col secondo dito della mano che decodifica l'informazione linguistica.

congiuntamente nel riconoscimento tattile di oggetti; ottenere informazioni attraverso l'esplorazione aptica attiva, inoltre, l'esecuzione di vari tipi di movimenti di *scanning* da parte di dita, mani, braccia nei quali sono coinvolti *input* propriocettivi e cinetici derivanti da legamenti, muscoli e informazioni vestibolari (Gibson, 1962, 1966, 1979).

Dunque, la percezione della forma attraverso l'esplorazione tattile dipende in maniera cruciale dalla decodifica degli *input* provenienti dalla pelle, dai movimenti degli arti nell'atto di decodifica e, in modo significativo, dalle informazioni ricavabili in base alla posizione del corpo e degli arti stessi rispetto all'oggetto della percezione. Questi elementi costituiscono una sorta di "ancoraggio spaziale", in quanto fungono da strumenti di localizzazione in assenza di informazione visiva. Pertanto, l'esplorazione aptica, intesa come esplorazione tattile attiva, coinvolge un *processing* di *input* derivanti da almeno quattro fattori:

- 1- grado di pressione necessario per esplorare l'oggetto;
- 2- caratteristiche peculiari dei *pattern* dello stimolo, quali misura e numero dei tratti specifici;
- 3- tipologia di movimenti di *scanning* effettuati da dita, mani, braccia, tipologia necessariamente elicitata dallo stimolo, incluso quello propriocettivo e cinetico;
- 4- ridondanza e coincidenza tra informazioni esterne e informazioni ricavate dalla posizione del corpo, in relazione

alle quali lo stimolo può essere organizzato nello spazio in termini di forma.

Proprio il corpo assume un'importanza cruciale nella discriminazione tattile degli elementi e, nella fattispecie, nella decodifica dei caratteri Braille. Infatti, la rappresentazione mentale di punti e interruzioni individuati lungo una linea bidimensionale rilevata (come nel caso del Braille) può essere ottenuta attraverso l'organizzazione di tali elementi in base a riferimenti centrati sul corpo, cioè in termini di posizione della mano rispetto alla linea mediana del corpo. Di fatto, l'assenza della vista riduce drasticamente la ridondanza di informazioni derivanti da *input* multimodali e, conseguentemente, l'informazione di riferimento più saliente accessibile durante l'esplorazione tattile in assenza di vista¹⁰ dipende da indici di riferimento rispetto al corpo (Gentz & Hatwell, 1996; Heller, 1997). La percezione di linee bidimensionali o di punti Braille precedentemente non esperiti, in assenza di informazioni derivanti da vista, udito o conoscenza previa dipende certamente dalla capacità di seguire i *pattern* dello stimolo, di individuare gli spazi vuoti della superficie esperita, dalla continuità o dal cambiamento di movimento elicitati dall'estensione dello stimolo ispezionato, ma anche dalla capacità di produrre uno *scanning* sistematico – che si acquisisce con l'esperienza – eseguito sulla base di elementi di riferimento esterni e/o

¹⁰ E, congiuntamente in assenza di informazione acustica o, ad ogni modo, nel caso in cui l'*input* acustico non sia rilevante, come nel caso della lettura.




centrati sul corpo, attraverso i quali l'informazione viene organizzata nello spazio in termini di forma, direzione e collocazione dei tratti rilevanti.

Riuscire a creare una sorta di mappa spaziale degli *input* durante l'esplorazione tattile, dunque riuscire a organizzarli nello spazio, rende elemento fondamentale nell'acquisizione del Braille la capacità di mantenere costanti durante la lettura postura, angolo formato dal braccio e dalla mano e posizione del corpo, presumibilmente proprio per l'importanza, in tale processo, dell'informazione relativa al riferimento spaziale (Heller, 1992b; Millar, 1994, 2000). Di fatto, i *pattern* Braille sono definiti in base all'orientamento, per cui l'informazione di riferimento spaziale diviene essenziale: basti pensare, ad esempio, che i caratteri Braille B (due punti in verticale) e C (due punti in orizzontale) si distinguono esclusivamente in base al loro orientamento nello spazio.

Queste osservazioni sollevano un quesito relativamente all'apprendimento della lettura Braille, ovvero se la capacità dell'apprendente di organizzare a livello spaziale i punti che formano il carattere – cioè la sua capacità di crearsi una rappresentazione spaziale di quanto percepisce – costituisce il *primo* elemento per decodificare la singola lettera. Tale questione è di interesse primario, in quanto contribuisce a capire se, di fatto, nelle fasi iniziali dell'apprendimento, la decodifica del carattere sia basata sull'organizzazione spaziale globale olistica dei tratti che lo compongono. Da tale prospettiva, inizialmente, i caratteri verrebbero

dunque percepiti come *forme globali*: la rappresentazione mentale della lettera sarebbe costituita dalla linea (globale, unitaria) che si forma unendo i punti della matrice. Il tratto rilevante, pertanto, risulterebbe l'organizzazione spaziale dei punti, in seguito alla quale si ricaverebbe una linea globale con una specifica forma identificativa e connotativa (fig.7).




FIG.7 Esempio di rappresentazione globale della forma (una linea) di alcuni caratteri Braille, ottenuta dall'organizzazione spaziale dei tratti rilevanti.

<i>matrice</i>	<i>lettera</i>	<i>linea</i>
	b	
	c	—
	d	└




Tuttavia, una serie di studi molto accurati (Millar, 1977a,b; 1978a; 1985c) evidenzia che, almeno in una *fase iniziale*, gli apprendenti non decodificano i *pattern* prima attraverso la forma della linea risultante dall'unione dei punti e soltanto successivamente imparano a distinguere i singoli punti che formano il carattere stesso. Piuttosto, tendono ad affidarsi principalmente alla *densità* della lettera, cioè alla quantità di punti che la costituiscono. Riuscire a distinguere un carattere dall'altro richiederebbe, pertanto, la capacità di individuare *quanti* elementi lo costituiscono. Il fatto che le lettere Braille derivino

da una singola matrice nella quale la presenza o l'assenza di un punto determina un carattere diverso significa che i tratti portatori di differenze di significato sono pochi¹¹. Da questa prospettiva, tale fattore e, contestualmente, la misura, oggettivamente piccola, dei singoli caratteri renderebbero difficoltoso, in una prima fase, la loro ricostruzione in base a elementi di referenza esterni e/o centrati sul corpo. Ciò costituirebbe la ragione per cui, in una fase iniziale, i *pattern* non verrebbero decodificati principalmente ed esclusivamente in termini di *forma della linea risultante*. D'altra parte, se fossero unicamente identificati in base all'organizzazione spaziale connettendo i punti, alcune lettere – ad esempio k/l, u/v (fig.8) – non potrebbero essere distinte da altre, dando luogo a linee identiche.

FIG.8 Esempio di rappresentazione globale (una linea) di alcuni caratteri che danno luogo a forme dello stesso tipo.

<i>carattere</i>	<i>lettera</i>	<i>forma</i>	<i>carattere</i>	<i>lettera</i>
	k			l

¹¹ Millar (1997, 2000) sottolinea che l'economia e la mancanza di ridondanza dei tratti distintivi in Braille sono particolarmente evidenti se confrontate con la scrittura in nero, i cui caratteri sono costituiti da una varietà di combinazioni di curve più o meno grandi, più o meno arrotondate, di cerchi, punti, linee più o meno lunghe, fatto che comporta la differenziazione (e, conseguentemente, l'identificazione) delle lettere in nero sulla base di tratti *molteplici* (e che, presumibilmente, al tempo stesso, rende conto del fallimento di ogni tentativo di adottare un sistema di scrittura identica a quella in nero ma in rilievo come sistema di lettura per i non vedenti).

<i>carattere</i>	<i>lettera</i>	<i>forma</i>	<i>carattere</i>	<i>lettera</i>
	u			v

In sintesi, dai dati presenti in letteratura emerge un quadro per cui la percezione dei *pattern* Braille è un processo che ha, come prerequisito, l'individuazione delle differenze *quantitative* relative al numero dei punti che formano il carattere¹². Tale processo si verifica sin dalle prime fasi di apprendimento, quando gli iniziali movimenti di ispezione non sono ancora sistematici. Progressivamente, con la pratica e l'esercizio, il raggiungimento di un movimento di *scanning* più sistematico rende possibile la coerente organizzazione spaziale degli *input* derivanti dalla percezione tattile e dal movimento stesso di ispezione, congiuntamente a fattori connessi a esperienza e conoscenza previa (Millar, 2000). Ciò che si osserva nelle fasi più avanzate dell'apprendimento sono, di fatto, uno sviluppo del grado di sistematicità nei movimenti compiuti dalle mani e una loro progressiva ed adeguata organizzazione, di solito prima in relazione a elementi che hanno come punto di riferimento il corpo e attraverso cui è possibile determinare le posizioni della mano e la direzione dei

¹² Tali differenze determinano ciò che Millar (1997, 2000) chiama la "densità" della lettera (*dot density*), dunque un elemento di carattere non spaziale, quale la forma, ma di "trama" (*texture*).

movimenti e, successivamente, in relazione al *layout* del testo Braille¹³. Col raggiungimento di tale capacità, congiuntamente ad un corretto uso del corpo quale elemento di “ancoraggio” e referenza spaziale, la decodifica della *forma* del carattere diviene più accessibile, in quanto ricavata da una pluralità di informazioni spaziali convergenti.

5. Inferenze e ipotesi nel processo di lettura

Il processo di lettura sembra caratterizzato da un interessante e complesso coinvolgimento di fattori che prevedono formulazione di ipotesi, operazioni di inferenza, affidamento ad elementi contestuali (soprattutto del contesto semantico). Pertanto, la lettura non si configura come un processo esclusivamente sequenziale, discreto, piuttosto come fortemente determinato dalle aspettative del lettore, legate alla sua competenza linguistica, alla decodifica del testo ed alla costruzione (attiva) del significato. Tutto ciò è particolarmente evidente nella lettura Braille, in cui si potrebbe pensare che la mancanza di una immediata “visione d’insieme” – ricavata, in condizioni di normalità, dal cosiddetto “colpo d’occhio” – contribuisca a determinare una lettura di tipo puramente discreto. In realtà, il codice di lettura non sembra influenzare il processo di attiva costruzione del significato: varie prove coadiuvano tale ipotesi, la

¹³ Registrazioni dei movimenti hanno evidenziato che i bambini sviluppano relativamente presto distinti stili di lettura che sono riconoscibili anche più tardi.

prima delle quali è connessa al concetto di *leggibilità*. Un elemento di importanza rilevante nella lettura Braille è, infatti, proprio la leggibilità del testo scritto, intendendo con ciò l'indice di percettibilità oggettiva dei punti, dato dal loro spessore e dallo spazio che intercorre tra di essi, congiuntamente alla misura complessiva della parola. I fogli utilizzati per la scrittura Braille posseggono caratteristiche tali da consentire la conservazione dei punti in rilievo per un periodo di tempo piuttosto lungo; tuttavia, esercitare una pressione troppo energica sulle parole/lettere – come spesso accade nei lettori con poca esperienza – comporta il deterioramento più o meno consistente dei punti, da cui, a sua volta, conseguono maggiore difficoltà e, parallelamente, minore resa nella lettura. In modo interessante, è emerso che, in caso di minore leggibilità dovuta a lettere degradate, dunque più difficili da percepire, o a una minore acutezza dei polpastrelli impiegati nella lettura (che si verifica, tipicamente, in età avanzata), fattori semantici, soprattutto di tipo contestuale, intervengono nella discriminazione e disambiguazione di parole degradate. In situazioni sperimentali in cui vengono forniti a lettori Braille più o meno fluenti testi in cui compaiono parole brevi, familiari ed anche omofone ma non omografe il cui uso altera il significato ma non il significante della frase in cui l'omofono compare¹⁴, entrambi i gruppi di lettori mostrano un tempo di latenza significativamente maggiore con le parole presentate deliberatamente degradate e, in modo interessante, il tempo di latenza del movimento

¹⁴ Ad esempio la parola *sun* dopo *mother*.

di *scanning* è ancora maggiore qualora la parola degradata compaia in un contesto semanticamente incongruente. Ovverosia, a parità di degrado percettivo, se la parola degradata è inserita in un contesto semantico incongruente, per la sua decodifica occorre un tempo di ispezione ancora maggiore rispetto a quando la stessa, nelle medesime condizioni, è inserita in un contesto semanticamente congruente. Analogamente, in lettori principianti, si registrano tempi di latenza più lunghi nel caso in cui le parole degradate compaiano in contesti semanticamente neutri rispetto a contesti legati semanticamente alla parola degradata. Ancora più significativo è il dato per cui un contesto semanticamente incompatibile interferisce negativamente sul riconoscimento di lettere Braille *non* degradate (Millar, 1997). L'interpretazione congiunta di questi dati suggerisce che capacità di ordine superiore, quali conoscenza semantica, competenza morfofonologica e sintattica vengano attivate costantemente nella decodifica del testo e che la loro attivazione risulta maggiore qualora vengano questioni di carattere percettivo non ottimali: ciò nel tentativo di attuare, presumibilmente, una sorta di “bilanciamento” e compensazione.

Come precedentemente sottolineato, il processo di lettura non è semplicemente la risultante del *processing* di ogni singola parola cui segue la sua integrazione contestuale, piuttosto i lettori sono impegnati nel *formulare ipotesi* e nel crearsi aspettative. La lettura si configura, pertanto, come un processo predittivo, per cui il *processing* semantico consisterebbe non soltanto nell'integrazione della parola ispezionata

di volta in volta con i termini precedenti e col significato del testo ricavato sino a quel momento, ma prevedrebbe anche un processo attivo di formulazione di ipotesi circa la parola successiva. Evidenza di ciò sono gli errori di inserzione nella lettura Braille ad alta voce (Millar, 1988c, 1997), per cui, in situazioni sperimentali, i soggetti inseriscono parole laddove, nel testo, sono state deliberatamente omesse: tipica è la situazione per cui, ad esempio, avviene l'inserimento dell'articolo determinativo *the* qualora dal contesto precedente sia prevedibile un nome o un sintagma nominale (*He was rated as the best in (THE) class*). Tali errori di inserzione mostrano che il processo di integrazione semantica nella lettura coinvolge fattori di natura predittiva: diversamente, sarebbe difficile spiegare perché, durante la decodifica, si verifica la lettura di parole non presenti.

Sostegno all'ipotesi secondo cui la formulazione, la costituzione del significato di un testo non sia meramente un processo di integrazione ma piuttosto dipenda da operazioni di inferenza viene dallo scarto temporale tra percezione tattile ed emissione sonora. Emerge, infatti, una differenza qualitativa tra lettori principianti (lenti) e competenti (veloci). I primi, tipicamente, pronunciano una parola non appena hanno terminato di ispezionarla o mentre ancora la stanno decodificando, ad ogni modo, prima di passare a ispezionare l'*item* successivo. Inoltre, in caso di parole difficili che elicitano movimenti di regressione e, pertanto, un tempo maggiore di *scanning*, ogni carattere viene pronunciato (a voce alta o bassa) contemporaneamente alla sua ispezione. Al contrario, i lettori competenti non articolano la

singola parola non appena terminano il movimento di *scanning*, bensì ispezionano vari termini prima di iniziare ad articolare la frase che li contiene. Dunque, nei lettori competenti, lo scarto temporale tra *scanning* e pronuncia della parola ispezionata è maggiore rispetto a quanto si osserva nei principianti¹⁵. Del resto, tale scarto temporale superiore nei lettori più competenti rende conto della maggiore espressività che caratterizza il loro stile di lettura orale: di fatto, la formazione di un quadro globale del testo e, conseguentemente, la capacità di coglierne contenuto e significato contribuisce alla pianificazione adeguata di elementi soprasegmentali, quali accento, intonazione, prosodia.

In sintesi, presi congiuntamente, i dati suggeriscono l'attivazione di un complesso meccanismo nel processo di lettura, che, indipendentemente dal codice usato, prevede un coinvolgimento "operativo" del lettore, che formula inferenze, deduzioni e ipotesi sia tenendo conto di informazioni precedenti sia sulla base della sua competenza linguistica.

¹⁵ Analogamente a quanto si osserva nelle lettura in nero, in cui il lasso di tempo tra fissazione oculare e pronuncia della parola visivamente percepita è minore nei principianti e maggiore nei competenti.

6. Caratteristiche di lettura in apprendenti Braille precoci e tardivi: tipologia di scanning, processing linguistico e spaziale, ruolo dell'esperienza precedente

Nel tentativo di fornire una prima descrizione delle strategie di lettura Braille, è necessario operare, sulla base della letteratura a disposizione, una distinzione tra soggetti ciechi congeniti o divenuti tali nella prima infanzia che hanno iniziato lo studio del Braille con l'ingresso nella scuola elementare, dunque lettori competenti (o fluenti) e soggetti che, invece, avendo perso la vista tardivamente, hanno appreso il Braille ad un'età più o meno avanzata e posseggono una precedente esperienza (e competenza) di lettura in nero¹⁶.

Data questa premessa, una prima osservazione che, di fatto, coinvolge sia lettori competenti che meno competenti (ex lettori in nero), è il progressivo e lieve aumento nella pressione esercitata verso il basso dal dito lettore durante il movimento compiuto su ogni cella Braille, presumibilmente eseguito allo scopo di aumentare la stimolazione dei recettori della pressione, incrementando così la trasmissione delle informazioni salienti (Millar, 2000).

Con riferimento ai lettori più competenti, si osserva un tipico movimento di *scanning* piuttosto stereotipato, rapido, ritmico e omogeneo, effettuato mediante una traiettoria orizzontale, accompagnato da una progressione nella velocità di lettura (Millar, 1997). Generalmente, il movimento è laterale e progressivo, in quanto

¹⁶ Con lettura in nero si intende lettura visiva.

i lettori esperti tornano indietro sui caratteri in misura ridotta, certamente del tutto trascurabile (Millar, 1997). Da notare, tuttavia, che il movimento laterale, progressivo ed omogeneo caratteristico dei lettori competenti è tipicamente utilizzato nella decodifica di testi semplici, intendendo con ciò testi contenenti parole ad alta frequenza d'uso e frasi con strutture sintattiche e semantiche non particolarmente complesse. Infatti, anche in questa tipologia di lettori, il caratteristico movimento laterale e fluido subisce degli arresti in presenza di frasi complesse. L'analisi temporale dettagliata di movimenti apparentemente fluidi, ritmici e costanti evidenzia come, in realtà, lo *scanning* e la strategia di lettura siano determinati, in misura più o meno variabile, da fattori sia cognitivi (*processing* semantico-sintattico) che percettivi (leggibilità del testo, acutezza percettiva dei polpastrelli).

Interessante è il dato secondo cui i lettori veloci – analogamente ai lettori (vedenti) in nero – processano le lettere *iniziali* della parola per realizzare poi un'operazione di deduzione circa le lettere finali che la compongono, ovverosia, soltanto i primi caratteri di una parola verrebbero letti, gli altri – quelli finali – dedotti sulla base sia della decodifica delle lettere iniziali sia di precedenti informazioni linguistiche. Tale processo si verifica, tuttavia, non per tutti i tipi di parole, ma per quelle a più alta frequenza d'uso e più brevi ed, inoltre, ha come prerequisito la presenza di informazioni lessicali, semantiche o sintattiche sulla base delle quali è possibile operare un processo di deduzione (ad esempio, in inglese, il morfema *-s* del plurale può

essere dedotto dal contesto semantico, o la “l” in “until” dalle prime tre lettere del sintagma “wait until”; cfr. Millar, 1997). Di fatto, quest’ipotesi sembra confermata da dati di carattere temporale nel processo di scansione, per cui, tipicamente, ad una capillare analisi *frame by frame* emerge che, alle condizioni descritte, i lettori mostrano, durante la decodifica, un tempo di latenza maggiore sulla parte iniziale della parola rispetto a quella finale: il dato è indice di maggiore attenzione a quello specifico segmento ed è ragionevolmente conciliabile con l’interpretazione secondo cui i lettori veloci processano attivamente soltanto le lettere iniziali della parola.

Ulteriore caratteristica specifica dei lettori competenti è la tendenza, prima di iniziare a leggere, ad operare uno *scanning* generale e rapido esplorando la pagina mediante lievi movimenti sui margini superiore e inferiore del testo nonché sugli angoli formati dall’incontro delle linee del testo. Tale strategia consente al lettore una rappresentazione globale del *layout*, facilitandolo, almeno parzialmente, in una possibile successiva ricerca di una parola precedentemente letta o, comunque, di un punto da recuperare internamente al testo.

La velocità tipica dei lettori competenti è data, inoltre, dalla capacità di leggere a due mani, nel qual caso è interessante osservare se, di fatto, ognuna delle due mani legga *simultaneamente* una porzione di testo diversa, toccando dunque almeno *due* lettere interne a parole *diverse* in parallelo. Dall’analisi dei movimenti delle mani

durante la lettura (Millar, 1987a,b) emerge che, in realtà, quando le dita di entrambe le mani muovono congiuntamente lungo la medesima linea, queste percepiscono due lettere distinte *non* simultaneamente, bensì in modo sequenziale. Ciò che di fatto avviene è la lettura, da parte delle dita di una mano, di una nuova lettera mentre, simultaneamente, le dita dell'altra mano ispezionano uno spazio tra le lettere o tra le parole, o due spazi; oppure si verifica il caso per cui una mano muove su una porzione nuova di testo e, simultaneamente, l'altra torna indietro più volte su lettere/parole già ispezionate in precedenza, dunque già lette (immagazzinate, cioè, come informazione linguistica). Inoltre, l'analisi concernente le funzioni svolte dalla mano specifica mostra che, quando la destra legge l'ultima porzione della riga, la sinistra viene impiegata per un compito spaziale, ovverosia scorre per individuare l'inizio della nuova linea; quando è la sinistra a leggere una nuova porzione di testo, la destra si muove per riunirsi ad essa. In ogni caso, non si tratta di leggere simultaneamente parole/lettere diverse, ovverosia di immagazzinare informazioni verbali *nuove* in parallelo. Ciò che avviene nella lettura a due mani si configura, piuttosto, come un processo che consente di decodificare *simultaneamente* informazioni provenienti da *due diversi domini*, l'uno verbale, l'altro spaziale: certamente le mani si muovono in parallelo, ma processano in parallelo informazioni relative a domini distinti. Pertanto, è ragionevole supporre che il vantaggio della lettura a due mani sia costituito dalla divisione parallela dei compiti tra le mani stesse, per cui una sarebbe deputata al *processing*

dell'informazione verbale (lettura linguistica) l'altra al *processing* dell'informazione spaziale (“lettura spaziale”). Utilizzare entrambe le mani contemporaneamente per compiti diversi e specifici determina velocità, fluidità e accuratezza nella lettura, in quanto il *processing* semantico del testo Braille e le funzioni spaziali di trovare e mantenere il punto operano simultaneamente in tempo reale.

Si osserva, inoltre, una variabilità nel grado di competenza nella lettura a due mani, determinato dalla *quantità* di informazioni spaziali processate da una mano simultaneamente alla lettura verbale da parte dell'altra. Maggiore competenza è data dalla già menzionata capacità di attuare vari compiti spaziali, quali individuare lo spazio tra due lettere, mantenere, trovare il punto, identificare lo spazio tra le parole. Si verifica però anche il caso meno comune, ma comunque presente, in cui la lettura a due mani prevede la decodifica dell'informazione linguistica da parte di una mano e la decodifica di una singola, specifica e ben delimitata informazione spaziale da parte dell'altra. Tipicamente, in questo caso – non associato necessariamente a indici rilevanti di minore fluidità/competenza rispetto alla lettura a due mani dell'altro tipo –, la mano destra/sinistra viene impiegata per leggere il testo mentre la mano libera è deputata al mantenimento del punto. Si osserva che, quando la sinistra legge, la destra è libera ma supera la sinistra anticipandola nel raggiungimento della linea successiva; nella lettura con la mano destra, la sinistra staziona sulla prima lettera di una linea mentre la destra legge, per scorrere sulla prima lettera della linea successiva non appena la destra termina la lettura della riga.

Questo stile è caratterizzato, pertanto, dalla divisione tra le mani dei compiti di leggere e trovare/mantenere il punto, laddove soltanto una mano processa l'informazione linguistica e l'altra è impiegata per un unico compito spaziale specifico (trovare/mantenere il punto).

Vi sono inoltre lettori competenti che utilizzano esclusivamente una mano per la lettura (linguistica e spaziale) del testo¹⁷. In tal caso, una sola mano svolge entrambi i compiti di *processing* linguistico e spaziale, ricorrendo a due strategie principali: il dito lettore individua la prima riga, scorre su di essa raggiungendo la fine e, successivamente, per individuare la linea seguente, può operare in due modi: tornare indietro all'inizio della riga già letta e poi muoversi verso il basso in direzione della linea successiva oppure scorrere direttamente in basso verso la riga seguente e muovere indietro su di essa in direzione dell'inizio della linea stessa. Questo stile di lettura si associa, tipicamente, a minore velocità, anche se presente in lettori competenti.

In sintesi, la lettura fluente e competente è connessa in modo rilevante all'uso flessibile, coerente ed economico dei movimenti delle dita sia per processare l'informazione spaziale che per decodificare l'informazione verbale, ovverosia da una bilanciata assunzione dei compiti spaziale e verbale¹⁸.

¹⁷ In questa circostanza, ovviamente, mancando il coinvolgimento di entrambe le mani, il *processing* dell'informazione (linguistica e spaziale) è sequenziale e non parallelo.

¹⁸ Coerentemente con ciò, negli apprendenti ai primi stadi del processo o nei lettori particolarmente lenti si registra una diffusa difficoltà nel seguire, mantenendola, la

Preliminare ad ogni discussione circa le caratteristiche di lettura degli ex lettori in nero, apprendenti Braille tardivi, è un'osservazione di carattere generale relativa all'opinione diffusa secondo cui chi impara a leggere in Braille in età avanzata debba essere fortemente svantaggiato in confronto ai giovani apprendenti. Ciò, fondamentalmente, in base all'idea che gli adulti abbiano, generalmente, difficoltà pronunciate nell'esecuzione di compiti per la risoluzione dei quali è necessario il ricorso a specifiche modalità precedentemente poco utilizzate, unitamente alla presunta lentezza in tutti quegli aspetti che coinvolgono movimento ed esecuzione, nonché a questioni legate a capacità mnemoniche (Millar, 1997). Tuttavia, vi sono buone ragioni che contrastano questa "pessimistica" e "atrofica" visione dell'adulto e che provengono proprio da studi circa l'apprendimento del Braille da parte di persone divenute cieche in età avanzata. Innanzi tutto, gli ex lettori in nero, rispetto ai giovani

linea del testo. Tipicamente, anziché seguire la linea Braille in direzione diritta e orizzontale, il dito abbandona la linea scivolando via quando incontra uno spazio tra i caratteri, oppure tende a muoversi progressivamente in basso rispetto alla linea del testo formando una traiettoria intorno al corpo piuttosto che rispetto al testo stesso, col risultato che viene a mancare l'allineamento del dito col *layout* della pagina. Analogamente, un problema tipico delle prime fasi di apprendimento è imparare a passare correttamente da una linea all'altra senza perdere spazio. Una delle strategie impiegate nell'apprendimento della lettura Braille allo scopo di eliminare progressivamente questo tipo di errori è l'impiego di entrambe le mani contemporaneamente o il mantenimento del dito lettore fermo in qualità di "ancora spaziale", espedienti che, spesso, in una prima fase di apprendimento, vengono adottati in modo conscio ed esplicito, dunque non senza un certo sforzo cognitivo.

apprendenti, posseggono una più vasta conoscenza lessicale, relativa a parole sia a bassa che ad alta frequenza d'uso, conoscenze ortografiche ben precise che possono aiutarli nella decodifica di parole nuove e una conoscenza extralinguistica (del mondo) molto più vasta che li facilita nella comprensione contestuale. Come vedremo, tutti questi fattori non sempre costituiscono un vantaggio, almeno parzialmente, in quanto possono verificarsi influenze negative sulla base di associazioni ormai consolidate relative, ad esempio, alla conversione grafema-fonema secondo regole ortografiche ereditate dall'esperienza precedente con la lettura in nero. Tuttavia, anche queste difficoltà, sostanzialmente, vengono superate con la pratica e l'esercizio.

La velocità nella *performance* dei lettori adulti ex lettori in nero e dei giovani lettori Braille è una delle diversità più evidenti ed è frequentemente spiegata assumendo i fattori di cui sopra. Tuttavia, sembra che elementi ben più incisivi contribuiscano a determinare tali differenze. Il primo è dato dagli effetti che hanno le spiegazioni sul sistema Braille e dalla frequenza con cui vengono impartite. Tendenzialmente, i lettori Braille tardivi ricevono un numero inferiore e meno frequente di spiegazioni e istruzioni congiuntamente a minore pratica rispetto a giovani lettori che imparano il Braille per scopi scolastici. Ricerche da cui è emerso che quantità e frequenza di istruzioni ad adulti apprendenti Braille tardivi sono equiparabili a quelle ricevute dai giovani mostrano che lo scarto di capacità e competenza tra i due gruppi non è così accentuato, evidenziando

pertanto un'interessante correlazione tra variabili quantitative e di frequenza nell'*input* e processo di apprendimento. Il secondo fattore incidente sulla minore velocità concerne la differenza nella tipologia dei movimenti di *scanning* rispetto ai ciechi congeniti o precoci, per il movimento di ispezione dei quali è già stato fornito un quadro generale. In riferimento agli ex lettori in nero, questi mostrano, tipicamente, una costante, ovverosia la lettura attraverso un movimento su-giù o a zig-zag su ogni lettera, laddove tali colpetti differiscono da quelli regressivi, circolari e ripetuti eseguiti anche da lettori competenti per la scansione di caratteri particolarmente difficili da decodificare. I movimenti regressivi e circolari sopra le lettere tendono ad essere ripetuti e asistematici, mentre i movimenti a zig-zag e quelli su-giù sono eseguiti in modo sistematico, regolare e relativamente ritmico rispetto a tempo ed estensione, inoltre sono sequenziali. Dal punto di vista evolutivo, tali movimenti a zig-zag o su-giù fluidi e regolari non caratterizzano le prime fasi dell'apprendimento degli ex lettori in nero, sono piuttosto il risultato della pratica estesa dei più competenti all'interno di questa tipologia di lettori. Si ritiene che siano eseguiti per ottenere informazioni accurate e ragionevolmente affidabili relativamente alla forma di singoli caratteri successivi, determinando, in tal modo, una lettura lettera per lettera che permette un andamento di controllo (Millar, 1997).

Differenze tra ex lettori in nero e lettori non vedenti precoci sempre relative alla velocità di lettura sono inoltre riconducibili a

esperienze precedenti, abitudini percettive e fattori di memoria a lungo termine (Millar, 1995, 1997). I dati provengono da studi che hanno adottato un paradigma sperimentale consistente nella somministrazione di un testo in cui compaiono parole inglesi a bassa frequenza d'uso contenenti singoli caratteri contratti ad alta frequenza d'uso (come le parole funzionali *the, and, of* o il morfema *-ing*, Millar, 1988c, 1995, 1997). I caratteri contratti¹⁹ vengono inseriti nelle parole per rappresentare sia termini ben formati rispetto alla struttura sillabica e/o alle regole di conversione grafema-fonema (del tipo *prOFile, actING*) sia parole per le quali, al contrario, la posizione dei medesimi caratteri contratti dà luogo alla violazione di regole di conversione e/o non è conforme alla struttura sillabica della parola (ad es. *hoOF, hINGe*). Vengono così a crearsi parole (dette) «compatibili» e parole «incompatibili», cioè, rispettivamente, termini in cui la posizione del carattere contratto è congruente con la divisione sillabica della parola e/o con le regole di conversione grafema-fonema e parole in cui la posizione del carattere contratto viola le suddette regole. Gli ex lettori in nero mostrano difficoltà nella lettura delle parole incompatibili, come suggerito dal tempo di scansione notevolmente maggiore su questo specifico tipo di parole rispetto a quelle compatibili. Al contrario, non si registrano differenze nei tempi di scansione dei lettori Braille fluenti, dato che indica, per questo gruppo, il medesimo grado di sforzo cognitivo nell'esecuzione dei compiti. I risultati autorizzano l'ipotesi per cui, di fatto, l'esperienza

¹⁹ Da ora in poi rappresentati in maiuscolo.

precedente che concerne l'associazione – immagazzinata nella memoria a lungo termine – tra unità sillabiche, ortografiche e fonologiche di un determinato sistema (quale quello dell'inglese in nero) di fatto influenza il processo di lettura, disturbandola qualora tali associazioni vengano violate e comportando maggiore lentezza e indecisione nella lettura. La minore esposizione ai caratteri contratti, l'elemento di effettiva “novità” che essi costituiscono per un ex lettore in nero, unitamente all'influenza delle associazioni suddette si rivelano pertanto elementi da valutare opportunamente in caso di apprendimento del Braille da parte di adulti già lettori in nero.

Ulteriore dato significativo emerso da questi studi, passibile di un risvolto applicativo, è la presenza di interessanti effetti di *priming*. All'interno del medesimo paradigma sperimentale di cui sopra, ogni parola che presenta la contrazione è interna a una frase ed associata semanticamente ad *item* interni ad altre frasi, che costituiscono, pertanto, di volta in volta, la parola *prime*. Il *prime* viene presentato o nella modalità acustica o nella modalità tattile²⁰. In modo

²⁰ Nella condizione di *priming* acustico, mentre il *prime* viene pronunciato dallo sperimentatore, il lettore mantiene le dita su punti Braille senza senso che precedono la frase contenente la parola con contrazione, di volta in volta compatibile o incompatibile. Terminata la frase dello sperimentatore, il lettore inizia a leggere, in silenzio, la parte successiva ai punti senza senso, ovverosia la frase contenente la parola contratta, per passare poi a leggere a voce alta (dunque a pronunciare la frase) non appena individuata la parola connessa al *prime*. Nel *priming* tattile, i soggetti prima leggono il *prime* in silenzio, dopodiché passano alla lettura silente della frase

significativo, in condizioni di *priming* acustico, nei lettori tardivi aumentano i tempi di scansione di parole con contrazione che viola le regole di conversione grafema/fonema e/o della struttura sillabica: ciò, presumibilmente, perché, per gli ex lettori in nero, *udire* una parola elicitava rappresentazioni ortografiche che interferiscono con il *processing* di nuovi grafemi qualora questi siano incongruenti con i precedenti *pattern* di segmentazione e/o pronuncia (della lettura visiva), ovvero con le rappresentazioni ad essi precedentemente associati. Al contrario, sempre negli ex lettori in nero, il *priming* tattile riduce il tempo di scansione di parole che violano le rappresentazioni sillabiche o ortografiche precedenti (connesse alla lettura visiva). Il dato si rivela di estremo interesse perché, sebbene entrambe le modalità abbiano prodotto effetti di *priming*, questi non risultano i medesimi per le diverse modalità. Ciò suggerisce che gli effetti di *priming* non dipendano esclusivamente e puramente da rappresentazioni astratte. Il fatto che soltanto il *priming* tattile riduca sensibilmente le differenze nella comprensione tra le parole incompatibili e compatibili autorizza a ipotizzare la presenza di effetti modalità-specifici, il che non è congruente con l'assunto che le rappresentazioni mentali siano puramente astratte e totalmente amodali. I risultati sono più compatibili, invece, con l'ipotesi per cui le modalità forniscono informazioni *complementari* e *convergenti* che si sovrappongono ma che, presumibilmente, non coincidono

contenente la parola semanticamente connessa; di nuovo, devono iniziare a leggere a voce alta non appena riconoscono la parola connessa al *prime*.

totalmente (Millar, 1994, 2000). A livello applicativo, il fatto che il *priming* tattile contribuisca alla decodifica dei caratteri contratti suggerisce che, affrancandoci dall'idea che l'età avanzata sia un impedimento insuperabile per l'apprendimento specifico che coinvolge una specifica modalità, tale tipologia di *priming* potrebbe essere impiegata come metodo per facilitare l'apprendimento di parole che presentano contrazioni incongruenti rispetto alla lettura in nero.

Infine, ancora in prospettiva applicativa interessante è il dato per cui in lettori Braille tardivi con precedente esperienza di lettura visiva il riconoscimento di parola viene facilitato dalla presenza di *item* precedenti correlati semanticamente alla parola *target*: ciò conferma che l'effetto di *priming* semantico interviene attivamente e suggerisce altresì che la mancanza o l'inferiore esperienza percettiva (tattile) tipica dei ciechi divenuti tali in età avanzata è equiparabile alle difficoltà che ciechi congeniti lettori competenti incontrano in caso di condizioni non ottimali di leggibilità del testo (Millar, 1997, 2000).

7. Cecità, plasticità neuronale e Braille

Tra le caratteristiche più significative della corteccia cerebrale troviamo la sua plasticità neuronale, cioè la capacità di modificare le proprie risposte in relazione all'esperienza. Tale proprietà rende possibile l'adattamento della corteccia alle variabili situazioni ambientali e si manifesta in diversi processi, dall'apprendimento al recupero funzionale in seguito a lesione (Kaas, 2000).

L'impiego di tecniche non invasive²¹, che ha reso possibile apprezzare la dinamicità delle mappe corticali e, conseguentemente, di correlare l'estensione di una determinata mappa con la sua funzione, ha evidenziato una riorganizzazione corticale in seguito a esperienza aptica di lungo termine (Recanzone, 2000). Studi recenti eseguiti con la PET e con la fMRI utilizzano stimoli aptici per verificare la presenza di cambiamenti cerebrali associati all'apprendimento e all'esperienza di tali stimoli, tra cui la lettura Braille, mostrando cambiamenti corticali in seguito ad apprendimento specifico e pratica persino in adulti, con una certa variabilità interindividuale.

Pascual-Leone e Torres (1993), ricorrendo alla tecnica dei potenziali evocati somatosensoriali (SEP) e della stimolazione magnetica transcranica (TMS), hanno specificamente evidenziato che all'esperienza della lettura Braille è associata un'espansione della rappresentazione neuronale (della corteccia sensomotora) del dito lettore, sia in soggetti non vedenti che vedenti purché lettori Braille. Nella fattispecie, l'ampiezza di alcune componenti del potenziale evocato somestetico²² è maggiore per stimolazione del dito lettore rispetto alle altre dita, indicando chiaramente che il maggior uso di questo dito determina un allargamento della sua zona di rappresentazione. Ne deriva una conferma all'ipotesi secondo cui

²¹ Cfr. Magnetoencefalografia, tomografia a emissione di positroni (PET) e risonanza magnetica funzionale (fMRI).

²² Si tratta delle componenti N20 e P22 del potenziale evocato somestetico.

esiste una relazione tra l'uso di un circuito cerebrale e la sua capacità funzionale.

L'analisi del processo della lettura Braille da una prospettiva neurologica getta luce sulla plasticità crossmodale e la riorganizzazione funzionale in caso di assenza della vista. Vari studi, infatti, indicano che durante la lettura Braille viene attivata nei non vedenti la corteccia visiva. Nel loro studio, Cohen et al. (1997), utilizzando la stimolazione magnetica transcranica²³ in soggetti ciechi e in vedenti durante un compito di identificazione e di lettura lettera per lettera ad alta voce sia di caratteri Braille che di lettere romane in rilievo per il gruppo dei non vedenti ed esclusivamente di lettere romane in rilievo per i vedenti, evidenziano che la stimolazione dell'area occipitale non ha effetti sulla *performance* tattile dei vedenti²⁴: dunque, la corteccia occipitale non si attiva nei vedenti in compiti di discriminazione tattile. Viceversa, in modo

²³ La stimolazione, mediante specifici *input*, di una determinata area durante l'esecuzione di un compito per il *processing* del quale è attiva quest'area influenza l'esecuzione del compito, perché interrompe momentaneamente quei circuiti necessari, appunto, alla sua esecuzione. Se la TMS di regioni deputate alla discriminazione visiva influisce su compiti di discriminazione tattile, è lecito supporre che l'area visiva sia coinvolta anche nel *processing* di informazioni veicolate dal tatto.

²⁴ La stimolazione della corteccia occipitale non influenza, cioè, l'identificazione delle lettere romane in rilievo nei vedenti e/o non comporta percezioni somatosensoriali distorte o incongruenti. Mentre, come noto, nei vedenti una tale stimolazione influisce negativamente sul *processing* visivo degli *input*, cioè interferisce sulla percezione visiva delle lettere.

significativo, la TMS delle regioni occipitali ha un effetto negativo nella *performance* dei non vedenti. La stimolazione delle aree occipitali in questi soggetti causa infatti una serie di sensazioni negative, influenzando sull'esecuzione del compito di discriminazione tattile, cioè nella lettura in Braille e di lettere romane. Nella fattispecie, i soggetti ciechi riferiscono di percepire punti in rilievo che in realtà non compaiono nello stimolo o combinazioni di punti privi di senso, ovverosia una disposizione incongruente degli stessi – pur essendo le combinazioni pertinenti – oppure, in alcuni casi, mostrano di non percepire determinati elementi presenti nello stimolo. Pertanto, la corteccia occipitale sembra essere *funzionalmente* attiva anche in assenza di stimolazione visiva e, nello specifico, la sua funzionalità coinvolgerebbe la decodifica di informazioni tattili pertinenti e utili all'identificazione di uno stimolo particolare. Lo studio suggerisce l'ipotesi secondo cui la cecità (più o meno precoce) può comportare una riorganizzazione della corteccia visiva, nel senso che questa potrebbe essere impiegata in compiti di *processing* somatosensoriale, ipotesi che fornisce una possibile e plausibile spiegazione delle superiori abilità percettive tattili presenti nei soggetti ciechi: da questa prospettiva, la plasticità crossmodale potrebbe essere coinvolta nella compensazione funzionale.

Risultati interessanti sul rapporto tra Braille, substrati cerebrali e possibile ruolo dell'attivazione della corteccia visiva provengono anche dallo studio di Burton et al. (2001), in cui soggetti sia ciechi congeniti che ciechi tardivi (in media dopo i 12,7 anni), tutti lettori

Braille competenti, vengono sottoposti ad un test di generazione di verbi a partire da nomi somministrati in Braille²⁵. Coerentemente con i risultati di studi precedenti, anche da questa ricerca emerge l'attivazione della corteccia visiva durante la lettura Braille, a conferma che la perdita della vista non rende inoperative le regioni della corteccia visiva. Inoltre, si registra una differenza tra ciechi congeniti e tardivi: nei primi l'attivazione della corteccia temporo-occipitale²⁶ risulta addirittura maggiore rispetto ai secondi. Questo dato viene attribuito a probabili differenze strategiche nella lettura dei ciechi congeniti rispetto ai tardivi. Parallelamente, in modo significativo, si registra attivazione bilaterale della corteccia visiva in molti soggetti ciechi, con l'importante differenza che, mentre nella maggior parte dei non vedenti tardivi l'attivazione della corteccia occipitale è *ipsilaterale* alla mano leggente, ed è soprattutto registrata nella parte inferiore, nei ciechi congeniti si evidenzia un'attivazione della corteccia occipitale *controlaterale*. Inoltre, vengono registrati in tutti i soggetti potenziali evocati più ampi nella parte sinistra delle

²⁵ Il test di generazione di verbi a partire da nomi è uno dei primi test ad essere stato impiegato in analisi compiute con neuroimmagini. Tale tipo di test produce, tipicamente, in modo consistente, attivazione cerebrale a sinistra in destrorsi e attiva le aree della corteccia deputate al *processing* linguistico.

Nella ricerca di Burton et al. (2001), i soggetti dopo aver letto l'*item* lessicale (una parola concreta o astratta), devono produrre un verbo semanticamente collegato al nome (ad es. "cucinare" per "dolce"); il compito di controllo consiste nel riconoscimento della stringa Braille priva di significato "# # # # #". Durante il compito l'attività cerebrale dei soggetti viene controllata e registrata mediante fMRI.

²⁶ Aree V5/MT e V8.

regioni corticali premotorie. L'attività esclusivamente nella parte sinistra della corteccia premotoria, anche nei soggetti che leggono con la mano sinistra, autorizza l'ipotesi per cui tali regioni potrebbero codificare non esclusivamente comportamenti motori. Gli Autori, di fatto, sottolineano che, in compiti di manipolazione complessa, maggiore attività viene registrata nella corteccia controlaterale alla mano impiegata (Binkofski et al., 1999), mentre una simile specializzazione emisferica a sinistra è presente in soggetti non udenti segnanti. Pertanto, la dominanza a sinistra che si riscontra nella lettura Braille potrebbe riflettere una qualche specializzazione di certi comportamenti motori per le funzioni linguistiche, elaborate, tipicamente, dall'emisfero sinistro.

Esaminati congiuntamente, i dati di questa ricerca suggeriscono che la corteccia occipitale è coinvolta nella lettura Braille e contribuisce attivamente alla sua decodifica nella misura in cui i meccanismi e le connessioni della corteccia occipitale sarebbero necessari a tradurre l'*input* ortografico, sia esso visivo o tattile, in un'informazione utilizzabile dalle aree linguistiche della corteccia temporale posteriore (dunque, compatibile con la tipologia di informazioni processabili da tali substrati cerebrali)²⁷. Coerentemente

²⁷ Rumsey et al. (1997) suggeriscono che la regione temporale posteriore sia particolarmente coinvolta nel riconoscimento di lettere, cioè nel *processing* dell'*input* ortografico visivo. L'attivazione dell'area di Brodmann 21 è assente in ciechi tardivi che, tipicamente, tendono a prestare attenzione alla forma dei singoli caratteri, mentre il coinvolgimento della stessa area si registra nei ciechi precoci, che tendono a leggere il Braille in modo *olistico* ovvero a scorrere sui *pattern* e a

con ciò, l'attività della corteccia occipitale nei non vedenti non rifletterebbe un adattamento totalmente nuovo, piuttosto, rappresenterebbe una funzione già presente nei vedenti: "raccogliere" informazioni destinate alle aree linguistiche. L'assenza della vista non altera, pertanto, questo ruolo della corteccia occipitale, rendendo così conto sia della sua operatività che della sua attivazione anche in caso di cecità.

Chiara Taddei
Dipartimento di Linguistica
Sezione di Linguistica Applicata
Università degli Studi di Pisa
chiara.taddei@katamail.com

BIBLIOGRAFIA

BINKOFSKI, F. – BUCCINO, G. – POSSE, S. et al. (1999), *A frontal parietal-circuit for object manipulation in man: evidence from an fMRI study*, Eur. Journal of Neuroscience, 11, 3276-3286.

processare l'*input* ortografico analogamente alla lettura effettuata attraverso la via visiva nella lettura in nero. Un tale tipo di analisi olistica richiede, presumibilmente, meccanismi integrativi tipici delle aree visivo/linguistiche superiori della corteccia temporale posteriore.

BURTON, H. – SNYDER, A.Z. – CONTURO, T.E. et al. (2001), *Adaptive changes in early and late blind: a fMRI study of Braille reading*, *Journal of Neuropsychology*, 87, 589-607.

COHEN, L.G. – CELNIK, P. – PASCUAL-LEONE, A. et al. (1997), *Functional relevance of cross modal plasticity in blind humans*, *Nature*, 389(11), 180-183.

GENTEZ, E. – HATWELL, Y. (1996), *The role of gravitational cues in the haptic perception and orientation*, *Perception & Psychophysics*, 58 (8), 1278-1292.

GIBSON, J.J (1962), *Observations on active touch*, *Psychological Review*, 69, 477-491.

GIBSON, J.J. (1966), *The senses considered as perceptual systems*, Houghton-Mifflin, Boston.

GIBSON, J.J. (1979), *The ecological approach to visual perception*, Houghton-Mifflin, Boston.

GRAZIANO, M.S. – GROSS, C.G. (1995), *The representation of extrapersonal space: a possible role for bimodal visual-tactile neurons*, in GAZZANIGA, M.S. (ed.), *The cognitive neurosciences*, MIT Press, Cambridge, MA, 1021-1034.

HAMILTON, R.H – PASCUAL-LEONE, A. (1998), *Cortical plasticity associated with braille learning*, *Trends in Cognitive Science*, 2, 168-1674.

HELLER, M.A. (1987), *The effect of orientation on visual and tactual braille recognition*, *Perception*, 16, 291-298.

HELLER, M.A. (1992b), *The effect of orientation on tactual braille recognition: optimal touching positions*, Perception and Psychophysics, 51, 549-556.

HELLER, M. (ed.) (2000), *Touch, representation and blindness*, Oxford University Press, Oxford.

HELLER, M.A. – CALCATERRA, J.A. – BURSON, L.L. – GREEN, S.L. et al. (1997), *The tactual horizontal vertical illusion depends on radial motions of the entire arm*, Perception and Psychophysics, 59, 1297-1317.

HUMPHREYS, G.W. (1983), *Reference frames and shape perception*, Cognitive Psychology, 15, 151-196.

KAAS, J.H. (2000), *The reorganization of sensory and motor maps after injury in adults and mammals*, in GAZZANIGA, M.S. (ed.) *The new cognitive neurosciences*, MIT Press, Cambridge, MA, 223-236.

MILLAR, S. (1977a), *Early stage of tactual matching*, Perception, 6, 333-343.

MILLAR, S. (1977b), *Tactual and name matching by blind children*, British Journal of Psychology, 68, 377-387.

MILLAR, S. (1978a), *Short term serial recall: effects of grouping tactually probed recall of braille letters and nonsense shapes by blind children*, British Journal of Psychology, 69, 17-24.

MILLAR, S. (1981b), *Self-referent and movement cues in coding spatial location by blind and sighted children*, Perception, 10, 255-264.

MILLAR, S. (1985c), *The perception of complex patterns by touch*, *Perception*, 14, 293-303.

MILLAR, S. (1987a), *Perceptual and task factors in fluent braille*, *Perception*, 16, 521-536.

MILLAR, S. (1987b), *The perceptual 'window' in two-handed braille: do the left and right hands process texts simultaneously?*, *Cortex*, 23, 111-222.

MILLAR, S. (1988c), *Prose reading by touch: the role of stimulus quality, orthography and context*, *British Journal of Psychology*, 79, 87-103.

MILLAR, S. (1994), *Understanding and representing space. Theory and evidence for studies with blind and sighted children*, OUP, Oxford.

MILLAR, S. (1995), *Sound, sense, syllables and word length in prose reading by touch*, Paper presented at the Scientific Meeting of the Experimental Psychology Society, Birmingham, July, 12.

MILLAR, S. (1997), *Reading by touch*, Routledge, London.

MILLAR, S. (2000), *Modality and mind: convergent active processing in interrelated networks as a model of development and perception by touch*, in HELLER, M.A. (ed.), *Touch, representation and blindness*, Oxford University Press, Oxford, 99-141.

PASCUAL-LEONE A. – TORRES, F. (1993), *Plasticity of the sensorymotor cortex representation of the reading finger in braille readers*, *Brain*, 116, 39-52.

RECANZONE, G.H. (2000), *Cerebral cortex perception and skill acquisition*, in GAZZANIGA, M.S. (ed.), *The new cognitive neurosciences*, MIT Press, Cambridge, MA, 237-247.

RUMSEY, J.M. – HORWITZ, B. – DONOHUE, B.C. et al. (1997), *Phonological and orthographic components of word recognition*, *Brain*, 120, 739-759.

SADATO, N. – OKADA, T. – KUBOTA, K. (2004), *Tactile discrimination activates the visual cortex of recently blind naive to Braille: a functional magnetic resonance imaging study in humans*, *Neuroscience letters*, 359, 49-52.

SADATO, N. – PASCUAL-LEONE, A. – GRAFMAN, J. et al. (1996), *Activation of the primary visual cortex by braille reading blind subjects*, *Nature*, 380, 526-528.

SATHIAN, K. – A. ZANGALADZE, A. (2002), *Feeling with the mind's eye: contribution of visual cortex to tactile perception*, *Behavioural Brain Research*, 135, 127-132.

SPELKE, E. (1979), *Perceiving bimodally specified events in infancy*, *Developmental Psychology*, 56, 604-13.